

**CARACTERIZACIÓN FENOMENOLÓGICA DE LA PERMEABILIDAD  
MAGNÉTICA: Un análisis de la actividad experimental en la reconstrucción de saberes.**

**CARLOS ANDRÉS NIÑO MONTENEGRO**

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL  
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA – DEPARTAMENTO DE FÍSICA  
MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LAS CIENCIAS NATURALES  
BOGOTÁ, D.C.**

**2021**

**CARACTERIZACIÓN FENOMENOLÓGICA DE LA PERMEABILIDAD  
MAGNÉTICA: Un análisis de la actividad experimental en la reconstrucción de saberes.**

**CARLOS ANDRÉS NIÑO MONTENEGRO**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE MAESTRÍA**

**SANDRA SANDOVAL OSORIO**

**JOSÉ FRÁNCISCO MALAGÓN SÁNCHEZ**

**ASESORES**

**La tesis se encuentra enmarcada en la línea de investigación de la maestría en docencia de las Ciencias Naturales: La enseñanza de las ciencias como actividad de construcción de explicaciones**

**Ámbito: La enseñanza de las ciencias desde una perspectiva fenomenológica**

**Grupo de investigación: Análisis histórico – críticos y enseñanza de las ciencias EHCEC**

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL**

**FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA – DEPARTAMENTO DE FÍSICA**

**MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LAS CIENCIAS NATURALES**

**BOGOTÁ, D.C.**

**2021**

**“Para todos los efectos, declaro que el presente trabajo es original y de mi total autoría: en aquellos casos en los cuales he requerido del trabajo de otros autores o investigadores, he dado los respectivos créditos”**

*AGRADECIMIENTOS*

A la UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL, por abrir sus puertas a este servidor que pudo formarse primero como licenciado y ahora como magister, por tener programas como la amnistía que me permite estar el día de hoy aquí, superando dificultades y cumpliendo sueños;

infinitos agradecimientos ¡ALMA MATER!

A mis profesores y asesores SANDRA SANDOVAL OSORIO Y JOSÉ FRANCISCO MALAGÓN SÁNCHEZ, quienes a pesar del tiempo y el espacio han estado siempre pendientes y dispuestos a colaborar no solo en mi proceso académico, sino también en mi aspecto como persona y han reafirmado que la sencillez y la sabiduría son el mejor regalo que podemos obtener y dar, profesores han sido un gran ejemplo para mí y para mi vida profesional. De igual forma a la docente coordinadora de la maestría, LILIANA TARAZONA VARGAS quien con su gestión académica y administrativa me colaboró durante este proceso.

Por último, y no menos importante a ella que con sus redacciones y paciencia estuvo acompañando este recorrido y a las personas que con sus palabras, saberes y experiencias, apoyaron a cumplir este título. Gracias por sus fuerzas físicas magnéticas.

Salud y sabiduría.

## TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO .....	III
TABLA DE IMÁGENES.....	VI
TABLA DE TABLAS .....	XII
TABLA DE DIAGRAMAS .....	XIII
RESUMEN .....	XIV
ABSTRACT .....	XVIII
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPITULO 1.....	6
1. ASPECTOS FENOMENOLÓGICOS PARA LA COMPRENSIÓN DE LA PERMEABILIDAD MAGNÉTICA. ....	6
1.1. Tesis.....	7
1.2. Objetivos. ....	8
1.3. La actividad experimental en la enseñanza de los fenómenos físicos. ....	8
1.4. La perspectiva fenomenológica en la enseñanza de las ciencias naturales. ....	12
1.5. Lenguaje, imágenes y representaciones del conocimiento científico.....	19
1.6. El papel de los estudios histórico-críticos en la enseñanza de las ciencias. ....	21
CAPITULO 2.....	27
2. PERSPECTIVA HISTÓRICA-EXPERIMENTAL QUE ORIENTÓ LA COMPRENSIÓN DE LA PERMEABILIDAD MAGNÉTICA DE LOS MEDIOS FÍSICOS. ....	27
2.1. Contexto histórico-experimental de las propiedades magnéticas de espacio-medio físico. ....	27
2.2. Comprensión de las líneas físicas de fuerzas magnéticas desde Faraday. ....	39
2.3. Formas y representaciones de los efectos magnéticos en Faraday. ....	50
2.4. Comportamiento de las polaridades magnéticas en los materiales.....	58
2.5. Análisis cualitativo de la clasificación y ordenamiento de los efectos experimentales realizados por Faraday.....	63
2.6. Líneas curvas de fuerza magnética: formas, direcciones y densidades.....	70
2.7. Reflexión de la perspectiva histórica-experimental de la permeabilidad magnética de los medios físicos. ....	74

CAPITULO 3.....	80
3. CARACTERIZACIÓN FENOMENOLÓGICA DE LA PERMEABILIDAD MAGNÉTICA: MAGNITUD FÍSICA E INSTRUMENTO PARA SU MEDICIÓN.....	80
<b>3.1.</b> Construcción fenomenológica de los criterios de representación de los efectos magnéticos.	86
<b>3.2.</b> Configuración espacial en cercanía de un cuerpo con magnitud constante.	88
<b>3.3.</b> Representaciones geométricas de las interacciones entre imanes y el comportamiento de las polaridades magnéticas.	94
<b>3.4.</b> La permeabilidad magnética del aire como punto de referencia.	99
<b>3.5.</b> Perspectiva cuantitativa de la permeabilidad magnética del vidrio.	102
<b>3.6.</b> Perspectiva cualitativa de la permeabilidad magnética de algunos metales.	106
<b>3.7.</b> Perspectiva cualitativa de la permeabilidad magnética de algunas sustancias.	115
<b>3.8.</b> Criterios para la clasificación y ordenación de la permeabilidad magnética.	120
<b>3.9.</b> Cualidades y variables físicas experimentales de la permeabilidad magnética.	124
<b>3.10.</b> El permeabilímetro magnético como instrumento de medida.	132
<b>3.10.1.</b> Proceso para la construcción del permeabilímetro magnético.....	134
<b>3.11.</b> Mediciones cuantitativas de la permeabilidad magnética.	136
<b>3.12.</b> Tablas de ordenación de materiales y sustancias desde su permeabilidad magnética.	137
<b>3.13.</b> La permeabilidad magnética de los medios físicos, como magnitud física.	139
<b>3.14.</b> Análisis entre las ecuaciones magnéticas y la idea de permeabilidad magnética.	147
CAPITULO 4.....	160
4. LA PERMEABILIDAD MAGNÉTICA, DESDE LA EXPLICACIÓN DE LOS EFECTOS OBSERVADOS EN LA PRÁCTICA.....	160
<b>4.1.</b> Cuadro de fases de la práctica experimental. ....	163
<b>4.2.</b> Contexto escolar.....	165
<b>4.3.</b> Criterio de sistematización de la unidad didáctica de análisis. ....	167
<b>4.4.</b> Interpretación de los talleres experimentales y niveles de comprensión. ....	168

<b>4.5.</b>	Criterios de clasificación de los medios físicos que presentan distintos niveles de permeabilidad magnética. ....	204
<b>4.6.</b>	Un acercamiento a la idea de permeabilidad magnética, desde la explicación de los efectos observados en la práctica experimental en grado noveno.....	217
<b>4.7.</b>	Aportes del trabajo de grado de maestría al Colegio República de Colombia IED. ....	222
CONCLUSIONES, REFLEXIONES Y PROYECCIONES DEL TRABAJO DE GRADO.....		225
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....		234
ANEXO .....		238

## TABLA DE IMÁGENES

<b>Imagen 1</b>	Tipos de Imanes.	Tomado de	
<a href="https://sites.google.com/site/prof39benjaminguzman/circuitos-2-1-mag">https://sites.google.com/site/prof39benjaminguzman/circuitos-2-1-mag</a> .....			28
<b>Imagen 2</b>	Polaridades magnéticas.	Tomado de	
<a href="http://cienciasjokano.blogspot.com/2014/10/magnetismo.html">http://cienciasjokano.blogspot.com/2014/10/magnetismo.html</a> .....			29
<b>Imagen 3</b>	Tipos de brújulas. Tomado de Libro De Magnete de Maricourt.....		30
<b>Imagen 4</b>	Esfera magnética. Tomado de <a href="https://1library.co/document/oz1357eq-epistola-pedro-peregrino-maricourt-sigerio-foucaucourt-soldado.html">https://1library.co/document/oz1357eq-epistola-pedro-peregrino-maricourt-sigerio-foucaucourt-soldado.html</a> .....		31
<b>Imagen 5</b>	Interacciones entre polaridades magnéticas y sus efectos. Tomado de le dé magnete_traduccion.pdf .....		32
<b>Imagen 6</b>	comportamiento de un imán fraccionado. Tomado le de magnete_traduccion.pdf.....		32
<b>Imagen 7</b>	Terella. Tomado de <a href="http://www.phy6.org/earthmag/Mdmgrev2.htm">http://www.phy6.org/earthmag/Mdmgrev2.htm</a> .....		33
<b>Imagen 8</b>	La tierra como imán.	Tomado de	
<a href="http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/056/htm/sec_3.htm">http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/056/htm/sec_3.htm</a> .....			33
<b>Imagen 9</b>	Polaridad magnética Terella.	Tomado de	
<a href="http://www.phy6.org/earthmag/Mdmgrev2.htm">http://www.phy6.org/earthmag/Mdmgrev2.htm</a> .....			34
<b>Imagen 10</b>	Versorium. Tomado de <a href="http://www.phy6.org/earthmag/Mdmagadd.htm">http://www.phy6.org/earthmag/Mdmagadd.htm</a> .....		35
<b>Imagen 11</b>	Terella Gilbert. Tomado de <a href="https://blogs.ua.es/cienciarenantista/2015/12/09/el-magnetismo-de-la-tierra/">https://blogs.ua.es/cienciarenantista/2015/12/09/el-magnetismo-de-la-tierra/</a> .....		37
<b>Imagen 12</b>	Actividad experimental en la explicación de los fenómenos magnéticos y eléctricos. Tomado de Royal Institution proceedings, Junio de 1852.....		39
<b>Imagen 13</b>	Fuerza física magnética. Tomado de <a href="https://miloren.wordpress.com/2013/05/17/el-regimen-magnetico/">https://miloren.wordpress.com/2013/05/17/el-regimen-magnetico/</a> .....		40
<b>Imagen 14</b>	Representación de fuerzas magnéticas. Tomado de Experimental Researches in Electricity Vol. III 1855 .....		41
<b>Imagen 15</b>	Fenómeno de atracción. Tomado de <a href="https://www.alamy.es/foto-las-barras-de-imanesson-limaduras-de-hierro-mostrando-atraccion-magnetica-entre-polos-opuestos-31266345.html">https://www.alamy.es/foto-las-barras-de-imanesson-limaduras-de-hierro-mostrando-atraccion-magnetica-entre-polos-opuestos-31266345.html</a> 42		42
<b>Imagen 16</b>	Líneas de fuerza magnética en medios físicos. Tomado de Experimental Researches in Electricity Vol. III. 1855. ....		48
<b>Imagen 17</b>	variaciones espaciales magnéticas. Tomado de Experimental Researches in Electricity Vol. III 1855 .....		48



<b>Imagen 18</b>	Superposición de fuerzas magnéticas. Elaboración del docente investigador.....	53
<b>Imagen 19</b>	Comportamiento de las líneas de fuerza magnética en el Galvanómetro. Tomado de Experimental Researches in Electricity Vol. III 1855 .....	55
<b>Imagen 20</b>	Rayo de luz por magnetización. Tomado de Experimental Researches in Electricity Vol. III 1855 .....	59
<b>Imagen 21</b>	Cuerpos magnéticos en interacción. Tomado de Experimental Researches in Electricity Vol. III 1855 .....	59
<b>Imagen 22</b>	Polaridad magnética entre cuerpos. Tomado de Experimental Researches in Electricity Vol. III 1855 .....	60
<b>Imagen 23</b>	Medios físicos en interacción magnética. Tomado de Experimental Researches in Electricity Vol. III 1855 .....	61
<b>Imagen 24</b>	Efecto Faraday. Tomado de <a href="https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/49548/1/Faraday-OpenMind-24-08-2015-ESP.pdf">https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/49548/1/Faraday-OpenMind-24-08-2015-ESP.pdf</a> .....	64
<b>Imagen 25</b>	Interacción magnética entre materiales e indicadores magnéticos. Autoría del docente investigador.....	69
<b>Imagen 26</b>	Representación de las curvas magnéticas. Autoría del docente investigador.....	70
<b>Imagen 27</b>	Representación espacial en repulsión. Tomado de Experimental Researches in Electricity Vol. III 1855 .....	71
<b>Imagen 28</b>	Actividad experimental de M. Faraday. Tomado de Experimental Researches in Electricity Vol. III, 1855. ....	72
<b>Imagen 29</b>	Líneas de fuerza magnética Faraday. Tomado de Experimental Researches in Electricity Vol. III 1855 .....	73
<b>Imagen 30</b>	Organización experimental de la permeabilidad magnética. Elaboración del docente investigador con las imágenes ya mencionadas.....	78
<b>Imagen 31</b>	Distribución espacial en repulsión. Autoría del docente investigador .....	82
<b>Imagen 32</b>	Medio – Cetona. Autoría del docente investigador.....	84
<b>Imagen 33</b>	Distribución espacial magnética en diferentes placas (medios). Autoría del docente investigador. ....	84
<b>Imagen 34</b>	Forma, densidad y dirección de las líneas de fuerza magnética en el aire. Autoría del docente investigador.....	86
<b>Imagen 35</b>	Formas de la limadura entre imanes. Autoría del docente investigador.....	87

<b>Imagen 36</b> Relación magnética entre tamaño y poder de imanes. Autoría del docente investigador. ....	87
<b>Imagen 37</b> Dirección magnética en repulsión y atracción. Autoría del docente investigador. ....	88
<b>Imagen 38</b> Montajes, imágenes y representaciones experimentales. Autoría del docente investigador. ....	89
<b>Imagen 39</b> Representaciones geométricas. Autoría del docente investigador. ....	91
<b>Imagen 40</b> Variaciones de las representaciones geométricas. Autoría del docente investigador. ....	92
<b>Imagen 41</b> Formas de la superposición de fuerzas magnéticas. Autoría del docente investigador. ....	95
<b>Imagen 42</b> Representaciones de interacción entre polaridades magnéticas. Autoría del docente investigador. ....	95
<b>Imagen 43</b> variaciones geométricas de las representaciones. Autoría del docente investigador. ....	97
<b>Imagen 44</b> Limadura de hierro como indicador. Imagen Autoría del docente investigador. ....	98
<b>Imagen 45</b> Relación de la permeabilidad magnética del aire con los cambios de la dirección de la aguja magnética en diferentes brújulas. Autoría del docente investigador. ....	99
<b>Imagen 46</b> Percepción de los cambios magnéticos. Autoría del docente investigador. ....	101
<b>Imagen 47</b> Interacción magnética entre medios físicos: Aire y vidrio. Autoría del docente investigador. ....	102
<b>Imagen 48</b> Representación y direccionalidad de los efectos magnéticos vidrio. Autoría del docente investigador. ....	103
<b>Imagen 49</b> Distribución superficial de los efectos magnéticos en diferentes materiales. Autoría del docente investigador. ....	104
<b>Imagen 50</b> Distribución superficial de los efectos magnéticos en el medio físico del aluminio. Autoría del docente investigador. ....	106
<b>Imagen 51</b> Distribución superficial de los efectos magnéticos en el medio físico del cobre. Autoría del docente investigador. ....	107
<b>Imagen 52</b> Distribución superficial de los efectos magnéticos en el medio físico del acero. Autoría del docente investigador. ....	108
<b>Imagen 53</b> Distribución superficial de los efectos magnéticos en el medio físico del bronce. Autoría del docente investigador. ....	108
<b>Imagen 54</b> Distribución superficial de los efectos magnéticos en el medio físico del hierro Galvanizado. Autoría del docente investigador. ....	109

<b>Imagen 55</b> Distribución superficial de los efectos magnéticos en el medio físico del hierro fundido. Autoría del docente investigador.....	109
<b>Imagen 56</b> Distribución superficial de los efectos magnéticos en el medio físico del hierro oxidado. Autoría del docente investigador. ....	110
<b>Imagen 57</b> Distribución superficial de los efectos magnéticos combinado medios físicos. Autoría del docente investigador. ....	110
<b>Imagen 58</b> Distribución superficial de los efectos magnéticos de medios físicos; sustancias y materiales. Autoría del docente investigador.....	113
<b>Imagen 59</b> Cambios magnéticos de la limadura en un material diamagnético: el agua. Distribución superficial de los efectos magnéticos en el medio físico en sustancias; El agua. Autoría del docente investigador. ....	115
<b>Imagen 60</b> Distribución superficial de los efectos magnéticos en sustancias; El agua. Autoría del docente investigador. ....	116
<b>Imagen 61</b> Distribución superficial de los efectos magnéticos en sustancias; Aceite y Alcohol. Autoría del docente investigador. ....	117
<b>Imagen 62</b> Comparación y distribución superficial de los efectos magnéticos en sustancias; La cetona. Autoría del docente investigador. ....	118
<b>Imagen 63</b> Distribución superficial de los efectos magnéticos combinando medios físicos entre sustancias y materiales. Autoría del docente investigador.....	118
<b>Imagen 64</b> Criterios y variables experimentales iniciales para la clasificación de la permeabilidad magnética. Autoría del docente investigador. ....	123
<b>Imagen 65</b> Densidad: criterio experimental para la clasificación de la permeabilidad del espacio - medio. Autoría del docente investigador. ....	126
<b>Imagen 66</b> Forma y Dirección: criterio experimental para la clasificación de la permeabilidad del espacio - medio. Autoría del docente investigador. ....	127
<b>Imagen 67</b> Permeabilímetros magnéticos. Autoría del docente investigador. ....	129
<b>Imagen 68</b> Permeabilímetro magnético, como indicador. Autoría del docente investigador.....	130
<b>Imagen 69</b> Permeabilímetro magnético. Autoría del docente investigador. ....	130
<b>Imagen 70</b> Permeabilímetro magnético angular. Autoría del docente investigador. ....	131
<b>Imagen 71</b> Permeabilímetro magnético. Autoría del docente investigador. ....	131
<b>Imagen 72</b> Permeabilímetro magnético. Autoría del docente investigador. ....	135

<b>Imagen 73</b> Comportamiento de los imanes en el permeabilímetro. Autoría del docente investigador.....	136
<b>Imagen 74</b> Mediciones en el permeabilímetro magnético. Autoría del docente investigador. ..	137
<b>Imagen 75</b> comparación de los resultados de la medición de la permeabilidad magnética. Autoría del docente investigador.....	138
<b>Imagen 76</b> Representación de la permeabilidad, magnetización y campo magnético. Autoría del docente investigador.....	146
<b>Imagen 77</b> Resultados y análisis de los efectos. Grupo 1 .....	172
<b>Imagen 78</b> Resultados y análisis de los efectos. Grupo 2 .....	172
<b>Imagen 79</b> Resultados y análisis de los efectos. Grupo 3 .....	172
<b>Imagen 80</b> Resultados y análisis de los efectos. Grupo 5 .....	173
<b>Imagen 81</b> Resultados y análisis de los efectos. Grupo 4 .....	174
<b>Imagen 82</b> Resultados y análisis de los efectos. Grupo 6 .....	174
<b>Imagen 83</b> Resultados y análisis de los efectos. Grupo 5 .....	175
<b>Imagen 84</b> Resultados y análisis de los efectos. Grupo 6 .....	177
<b>Imagen 85</b> Resultados y análisis de los efectos. Grupos 1 y 2.....	177
<b>Imagen 86</b> Resultados y análisis de los efectos. Grupo 5 .....	178
<b>Imagen 87</b> Resultados y análisis de los efectos. Grupo 2 .....	180
<b>Imagen 88</b> Resultados y análisis de los efectos. Grupo 1 .....	181
<b>Imagen 89</b> Resultados y análisis de los efectos. Grupo 4 .....	181
<b>Imagen 90</b> Resultados y análisis de los efectos. Grupo 3 .....	182
<b>Imagen 91</b> Resultados y análisis de los efectos. Grupo 4 .....	182
<b>Imagen 92</b> Resultados y análisis de los efectos. Grupo 5 .....	183
<b>Imagen 93</b> Resultados y análisis de los efectos. Grupo 3 .....	184
<b>Imagen 94</b> Resultados y análisis de los efectos. Grupo 2 .....	184
<b>Imagen 95</b> Resultados y análisis de los efectos. Grupo 1 .....	184
<b>Imagen 96</b> Resultados y análisis de los efectos. Grupo 6 .....	185
<b>Imagen 97</b> Resultados y análisis de los efectos. Grupo 5 .....	185
<b>Imagen 98</b> Resultados y análisis de los efectos. Grupo 2 .....	186

<b>Imagen 99</b> Resultados y análisis de los efectos. Grupo 1 .....	187
<b>Imagen 100</b> Resultados y análisis de los efectos. Grupo 2 .....	188
<b>Imagen 101</b> Resultados y análisis de los efectos. Grupo 3 .....	188
<b>Imagen 102</b> Resultados y análisis de los efectos. Grupo 6 .....	189
<b>Imagen 103</b> Resultados y análisis de los efectos. Grupo 4 .....	190
<b>Imagen 104</b> Construcciones colectivas de las representaciones geométricas de los efectos magnéticos. Curso 904 .....	191
<b>Imagen 105</b> Resultados y análisis de los efectos. Grupo 2 .....	193
<b>Imagen 106</b> Resultados y análisis de los efectos. Grupo 4 .....	194
<b>Imagen 107</b> Resultados y análisis de los efectos. Grupo 5 .....	194
<b>Imagen 108</b> Resultados y análisis de los efectos. Grupo 3 .....	195
<b>Imagen 109</b> Resultados y análisis de los efectos. Grupo 6 .....	195
<b>Imagen 110</b> Resultados y análisis de los efectos. Grupo 2 .....	196
<b>Imagen 111</b> Resultados y análisis de los efectos. Grupo 1 .....	197
<b>Imagen 112</b> Resultados y análisis de los efectos. Grupo 4 .....	198
<b>Imagen 113</b> Argumentos del grupo 2. ....	199
<b>Imagen 114</b> Argumento generalizado.....	199
<b>Imagen 115</b> Representación geométrica de líneas de fuerza magnética. Grupo 2 .....	200
<b>Imagen 116</b> Argumentos de los efectos observados cuando se varía el medio. Curso 904 .....	200
<b>Imagen 117</b> Resultados y análisis de los efectos. Grupo 4 .....	201
<b>Imagen 118</b> Resultados y análisis de los efectos. Grupo 2 .....	201
<b>Imagen 119</b> Comportamiento de las líneas de fuerza magnética. ....	202
<b>Imagen 120</b> Montaje experimental para determinar los comportamientos de las fuerzas magnéticas al interponer diferentes medios físicos y su representación.....	203
<b>Imagen 121</b> Caracterización fenomenológica de la permeabilidad magnética curso 904.....	205
<b>Imagen 122</b> Actividad experimental; análisis, comparaciones y clasificaciones.....	207
<b>Imagen 123</b> Análisis de la situación problemática experimental de la permeabilidad magnética. .....	208
<b>Imagen 124</b> tipos de permeabilímetros magnéticos. ....	209

<b>Imagen 125</b> Mediciones cuantitativas de las permeabilidades magnéticas. Grupo 4.....	210
<b>Imagen 126</b> Mediciones cuantitativas de las permeabilidades magnéticas. Grupo 1.....	211
<b>Imagen 127</b> Mediciones cuantitativas de las permeabilidades magnéticas. Grupo 6.....	211
<b>Imagen 128</b> Medición cuantitativa del permeabilímetro. ....	211
<b>Imagen 129</b> Características numéricas del permeabilímetro .....	212
<b>Imagen 130</b> Medición de cambios angulares magnéticos.....	212
<b>Imagen 131</b> Comparación cualitativa entre permeabilímetros.....	213
<b>Imagen 132</b> Análisis de las mediciones cuantitativas de las permeabilidades magnéticas. Curso 904.....	214
<b>Imagen 133</b> Relaciones métricas entre permeabilímetros.....	214
<b>Imagen 134</b> Característica instrumental del permeabilímetro magnético.....	215
<b>Imagen 135</b> Sistematización gráfica de mediciones realizadas por un grupo del semillero. ....	215
<b>Imagen 136</b> Construcción conceptual de la magnitud física.....	216
<b>Imagen 137</b> Mediciones de la permeabilidad magnética. ....	216
<b>Imagen 138</b> Mediciones de la permeabilidad magnética. ....	217
<b>Imagen 139</b> Mediciones de la permeabilidad magnética. ....	217

## TABLA DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Cuerpos diamagnéticos. Tomada del libro Experimental Researches in Electricity Vol. III 1855. Transcripción realizada por el docente investigador.....	63
<b>Tabla 2</b> Cambios angulares magnéticos. (Royal Institution, Nov. 27, 1845) (Imagen 2340 : v. Action of magnets on the magnetic metals and their compounds.) Transcripción realizada por el docente investigador.....	65
<b>Tabla 3</b> Ordenamiento por ángulos de polarización. (Imagen 2399 : v. Action of magnets on the magnetic metals and their compounds.) (Royal Institution, Philosophical Magazine, 1845, vol. xxvii. p. 3) transcripción realizada por el docente investigador. ....	66
<b>Tabla 4</b> Nuevo ordenamiento angular de polarización. Tomada del libro Experimental Researches in Electricity Vol. III 1855. Transcripción realizada por el docente investigador. ....	67

<b>Tabla 5</b> Clasificación de permeabilidad magnética. Tomada del libro Experimental Researches in Electricity Vol. III 1855. Transcripción realizada por el docente investigador. ....	68
<b>Tabla 6</b> Niveles de permeabilidad en materiales cotidianos. Construcción desde la actividad experimental del docente investigador. ....	106
<b>Tabla 7</b> Niveles de permeabilidad en metales. Construcción desde la actividad experimental del docente investigador.....	112
<b>Tabla 8</b> Niveles de permeabilidad magnética en sustancias .Construcción desde la actividad experimental del docente investigador. ....	119
<b>Tabla 9</b> Clasificación final de la permeabilidad de materiales y sustancias. Autoría del docente investigador. ....	139
<b>Tabla 10</b> Cuadro de fases de la práctica experimental.....	164
<b>Tabla 11</b> Grupos de trabajo de la práctica grado noveno. Autoría del docente investigador. ....	169
<b>Tabla 12</b> Clasificación de grupos de trabajo desde sus niveles de comprensión. ....	192
<b>Tabla 13</b> Niveles de comprensión de los grupos en el proceso cualitativo de medición. ....	207

### TABLA DE DIAGRAMAS

<b>Diagrama 1</b> La actividad experimental en la enseñanza de la física. Autoría del docente investigador.....	10
<b>Diagrama 2</b> Contexto fenomenológico de la actividad experimental en ciencias.....	21
<b>Diagrama 3</b> Fundamentos fenomenológicos de Faraday. Elaboración del docente investigador. ....	81
<b>Diagrama 4</b> Proceso dinámico de la actividad experimental. Autoría del docente investigador. ....	143
<b>Diagrama 5</b> Modelo de la relación de las magnitudes magnéticas. Autoría del docente investigador.....	155
<b>Diagrama 6</b> Relación entre la magnetización $M$ y cantidad. Autoría del docente investigador.....	156
<b>Diagrama 7</b> Relaciones fenomenológicas. Autoría del docente investigador. ....	158

## RESUMEN

En la enseñanza de la física se desconocen algunos aspectos fenomenológicos, éstos se encuentran inmersos en problemáticas que originaron conceptos físicos; por ejemplo, en la enseñanza del magnetismo, se trabajan aspectos teóricos acordes a los tiempos y espacios originales, pero no presentan discusiones, reflexiones y experiencias que den origen a la construcción de la magnitud física que relaciona, como la permeabilidad magnética con los efectos magnéticos evidenciados en la actividad experimental y la interpretación de los mismos; esto posibilita que la cualidad física que subyace en la comprensión y de la relación del campo magnético con los elementos matemáticos que permiten su medición.

Por tal motivo, se inicia este documento estableciendo una relación entre el sujeto y el objeto en la organización de los efectos de la naturaleza del fenómeno magnético, que se trabaja desde una perspectiva fenomenológica y las representaciones para expresar sus observaciones. Es aquí que la experiencia se convierte en el inicio a un mundo de conocimiento y de interacción directa con el fenómeno que permite plantear interpretaciones, cualidades y variables, estas ponen en diálogo a aquellos científicos que permitieron hacer parte fundamental de la relación de la permeabilidad con las variaciones magnéticas del espacio físico.

Desde las ideas y conceptos de polaridad magnética, líneas de fuerza magnética, medios físicos, materiales y sustancias se plantea una organización experimental donde se evidencia, aclara y amplía las observaciones y saberes que tanto estudiantes como docentes tengan del fenómeno de la permeabilidad; en el proceso de la actividad experimental se proporcionan las cualidades, indicadores e instrumentos de medida; los cambios experimentales de las formas, densidades y direcciones de los indicadores, logran clasificar y ordenar diferentes materiales y



sustancias, así llegar a construir diversas representaciones para expresar sus observaciones; la geometría, la superposición de líneas de fuerza magnética que permean los diferentes medios físicos; esto permite plantear una unidad didáctica de análisis donde se pondrá en juego las intencionalidades de la actividad experimental y la construcción de explicaciones del fenómeno de la permeabilidad magnética en el aula.

Estas actividades no solo pretenden interpretar y explicar las observaciones por medio de la descripción de los efectos o la clasificación de los materiales desde su permeabilidad magnética alta, media o baja, sino que también mediante la construcción de un instrumento de medida, como lo es el permeabilímetro magnético, que posee su propio proceso experimental en su construcción; poder medir los cambios que se evidencian en las distancias entre dos imanes con similar polaridad, intensidad y dirección, al variarse el medio físico, es decir, material que se interpone entre las polaridades y con estos registros proponer una escala de medición o posibles criterios de ordenamiento de materiales y líquidos.

Para culminar este proceso se aplican y sistematizan los efectos y resultados del análisis, con un grupo semillero de grados noveno del Colegio República de Colombia, jornada mañana, de la localidad 10 de Engativá, mediante una unidad didáctica de análisis a través de fases:

- Propiedades de los objetos magnéticos: ¿Qué conocemos de nuestro mundo magnético?
- Repulsión como efecto para identificar la permeabilidad magnética: ¿Qué efectos describen la repulsión y atracción entre las polaridades magnéticas de los cuerpos?

- Medio físico como agente activo de las interacciones magnéticas: ¿Cómo se caracterizan los efectos al variar los medios entre las interacciones polares? ¿Cómo se pueden interpretar las formas de la limadura de hierro en diferentes interacciones?
- Clasificación y ordenación desde los efectos observables en el permeabilímetro: ¿Cuáles son los criterios experimentales para establecer una ordenación de los materiales acorde a su permeabilidad magnética?

Durante este proceso cualitativo y cuantitativo de la construcción de la magnitud física de la permeabilidad magnética de los medios físicos y desde la retroalimentación de sus explicaciones en cada una de las fases de la implementación de la unidad didáctica de análisis, permite recontextualizar junto con los estudiantes de grado noveno esta propiedad del espacio físico como la interacción entre materiales y líquidos magnéticos y no magnéticos, para que no se consideren como cuerpos ajenos, sino como la interacción entre medios físicos de diferentes naturalezas, generando efectos magnéticos y cambios de configuración de las posiciones de los cuerpos y la configuración de su campo magnético. Además, permite una organización y clasificación de los diferentes medios físicos por su permeabilidad magnética evidenciando y ampliando las experiencias para abordar el campo magnético, dependiendo de la naturaleza y de las condiciones de las interacciones y del proceso experimental e instrumental, es decir, desde una perspectiva fenomenológica de la permeabilidad magnética como un análisis de la actividad experimental en la reconstrucción de saberes, para la enseñanza de los fenómenos físicos mediante la construcción de explicaciones por parte de los estudiantes, argumentos

experimentales y conceptuales en la construcción de la magnitud, mediciones de la permeabilidad magnética y así lograr reflexiones pedagógicas, científicas y culturales en el aula.

**Palabras claves:** Permeabilidad Magnética, aspectos fenomenológicos, análisis histórico-crítico, actividad experimental, magnitudes físicas, permeabilímetro magnético, prácticas significativas, trabajo colaborativo, recontextualización de saberes.

## ABSTRACT

In the teaching of physics, some phenomenological aspects are unknown, these are immersed in problems that originated physical concepts; for example, in the teaching of magnetism, theoretical aspects are worked according to the original times and spaces, but do not present discussions, reflections and experiences that give rise to the construction of the physical magnitude that relates, such as magnetic permeability with the magnetic effects evidenced in the experimental activity and the interpretation of the same; This makes possible that the physical quality that underlies the understanding and the relation of the magnetic field with the mathematical elements that allow its measurement.

For this reason, this paper begins by establishing a relationship between the subject and the object in the organization of the effects of the nature of the magnetic phenomenon, which is worked from a phenomenological perspective and the representations to express their observations. It is here that the experience becomes the beginning of a world of knowledge and direct interaction with the phenomenon that allows to raise interpretations, qualities and variables, these put in dialogue those scientists who allowed to make a fundamental part of the relationship of permeability with the magnetic variations of physical space.

From the ideas and concepts of magnetic polarity, lines of magnetic force, physical media, materials and substances, an experimental organization is proposed where the observations and knowledge that both students and teachers have of the phenomenon of permeability are evidenced, clarified and expanded; in the process of the experimental activity,

the qualities, indicators and measuring instruments are provided; the experimental changes of the shapes, densities and directions of the indicators, they manage to classify and order different materials and substances, thus getting to build various representations to express their observations; the geometry, the superposition of lines of magnetic force that permeate the different physical media; this allows to propose a didactic unit of analysis where the intentions of the experimental activity and the construction of explanations of the phenomenon of magnetic permeability in the classroom will be put into play.

These activities are not only intended to interpret and explain the observations through the description of the effects or the classification of materials according to their high, medium or low magnetic permeability, but also through the construction of a measuring instrument, such as the magnetic permeability meter, which has its own experimental process in its construction; to measure the changes that are evident in the distances between two magnets with similar polarity, intensity and direction, by varying the physical medium, i.e., material that is interposed between the polarities and with these records propose a measurement scale or possible criteria for ordering materials and liquids.

To culminate this process, the effects and results of the analysis are applied and systematized with a group of ninth grade students of the Colegio República de Colombia, morning session, of the locality 10 of Engativá, by means of a didactic unit of analysis through phases:

Properties of magnetic objects: What do we know about our magnetic world?

Repulsion as an effect to identify magnetic permeability: What effects describe the repulsion and attraction between the magnetic polarities of bodies?

Physical medium as an active agent of magnetic interactions: How are effects characterized by varying media between polar interactions? How can the shapes of iron filings be interpreted in different interactions?

Classification and ordering from observable effects on permeability: What are the experimental criteria to establish an ordering of materials according to their magnetic permeability?

During this qualitative and quantitative process of the construction of the physical magnitude of the magnetic permeability of physical media and from the feedback of their explanations in each of the phases of the implementation of the didactic unit of analysis, allows recontextualizing together with ninth grade students this property of physical space as the interaction between magnetic and non-magnetic materials and liquids, so that they are not considered as foreign bodies, but as the interaction between physical media of different natures, generating magnetic effects and changes in the configuration of the positions of the bodies and the configuration of their magnetic field. In addition, it allows an organization and classification of the different physical media by their magnetic permeability, evidencing and expanding the experiences to approach the magnetic field, depending on the nature and conditions of the interactions and the experimental and instrumental process, that is to say, from a phenomenological perspective of magnetic permeability as an analysis of experimental activity

in the reconstruction of knowledge, for the teaching of physical phenomena through the construction of explanations by students, experimental and conceptual arguments in the construction of the magnitude, measurements of magnetic permeability and thus achieve pedagogical, scientific and cultural reflections in the classroom.

Key words: Magnetic permeability, phenomenological aspects, historical-critical analysis, experimental activity, physical magnitudes, magnetic permeability, meaningful practices, collaborative work, recontextualization of knowledge.

Translated with [www.DeepL.com/Translator](http://www.DeepL.com/Translator) (free version)

## INTRODUCCIÓN

Para comprender los contextos, concepciones, reflexiones y ambientes que condujeron a la construcción y organización de la fenomenología de los comportamientos magnéticos del espacio físico; en especial, la idea de permeabilidad magnética, desde la experiencia de la interacción entre distintos medios magnéticos, surge la necesidad de analizar cuáles fueron los aspectos históricos, conceptuales y teóricos, pero sobre todo la actividad experimental realizada por Michael Faraday en su obra *Experimental Researches in the Electricity* y de otros que contribuyeron a la construcción de las magnitudes magnéticas, lo que permite la interpretación de la experiencia sensorial y de la relación sujeto - objeto, permitiendo así la construcción de nuevas imágenes de la ciencia.

La ampliación de la experiencia de los sujetos se da a través de la observación del fenómeno y necesita primero una organización de prácticas experimentales, que permitan realizar descripciones, interpretaciones y reconstrucciones del fenómeno de permeabilidad magnética, como una magnitud física. Luego, por medio de criterios experimentales permitir la construcción de un instrumento de medida, como lo es el permeabilímetro, y con éste realizar mediciones de los cambios de las acciones magnéticas en diferentes medios físicos.

La construcción de explicaciones desde los efectos observados y la recontextualización de saberes en ciencias como un aspecto cultural; es decir, permite identificar, planear y sistematizar prácticas en torno a la enseñanza y el aprendizaje de los fenómenos físicos, desde un análisis crítico y reflexivo de aquellas dificultades que se encontraron y encuentran en las experiencias científicas en el aula.



Según Koponen:

En la enseñanza de la física, la experimentalidad es un componente integral para dar el punto de partida de la formación y conceptualización del conocimiento. Sin embargo, la epistemología de los experimentos no suele abordarse directamente en la literatura educativa y pedagógica. Esto justifica un intento de producir una reconstrucción aceptable del papel epistemológico de los experimentos en física extrayendo conocimientos de la historia y la filosofía de la física. Con ese fin, se discute el papel de los experimentos en la física del siglo XIX. (Koponen, IT y Mantyla, T. 2006, p.31).

Con estas afirmaciones se da un viraje a las investigaciones en la enseñanza de las ciencias, en donde el conocimiento es una reconstrucción de tipo inductivo con la naturaleza y se basa en la epistemología de los experimentos. En el lenguaje, es donde se evidencia si los conocimientos se van transformando mediante la actividad experimental, debido a que, los efectos observados en las prácticas experimentales en el ámbito educativo son interpretados y para este trabajo posibilita la reconstrucción de una concepción de la permeabilidad magnética convirtiéndose en un punto de partida para que los estudiantes se apropien y construyan sus conocimientos desde la actividad experimental en el aula.

Por tal motivo, la diversidad de trabajos de la relación experimental y teórica de los fenómenos magnéticos no puede reducirse a la validación de una teoría de permeabilidad magnética algorítmica. Además, por su carácter fenomenológico, debe establecer una nueva concepción de la actividad experimental en el “mundo real”, este entendido como el saber del sujeto y no el mundo externo que lo rodea.

El documento está organizado en cuatro capítulos, al finalizar cada uno de ellos se hace una reflexión crítica con un enfoque fenomenológico. El capítulo I titulado *Aspectos fenomenológicos para la comprensión de la permeabilidad magnética*, que trabaja las bases filosóficas, epistemológicas y pedagógicas para establecer diferentes relaciones del fenómeno con los sujetos, imágenes y objetos que intervienen en las construcciones de explicaciones en la actividad experimental en la enseñanza de la física, también se conceptualizan términos usados en el ámbito del conocimiento científico y común en la escuela, entre ellos encontramos:

Experiencia, observación, representación, conceptualización, lenguaje científico, imagen de la ciencia y su enseñanza, donde se pone en juego las imágenes del fenómeno, fenomenología, recontextualización de saberes, la historia en las ciencias y sus estudios histórico-críticos, se finaliza el capítulo dejando la idea de la construcción de un instrumento de medida como base para la ampliación de los sentidos y su relación con el experimento.

El capítulo II denominado *Perspectiva histórica - experimental que orientó la comprensión de la permeabilidad magnética de los medios físicos*, se realiza un estudio histórico crítico desde diferentes textos, centrándonos en los trabajos de Michael Faraday sobre fuerzas magnéticas para explicar fenómenos sobre la permeabilidad magnética, también se consultarán autores como William Gilbert, entre otros. Identificar problemáticas conceptuales y experimentales que se puedan llevar al aula para darle una contextualización a los saberes del comportamiento magnético de los medios físicos, desde la idea de cuerpos magnéticos a la interacción de las fuerzas magnéticas, mediante la explicación de los efectos de los fenómenos observados, en un determinado contexto cultural.

En el capítulo III, *construcción fenomenológica de la magnitud física de la permeabilidad magnética de los medios físicos*, se parte del estudio histórico crítico para realizar la caracterización del fenómeno, permitiendo aclarar dudas experimentales, conceptuales y establecer variables magnéticas, que permiten criterios cualitativos para definir una ruta explicativa, diferentes montajes experimentales y mediciones que permiten la construcción de la magnitud física de la permeabilidad magnética generando la caracterización fenomenológicamente.

La actividad experimental de esta magnitud realizada por el docente investigador permite la construcción de representaciones geométricas, al considerar que las interacciones magnéticas son por ende la interacción de líneas físicas de fuerza magnética que permite graficar geométricamente las variaciones espaciales de la limadura de hierro y la dirección de la aguja imantada en la brújula, estos serán nuestros indicadores magnéticos que evidenciarán los cambios que ocurren en los diferentes medios físicos, es decir las placas de diferentes materiales y líquidos.

Desde el análisis de las diferentes actividades experimentales se pretende evidenciar algunas afirmaciones de Faraday sobre los criterios para la clasificación de los materiales en el contexto del magnetismo y durante el proceso de este fenómeno de la permeabilidad, se llegó a la elaboración del permeabilímetro como instrumento para la medición y ordenamiento de la permeabilidad magnética, por ejemplo que el hierro es más permeable magnéticamente que el aire y éste último probablemente tenga la misma permeabilidad magnética del cobre. Así el docente investigador construye el fenómeno para luego ser implementado en el aula mediante una unidad didáctica de análisis.

Por último, en el capítulo IV *La actividad experimental en el aula y reconstrucción de saberes en los educandos*. En este capítulo mediante la construcción y aplicación de la unidad didáctica de análisis que se organiza en actividades experimentales y situaciones problemáticas relacionadas con los efectos observados, se orientará desde el cómo se concibe un fenómeno magnético hasta llegar a la construcción de una magnitud física, como lo es la permeabilidad magnética. En cada encuentro, mediante la socialización de cada práctica, se establecerán criterios para la construcción de un instrumento de medida como el permeabilímetro, el cual nos permite realizar una clasificación y ordenación cualitativa y cuantitativa, pero sobre todo que los estudiantes construyan explicaciones basándose en sus experiencias, sus conocimientos previos y así poder consolidar estas nuevas construcciones conceptuales del mundo magnético, mediante un lenguaje científico pero al tiempo significativo para ellos.

Este capítulo finalizará con la sistematización, reflexiones y conclusiones del trabajo realizado por los estudiantes y se tendrá como punto de partida el trabajo experimental previo de la misma unidad didáctica realizada por el docente investigador para así poder hallar puntos similares y diferencias, tanto en la parte conceptual como en la parte pedagógica para fortalecer la enseñanza de las ciencias en la escuela.

## CAPITULO 1

### 1. ASPECTOS FENOMENOLÓGICOS PARA LA COMPRESIÓN DE LA PERMEABILIDAD MAGNÉTICA.

En la organización de los fenómenos magnéticos, respecto a la concepción de la permeabilidad magnética que se encuentra en referentes bibliográficos y en el contexto de enseñanza-aprendizaje se visualizan dificultades conceptuales, debido a que se desconocen las rutas explicativas desde un contexto experimental y los ambientes propicios que indujeron a los planteamientos, conflictos, discusiones, reflexiones históricas y epistemológicas que se presentaron en la conceptualización y experimentación sobre la permeabilidad magnética. Conceptualmente se plasma de forma algorítmica, se deja de lado la comprensión y construcción fenomenológica de la permeabilidad magnética, desde la idea de estado magnético. Se considera que es necesario organizar rutas explicativas desde la interpretación y argumentación de los efectos y las interacciones en diferentes medios físicos en presencia de otros cuerpos en diferentes estados magnéticos. Para esto, es conveniente realizar un estudio y una caracterización de los diferentes contextos que emergen; las relaciones entre lo histórico, conceptual y experimental desde sus inicios hasta Faraday y sobre todo sus implicaciones experimentales y didácticas en el contexto pedagógico escolar. En este orden de ideas resulta relevante plantear la siguiente pregunta fundamental:

*¿Cuáles aspectos fenomenológicos de la actividad experimental, permiten la construcción y comprensión de la magnitud física de la permeabilidad magnética?*

Este trabajo se encuentra enmarcado en el grupo de investigación Estudios Histórico Críticos y Enseñanza de las Ciencias, en la línea: La enseñanza de las ciencias desde una perspectiva fenomenológica.

La organización de los fenómenos magnéticos, la ampliación de la experiencia y la actividad experimental; posibilitan caracterizar la permeabilidad magnética al responder los siguientes cuestionamientos:

¿Cuáles aspectos históricos permiten dialogar críticamente con la concepción de permeabilidad magnética? ¿Cómo interviene la experiencia sensible en la interpretación de los efectos magnéticos? ¿Cuáles son los aspectos fenomenológicos que se pueden evidenciar en el estudio histórico-crítico de la concepción de permeabilidad magnética? ¿Qué papel juega la actividad experimental en la construcción de los fenómenos magnéticos? ¿Cuál es el papel de la enseñanza en la construcción de explicaciones de la permeabilidad magnética?

### 1.1. Tesis.

La perspectiva fenomenológica de la permeabilidad magnética contribuye a la ampliación de las experiencias de los sujetos y a la recontextualización de nuevas concepciones en la enseñanza de las ciencias, desde un análisis histórico-crítico y la construcción de una magnitud física en el aula.

## 1.2. Objetivos.

- Identificar una organización experimental, a partir del análisis histórico-crítico y las diferentes reflexiones en torno a la recontextualización de la permeabilidad magnética como propiedad del medio físico.
- Caracterizar fenomenológicamente la permeabilidad magnética desde propuestas experimentales de clasificación y ordenación de diferentes materiales y líquidos.
- Comprender la relación entre la propiedad permeabilidad magnética y el campo magnético que se expresa en las ecuaciones electromagnéticas.
- Construir un instrumento de medida, el permeabilímetro magnético, que permite medir la relación entre la fuerza magnética y los cambios de la distancia entre los imanes en repulsión al variar los medios físicos entre la interacción.
- Establecer criterios para la conexión entre la actividad experimental, la percepción y construcción de los fenómenos y las explicaciones que los estudiantes elaboran en la clase de ciencias.

## 1.3. La actividad experimental en la enseñanza de los fenómenos físicos.

Para comenzar, es importante establecer que un análisis conceptual está ligado a las actividades experimentales promovidas por los docentes o propuestas para que los estudiantes las desarrollen en la escuela. Esto tiene que ver con las concepciones que privilegiamos sobre la construcción de explicaciones y el cómo se concibe el conocimiento científico en la enseñanza de las ciencias, para suscitar la interacción y comprensión de los fenómenos físicos.

Se han revisado diferentes posturas sobre la caracterización del fenómeno, las intencionalidades y su proceso experimental, y se han organizado diferentes montajes que, al llevarlos al aula, establecer relaciones fenomenológicas para la construcción de conocimiento; comenzando con el papel que juega la experiencia sensible del estudiante en la construcción de los fenómenos magnéticos. También la generación de ambientes de aprendizaje y la construcción de seminarios de investigación para sistematizar la experiencia en el aula. Se sigue con los diálogos y la reflexión, que se basa en el estudio histórico-crítico, que conlleva a la recontextualización de los saberes de las fenomenologías del mundo magnético. En síntesis, privilegamos la actividad experimental, para darle un papel importante a la organización de la experiencia sensible del fenómeno a estudiar, descripciones cualitativas desde las observaciones directas de los efectos ayudan a establecer situaciones problemáticas en el aula; a partir de lo expuesto anteriormente, identificar criterios, variables y orientaciones para diseñar e implementar una unidad de análisis experimental-conceptual, con sus montajes instrumentales con unos propósitos de lo que se quiere observar y donde se pueda manipular las cualidades físicas identificadas, durante este proceso es significativo utilizar instrumentos de medida para realizar posibles clasificaciones y ordenamientos de estas cualidades de los efectos y sus variaciones, lo cual permite que se llegue a establecer la brújula y la limadura de hierro como indicadores magnéticos de las orientaciones y concentraciones de los efectos inmersos en un medio físico; todo esto con el fin de construir un instrumento de medida que dé cuenta de las variaciones de los efectos al intercambiar los medios físicos donde se genera el fenómeno de repulsión entre imanes, que dan cuenta de cuanto se permea magnéticamente un material.





**Diagrama 1** La actividad experimental en la enseñanza de la física. Autoría del docente investigador.

Como se observa en el diagrama 1, la actividad experimental busca dar orden para llegar a la construcción de un concepto científico, en este caso, permeabilidad magnética, partiendo desde la experiencia sensible, es decir lo que podemos apreciar y explicar por medio de los sentidos; esta experiencia sensible debe tener tres puntos muy claros, el primero es la intencionalidad de esa observación, es decir que se debe tener un objetivo claro; el segundo paso es el diálogo y reflexiones, aquí se pretende interactuar con la teoría, diferentes saberes que aporten a la observación y realizar diferentes reflexiones que apoyen o refuten la observación y por último se encuentra la organización experimental que permite ampliar la experiencia con observaciones más detalladas, mediciones por medio de instrumentos de medida y por medio de situaciones problemáticas con el fenómeno establecer criterios experimentales que permite exponer el análisis conceptual de los cambios que se manifiestan y desde sus saberes recontextualizar lo que concibe como su mundo y expresar los fenómenos magnéticos; desde cuánto es más un medio permeado magnéticamente que otro.

*¿Qué se entiende por observación que permite entender el mundo?* La experiencia sensible, no solamente se limita a la observación, sino que ella es el inicio a una elaboración cognitiva más compleja acerca de la relación pensamiento – lenguaje dentro de un contexto cultural; como lo reafirma Vygotsky (Congo, Bastidas, & Santiesteban, 2018, pág. 155-160.), el lenguaje es una de las funciones representativas y comunicativas del entorno, puesto que no depende exclusivamente del desarrollo cognitivo, sino también de la interacción con el medio, “El lenguaje desempeña un papel importante en la ampliación de la experiencia porque es el que permite comunicar las construcciones conceptuales que en el proceso los sujetos desarrollan”. (Rodríguez, M. L. 2014, p IX). Por ello es importante tener en cuenta los tres momentos que tiene la observación: observar lo que se va a describir (forma de mirar el fenómeno físico); relación entre conocimientos y forma de pensamiento y establecer las condiciones para observar y delimitar los efectos que se quieren analizar.

El conocimiento científico o la construcción de fenómenos físicos, es entendido por los estudiantes como un mundo externo a ellos, asumiendo que su comprensión es solamente para los científicos y se alejan de este tipo de aprendizajes en ciencias naturales; lo que se pretende con la fenomenología es que los estudiantes partan desde sus saberes y mediante el trabajo colaborativo, ambientes de aprendizaje y el juego de roles en la actividad experimental, evidencien que el conocimiento científico está al alcance de ellos; invitarlos a realizar reflexiones desde su lenguaje cotidiano para relacionarlo con el lenguaje científico y llegar a explicar el mundo magnético haciéndolos conscientes que ellos son los productores de ese conocimiento científico. Por tal motivo, es fundamental realizar un estudio de las distintas posturas acerca de las perspectivas fenomenológicas en la enseñanza de los fenómenos físicos

como una forma para tener criterios conceptuales para aplicar en las distintas observaciones que se realizan en el aula. Donde la actividad experimental nos ofrece replantear y establecer analogías entre las dinámicas de la experimentación de las comunidades científicas y el papel que juega el experimento en la enseñanza del magnetismo.

#### 1.4. La perspectiva fenomenológica en la enseñanza de las ciencias naturales.

Históricamente la fenomenología da sus comienzos aproximadamente en el siglo XIX, y surge como una forma de explicar el mundo científico. Uno de sus exponentes, Edmund Husserl (1859-1938) plantea al positivismo científico como una de las fuentes de construcción de conocimiento científico de la época, ya que esta forma de realizar supuestos entre los hechos y la teoría se enseñan normalmente en las aulas de clase de ciencias, que el mundo se rige por leyes precisas que se pueden explicar, predecir y controlar en los fenómenos, a partir de esto se realizan generalizaciones de fenómenos desde sus experiencias. Actualmente al hablar de fenomenología se tiende a pensar principalmente en lo expuesta por Husserl (1900), pero el llamado movimiento fenomenológico es complejo y variado, reconociéndose diferentes exponentes, tales como: Heidegger (1889 - 1976), el cual concibe la fenomenología como una forma de lenguaje científico, que se abordará más adelante.

En el caso específico de la enseñanza de las ciencias, podemos afirmar que hemos venido configurando una manera de pensar frente a las fenomenologías científicas del mundo como las relaciones masa y fuerza en los fenómenos magnéticos, lo cual involucra polaridades, comportamientos de repulsión, atracción o de los cambios espaciales inmersos en un medio

magnético y que varía según las propiedades de sus elementos ferromagnéticos o diamagnéticos del medio, que logra una caracterización fenomenológica de la permeabilidad magnética.

En lo que respecta a la fenomenología, se estima hacer claridad frente al hecho de que no se trata de replicar una serie de experiencias y explicarlas algorítmicamente; se propone una articulación entre el saber de lo conocido, de lo cotidiano y lo científico mediante una reflexión de la ciencia como actividad humana, como producto de su cultura; además, se propone vincular la experiencia, con la experiencia sensible y su ampliación mediante instrumentos y explicaciones acordes a lo que se puede observar y demostrar, con base en postulados teóricos que sustentan pilares fundamentales en el desarrollo de una ciencia, en este caso la física.

De aquí lo interesante del estudio de los fenómenos magnéticos que desde sus efectos induce a nuevas explicaciones de lo no visible, pero sí observable. Para Juan Hessen, lo vivido está en íntima relación con lo hablado (Hessen, 1940). Todo se relaciona con el fenómeno del conocimiento mediante la observación, la descripción del objeto y su interpretación, es decir que en el magnetismo es importante tener una observación clara del fenómeno y de ese modo poder realizar una descripción clara usando el lenguaje cotidiano y así mismo lograr una interpretación y lograr una recontextualización de saberes; desde lo científico hasta sus propios criterios conceptuales del fenómeno observado.

Existen dos formas de observar el fenómeno, la forma real y la forma ideal, llamamos real a todo lo que nos es dado en la experiencia externa, interna o si se infiere de ella, ahora la forma ideal, se presentan por el contrario como imaginarios como meramente pensados, porque

depende de la concepción del mundo científico del sujeto, el antes y después de la experiencia con el fenómeno. En la búsqueda de la verdad del fenómeno debe haber una concordancia de la imagen con la actividad experimental, por ende, el concepto de la verdad es un concepto de relación estrecha de la imagen con el objeto. Además, como hemos visto el conocimiento presenta tres elementos importantes: el sujeto, la imagen y el objeto como se contextualiza a continuación:

- Por el sujeto, el fenómeno del conocimiento se da en cuanto a la conciencia de la experiencia subjetiva y se convierte en una visión de su saber al entrar en concordancia con el objeto
- Por la imagen, está directamente relacionada con la lógica, es decir, la concepción que el sujeto tenga de sí mismo, hasta que tiene la experiencia con el objeto lo que le permitirá reforzar o cambiar la imagen.
- Por el objeto, desde las causas (existente, real o filosófico) se toma como algo que es, que existe, es decir, la representación que el sujeto desea conocer a voluntad por medio de sus sentidos.

Con lo anterior podemos afirmar que existe una estrecha entre el objeto y el sujeto; es decir, el sujeto aprende del objeto y el objeto se deja aprender por el sujeto.

La actividad experimental da una alternativa a las diferentes formas de comprender los fenómenos, pero no como una verdad total, sino, como un proceso dónde se expone como la

concepción natural de los fenómenos magnéticos entran en contradicción con las observaciones de los sujetos, de sus efectos experimentales, lo que los encamina a tener una imagen del objeto, es decir, a formarse un significado de la permeabilidad magnética; en los procesos de enseñanza los educandos también deben realizar estos mismos procesos para recontextualizar sus procesos de enseñanza-aprendizaje para la comprensión de los fenómenos. El objetivo de la fenomenología no es resolver el problema del conocimiento, sino mostrar el camino hasta dicho problema, es decir, un proceso.

En este sentido, permite establecer cómo percibe el sujeto el objeto en el proceso experimental, teniendo como base sus experiencias sensibles, es decir, no se conoce el objeto en sí, sino como lo vive el sujeto y lo concibe en la experiencia de los sujetos. La fenomenología está de acuerdo con el realismo en que los objetos son reales y de igual forma con el idealismo en cuanto a limitar el conocimiento a la conciencia del mundo de las apariencias, en otras palabras, va más allá de la intuición, de las sensaciones, de las propiedades conceptuales de las cosas y la conciencia de la relación sujeto–objeto hasta llegar a las diferentes formas del lenguaje que permite contrastar y sustentar sus preconceptos al representar el fenómeno. Es decir, nunca podemos conocer cómo está constituido el mundo magnético en sí, sino desde nuestra conciencia de cómo los cuerpos se atraen.

La consideración de Kant alrededor del fenómeno como objeto de la experiencia sensible, es decir, como los efectos que pueden ser percibidos o como la información que entra por los canales sensoriales, se convierte en el objeto que orienta al sujeto a la necesidad de

entender el comportamiento de las cosas, entonces si los fenómenos constituyen el mundo de acuerdo con Kant, el trabajo por entender su comportamiento conllevará a constituir una imagen de realidad coherente fundamentada en lo que se percibe. (Bravo. 2012, Pág. 6)

Que esto ocurra, hace resaltar un aspecto esencial de la observación, y es la intencionalidad que ésta requiere, es necesario decidir qué se quiere buscar o indagar cuando se observa. Si en el caso del imán se quiere indagar sobre qué materiales interactúan de mejor manera con éste, esto es plantear un propósito, pero si se quiere indagar sobre qué diferencias hay entre la magnetización del hierro, aluminio u otro material o sustancia como el agua, se establece otro orientador de la actividad de observación. Entonces, la observación no se fundamenta en descubrir cosas nuevas, surgidas de la nada, sino en seguir un orden conceptual de análisis, guiado por la razón que permita organizar los efectos sensibles y entender la realidad (Malagón, 2011).

Teniendo en cuenta la relación del objeto, sujeto e imágenes y las formas que percibe el mundo, es importante establecer una relación entre los fenómenos magnéticos con sus observaciones de las cualidades del fenómeno y sus posibles variables físicas; las formas de medir cualitativa y cuantitativamente, pero en la búsqueda de una precisión numérica, es importante la instrumentación material y procedimental para ello se requiere del empirismo (comprensión) y del racionalismo (explicación), esto permite en los sujetos una elaboración cognitiva del fenómeno más compleja acerca de la relación pensamiento–lenguaje dentro de un

contexto cultural. Es importante recuperar el concepto de experiencia, puesto que permite la construcción de la imagen de ciencia como actividad sensible que posibilita la organización y elaboración conceptual desde éste; también permite la relación entre las ciencias y otros saberes como se dio en la matemática, con la construcción de magnitudes en el sentido que los procesos de cuantificación y medición hacen parte del mismo desarrollo conceptual de las ciencias en esta actividad, cabe aclarar que los instrumentos no son concebidos únicamente como los registradores de datos, sino como los que permiten estudiar los fenómenos o dar cuenta de los mismos (Ferreirós, 2002).

Cuando se aborda el problema de la construcción teórica conceptual y las propiedades del fenómeno y se debe evitar asumir la ciencia como un cuerpo de hechos, conceptos, leyes, teorías y técnicas, es decir no un cúmulo de productos científicos, sino como la actividad misma de su producción de explicaciones sobre los fenómenos naturales, donde las partes del instrumento medidor hacen parte de la ampliación de la experiencia; ir más allá de los sentidos de sus posibles experiencias del sujeto con el objeto mediante distintos montajes experimentales. Con base en estos montajes se amplían los conocimientos de materiales en relación al fenómeno, permitiendo tener una claridad de los materiales y sus comportamientos magnéticos como son los materiales ferromagnéticos, paramagnéticos y diamagnéticos.

En la comprensión de los fenómenos se fijan criterios de sus atributos, variables de sus cualidades y establecer una comparación lógica con una unidad de medida ya establecida. Por ejemplo, en la medición del fenómeno de permeabilidad magnética, implica la diferenciación entre fuerza, espacio-medio magnéticos y los valores en la cinta métrica, no nos va a indicar



cuanta fuerza presenta un imán en repulsión dentro de un medio como el aceite, sino establecer una comparación entre los cambios en las distancias de los imanes debido a la repulsión y las distancias al cambiar de medio y tal análisis permite la comprensión de los fenómenos físicos.

Por tal motivo estas experiencias y comparaciones permiten avanzar en la elaboración de dicho concepto, construcción y medición de la magnitud, en este caso sería la permeabilidad magnética, estas afirmaciones conllevaron a la construcción del permeabilímetro para dar una explicación cuantitativa y cualitativa que permitan ampliar la experiencia sensible de los sujetos con el fenómeno y posibilitar la reconstrucción de la imagen de los fenómenos magnéticos por medio del análisis de las cualidades y las variables, las propiedades magnéticas del espacio-medio circundante de los materiales y el análisis de este instrumento, todo esto permite determinar esta escala de medida (permeabilidad magnética alta, media y baja), estableciendo un vínculo entre la experimentación y la conceptualización, la definición de los procesos de medida de cuánto es más permeable un medio del otro, la ampliación de las bases fenomenológicas y el avance en la organización y conceptualización del fenómeno que permite procesos de formalización y el papel de la experiencia en la construcción del conocimiento sobre los fenómenos físicos.

En conclusión, las características de los indicadores magnéticos son los que permiten identificar un cuerpo y definir sus cualidades; estas se deducen y organizan a través de la actividad de observación mediante la experiencia con el fenómeno. Igualmente, en la experiencia es imposible afirmar que esta se constituya en un criterio de comprobación o validación de los

cuerpos teóricos de las ciencias, como tradicionalmente se asume en la enseñanza de las ciencias, en cambio, desde una perspectiva fenomenológica, sí permite, desde las imágenes que se generan los sujetos o educandos en relación a sus diversas formas de lenguaje o expresión, consolidar sus habilidades de construcción de significados y comunicación de explicaciones, independiente de las concepciones de ciencia que se privilegien.

### 1.5. Lenguaje, imágenes y representaciones del conocimiento científico.

Para Heidegger, a partir de la fenomenología se logra captar aquello estable o permanente desde lo cambiante del mundo; esto no se logra a partir de preguntas sin sentido, sino con otras formas de observar o a través de escuchar la expresión de las vivencias que no se evidencian a simple vista y que se deben descubrir (Bertorello, 2006). La fenomenología es un medio que permite “conservar las vivencias de la conciencia como su ámbito temático” (Heidegger, 2003), quedando establecido que los fenómenos normalmente no se dan en la vida cotidiana, hasta que existe una preocupación por develarlos (Thurnher, 1996), es decir se hacen conscientes.

En la interacción con los fenómenos magnéticos, comúnmente se identifica un utensilio (imán) para sostener cosas sobre una superficie, que generalmente es la nevera, pero cuando se originan otros tipos de ambientes pedagógicos y se profundiza en el estudio del fenómeno se tiene una experiencia sensible que da paso a la expresión de pensamientos, sensaciones, ideas y/o sentimientos que recontextualizan sus saberes cotidianos a saberes científicos, incluyendo el uso de códigos lingüísticos específicos para diferenciarlos del lenguaje cotidiano, no obstante, a

pesar de las diferencias de vocabulario existen unas características básicas o comunes en el lenguaje científico que permiten asociarlo al lenguaje cotidiano. Un ejemplo de ello es el magnetismo, en la experiencia con imanes; al compararse con otro imán semejante, se comienzan a observar otro tipo de fenómenos, como el de repulsión o los cambios espaciales en la limadura o las orientaciones de la brújula, que se comportan como indicadores magnéticos que se utilizaron en la interpretación de este tipo de fenomenologías.

En términos de Heidegger, el investigador comienza con un reconocimiento de sus percepciones y juicios sobre el fenómeno a estudiar, que en la medida que avanza en su estudio se van estabilizando y complejizando. Para interpretar el fenómeno de permeabilidad magnética es pertinente generar una reducción de este, lo que permite percibir y/o describir las particularidades de dicha experiencia sin tener que realizarla a gran escala o escala real, por ejemplo, para estudiar las características del sol, no es necesario viajar a él, basta con simular éstas características en un cuarto para observarlas, semejante a lo realizado por Gilbert cuando elaboró la brújula, ya que no tuvo que ir a todos los puntos de la Tierra para establecer sus puntos focales, sino establecer que la tierra era un imán y estudiar el comportamiento de la aguja imantada alrededor de él y esto permitió construir la polaridad magnética; por tal motivo el objetivo primordial es reconstruir los conocimientos en torno al magnetismo desde la descripción como la comprensión analítica, pero esto únicamente se puede ejecutar profundizando en su experiencia: intencionalidad del conocer, la imagen del mundo fenoménico y la organización experimental. La idea no es privilegiar la fenomenología desde los puntos de vista de los exponentes filosóficos únicamente, sino que ello sea una herramienta que nos permite ampliar la forma como comprendemos la organización de los fenómenos magnéticos en la clase de ciencias.

En este diagrama ponemos en juego estos procesos de caracterización fenomenológica con los dos aspectos que hemos discutido: la ampliación de la experiencia y el cambio que opera a nivel del lenguaje y de la representación de los fenómenos. Esto con un apoyo constante de las propuestas experimentales que se derivan de la construcción de conocimiento que los docentes hacemos, para el cual juega un papel muy importante el análisis histórico – crítico realizado, que trataremos en la siguiente sesión.



**Diagrama 2** Contexto fenomenológico de la actividad experimental en ciencias.

El diagrama 2 evidencia la articulación del trabajo que se realiza en conjunto para brindar un ambiente de aprendizaje en los fenómenos físicos

### 1.6. El papel de los estudios histórico-críticos en la enseñanza de las ciencias.

En este trabajo se da un lugar primordial a los estudios histórico-críticos, puesto que ayudan al docente a ubicar en diferentes contextos el conocimiento que se tienen del fenómeno a enseñar, identificando las situaciones problemáticas conceptuales y experimentales que se tuvieron para llegar a comprenderlo, explicarlo y caracterizarlo. Por tal motivo estos estudios

también permite al docente proyectar una ruta explicativa y una organización experimental para llevar el fenómeno al aula y generar un ambiente de aprendizaje donde el estudiante pueda interactuar con el fenómeno a conocer, teniendo en cuenta sus experiencias cotidianas, sus ideas previas y necesidades particulares, es de aclarar, que aunque se piensa que para enseñar física se debe saber de ella, ante todo se debe tener en cuenta que se está trabajando con seres humanos, con características, habilidades, dificultades particulares que el docente debe dinamizar en el aula, esto con el fin que cada estudiante asuma con criterios los conceptos, teorías y experimentos que se le presentan, buscando formas, alternas de ver el mundo y su imagen acerca de la ciencias.

Es importante recalcar que el estudio histórico-crítico permite preguntar al pasado por el presente y así mismo reescribir la historia dependiendo de las posturas actuales y seguir construyendo la misma, permitiendo que las ciencias se entiendan como una comprensión del mundo que va de acuerdo a sus contextos socio-culturales. Igualmente, este ejemplo de estudios orienta los procesos de formación de los docentes en ciencias, por medio de la recontextualización de los saberes que se realizan de los autores que construyeron el fenómeno a investigar o para abordar problemas de conocimiento científico que se presenta en el aula. Por tal motivo, el docente debe apropiarse de los conocimientos a trabajar para poder desarrollar una recontextualización de saberes en el aula, adecuando esos conocimientos a la diversidad de estudiantes que se encuentran en el aula.

Cuando realizamos estos análisis en los procesos de enseñanza, muchas veces se reconoce las relaciones entre la física y las matemáticas y el papel del experimento como el

único que valida cualquier fenómeno “todo conocimiento válido debe ser comprobado” y “el saber no puede estar ausente en la docencia de ese saber” (Rojas; Gómez 1999, P. 1). Sin embargo, lo que busca los estudios histórico-críticos no es privilegiar una sobre la otra, si no reconocer a cada una de ellas como parte de la solución y la comprensión de los fenómenos en la enseñanza de las ciencias naturales y el papel de la teoría o experimento lo da la intencionalidad del docente investigador y su imagen de ciencia, el objetivo es posibilitar la construcción de representaciones del mundo natural y de la ciencia, de esta manera dar un sentido significativo del mundo físico a los estudiantes desde su propias experiencias y con un lenguaje propio re-contextualizado.

En la siguiente afirmación, “la dimensión contextual y dinámica que se le asigna al conocimiento, y por ende a la ciencia, desde esta perspectiva también se pone de manifiesto el carácter histórico desde el punto de visión cultural” (Castillo. 2008). se muestra la importancia que ha tenido el relato histórico en el desarrollo y formación de la ciencia, ya que la curiosidad que generó en el hombre antiguo el conocer qué pasaba, cómo sucedían las cosas a su alrededor, la misma necesidad de sobrevivir, lo llevo a realizar registros a través de diferentes formas de lenguaje hasta llegar a la escritura, ha permitido al hombre actual él no realizar los mismos experimentos, sino tomarlos como base para ampliar, cambiar y generar nuevos conocimientos que permitan incrementar los diferentes ambientes de aprendizaje – relaciones problemáticas – planteamientos y justificaciones para entender el mundo que percibimos e interactuamos. Podemos señalar que “la enseñanza de las ciencias se sitúa como un proceso de recontextualización de saberes”. (Castillo. 2008.)

El análisis histórico crítico es una herramienta para su misma enseñanza, ya que permite tanto en los educandos como en los docentes generar posturas, ya sean apoyando o refutando cada uno de los postulados y analizando el contexto histórico en el que se desarrolló para determinar a qué necesidades apuntaban. Por ello, es fundamental que en la formación profesional de docentes se pueda poner en contacto al docente en formación con los posibles escenarios y tipos de poblaciones con las que trabaje para que así pueda analizar los posibles contextos problemáticos, perspectivas y sobre todo cómo abordar la recontextualización de saberes, abordada como una actividad dialógica que se pone sobre la mesa dispuesta a cualquier discusión sobre argumentos, estructuras y/o teorías generadas a lo largo de la historia por diferentes exponentes científicos. Permitiendo en la formación de docentes establecer una organización experimental que pueda ser llevada al aula para plantear situaciones problemáticas que enriquezcan la experiencia y la motivación del estudiante por conocer el origen y las consecuencias de los diferentes experimentos que han surgido a lo largo de la historia de la física y así reflexionar sobre las diferentes escuelas de pensamiento que han contribuido a construir la cultura actual. Es importante aclarar que al asumir la historia de la ciencia como actividades hacen que pierdan algo de objetividad y que sean tomadas en el complejo mundo de las creencias, intereses, compromisos filosóficos y epistemológicos de quienes intervienen es este proceso de construcción de conocimiento, según Basil (1973) es recontextualizar al conocimiento en un contexto diferente al que se originó. Por tal motivo los estudios histórico-críticos son procesos de recontextualización de los saberes científicos.

*¿Cuáles aspectos de los estudios histórico-críticos permiten comprender la construcción de la magnitud física de permeabilidad magnética?*

Desde esta perspectiva, en el siguiente capítulo se realizará un estudio histórico-crítico en el que se resaltarán la forma de comprender el magnetismo de la materia y los diferentes elementos, criterios y posturas que posibilitaron la relación de las propiedades magnéticas de la materia y espacio con las líneas físicas de fuerza magnética, que llevaron a la idea inicial de permeabilidad magnética de los medios físicos, desde la ampliación de las observaciones, reorganización de las experiencias y elaboración de criterios de acción. Igualmente en este estudio, se evidencia los problemas, las condiciones en que se presentó la permeabilidad en un mundo magnético y como evolucionó, las respuestas y formas de abordarla desde la recontextualización de los saberes, en otras palabras, los estudios histórico-críticos permiten el diálogo con Michael Faraday mediante la reconstrucción de sus investigaciones experimentales en electricidad, enfatizando en el tercer capítulo, donde permite dar el carácter fundamental de la fenomenología de la permeabilidad magnética para construir formas alternativas de representación y las diferencias básicas entre las diferentes teorías, desde su conocimiento “común” “cotidiano” “empírico”. La historia de las ciencias y, en particular, el estudio de los textos originales puede entonces apoyar esta tarea (Granés, Caicedo, 1997, P. 72-73)

Entonces es de destacar que el estudio histórico del magnetismo muestra la interacción de la ciencia con los cambios culturales de las naciones que forjaron el conocimiento para el mundo. El mundo griego (Tales de Mileto, Sócrates), francés (Galileo, Maricourt), inglés (Gilbert, Faraday) y nuestros propios contextos (Niño, 2012) permite enriquecer culturalmente a los estudiantes en torno a la actividad experimental y la formalización de la enseñanza de las ciencias. De esta forma realizamos una recopilación de información de fuentes primarias para realizar un acercamiento de la fenomenología al concepto de campo, estas fuentes son además de



autores y científicos que estudiaron el fenómeno desde los comienzos de su hallazgo y aplicación tales como Oersted, Ampere, Faraday, Maxwell, entre otros, autores colombianos y trabajos de grado de la Universidad Pedagógica Nacional.

La dinámica de los problemas y conceptos rompe con la organización de las ciencias en teorías, la enseñanza de la física como actividad comienza a plantearse como objeto de estudio en cursos de formación de docentes y/o estudiantes e ir contextualizando el método fenomenológico en el que se desarrollará esta investigación y el carácter dinámico e histórico de los fenómenos magnéticos obtienen una gran relevancia.

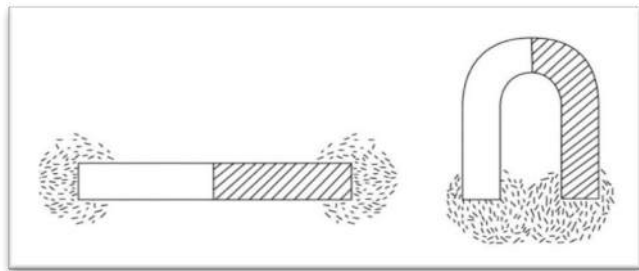
## CAPITULO 2

### 2. PERSPECTIVA HISTÓRICA-EXPERIMENTAL QUE ORIENTÓ LA COMPENSIÓN DE LA PERMEABILIDAD MAGNÉTICA DE LOS MEDIOS FÍSICOS.

*¿Cómo una perspectiva histórica–experimental permite comprender los aspectos fenomenológicos de la permeabilidad magnética?*

#### 2.1. Contexto histórico-experimental de las propiedades magnéticas de espacio-medio físico.

El magnetismo es un fenómeno conocido por la humanidad desde tiempos remotos. El origen del término “magnetismo” se debe al descubrimiento, realizado por los griegos hace más de 2000 años, de un mineral (en una región del Asia Menor llamada Magnesia) capaz de atraer al hierro, denominada “magnetita”. Pero la historia nos muestra que el hombre inconforme con estas observaciones iniciales de los efectos comienza a hacer interactuar imanes con otros cuerpos; podemos definir un imán como una sustancia que establece una atracción sobre el hierro y algunas otras sustancias, que llamaremos cuerpos magnéticos. Sin embargo, la explicación de la naturaleza física del magnetismo se mantuvo durante mucho tiempo como un misterio de la naturaleza.



**Imagen 1** Tipos de Imanes. Tomado de <https://sites.google.com/site/prof39benjaminguz/man/circuitos-2-1-mag>

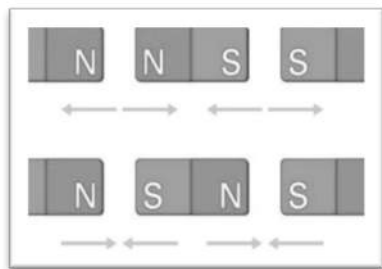
Los imanes pueden ser naturales, artificiales o permanentes y temporales, por ejemplo, la magnetita es un imán natural. Los imanes permanentes mantienen sus propiedades magnéticas a lo largo del tiempo (Acero) y los temporales solo actúan

como imanes en determinadas circunstancias (Hierro dulce), como podemos observar, para este tiempo los efectos magnéticos, los adquieren solamente cuerpos sólidos (Imagen 1). A finales del S.XVI encontramos el primer gran estudio sistemático de los fenómenos magnéticos. Dicho estudio fue realizado por W. Gilbert (médico de la reina Isabel I de Inglaterra), quien, en el periodo que va desde el año 1581 al 1600, efectuó numerosos experimentos de electricidad y magnetismo, recopilando ordenadamente los resultados más importantes de esas experiencias en un libro que tituló "De Magnete".

La propiedad magnética de los cuerpos históricamente siempre se ha referido a los polos magnéticos de la tierra, pero en tal reflexión, nos encontramos con dificultades de comprensión experimental debido a que si se pretende replicar tales efectos nos encontramos que no solo la tierra tiene este comportamiento, sino que existen elementos naturales y/o artificiales (cuerpos o sustancias) que poseen efectos magnéticos en mayor o menor proporción. ¿Solamente los imanes tienen la propiedad de atraer?, ¿Aparte de los imanes existen otros materiales con los mismos efectos? ¿Qué relación existe entre la materia y la fuerza de atracción?

Continuando con el análisis histórico experimental, los chinos, en especial el general Huang Ti (siglo IV a. de C.) utilizó la piedra magnética directamente para orientarse, pero sólo en tierra. Imantando una varilla pequeña con el imán sobre una superficie plana, partiendo de estas acciones me generaron los siguientes interrogantes, ¿Cómo se configuran los efectos entre los imanes, el hierro y las posiciones en la tierra? ¿Por qué al separar el imán de la varilla todavía produce los mismos efectos? Son los árabes quienes introducen la idea de los chinos a Europa. Aquí, los navegantes conquistadores orientan las diferentes coordenadas observadas, para luego plasmar sus ideas en el libro Louen Heng año 83, en el que describe cómo fabricar una brújula.

Cuando todas estas ideas y experiencias llegan a Europa los científicos se comienzan a cuestionar ¿Cómo la propiedad de atraer podrá transferirse a otros cuerpos? ¿Qué consideraciones condujeron a relacionar los imanes con los efectos de la brújula? ¿Solamente

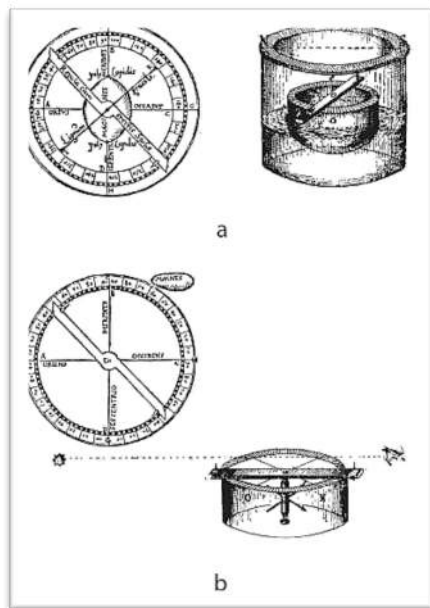


**Imagen 2** Polaridades magnéticas. Tomado de <http://cienciasjokano.blogspot.com/2014/10/magnetismo.html>

hay atracción cuando existe contacto entre la piedra imantada y otros cuerpos? Ante esto, se evidenció que al frotar varios cuerpos con las piedras imantadas adquieren la misma propiedad, es decir, que la propiedad de atraer no es solamente de los imanes

sino de cualquier cuerpo que puede adquirir la virtud de atraer (Imagen 2). ¿Los cuerpos de diferente naturaleza lograrían los mismos efectos en interacción con la brújula? La fuerza que ejercen los imanes depende de la distancia; si separamos el imán del hierro disminuye la fuerza con que lo atrae, que aumenta cuando lo acercamos, esta concepción nos conduce a establecer una acción a distancia entre los cuerpos magnéticos, acción que más adelante desarrollaremos.

En esta concepción no se toma en cuenta el medio como un factor que pueda influir en los efectos de atracción o repulsión.

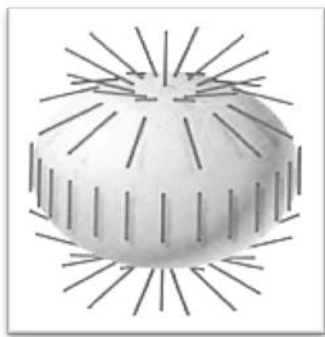


**Imagen 3** Tipos de brújulas.  
Tomado de Libro De Magnete

Maricourt, fue un estudioso francés del siglo XIII que realizó experimentos sobre magnetismo y escribió el primer tratado existente para las propiedades de los imanes. Su trabajo se destaca por la primera discusión detallada de una brújula como lo muestra la imagen 3. (Modelos de las dos brújulas discutidas por Petrus Peregrinus (1269): (a) la brújula "húmeda" o flotante y (b) la brújula pivotante "seca". Tomado de [Smith \[1970\]](#) . Copyright Elsevier 1970)

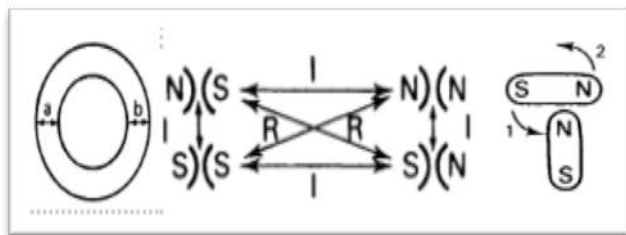
Comenzó dándole forma esférica a un imán y a aproximarle pequeñas agujas de acero, organizando una configuración en la esfera–imán que le permitió hacerse una imagen de la tierra como un imán, comprobó que estas se orientaban sobre su superficie de un modo determinado en cada punto. Con el uso que le da Maricourt a las líneas que indican la orientación magnética surge la idea de que hay una relación entre el medio y la configuración de las líneas en el campo magnético. También observó que esos puntos se orientaban siempre al norte y al Sur, a los cuales nominó como Polo Norte y Polo Sur y comprobó que, al acercar dos polos iguales entre sí, los imanes se repelen y si son opuestos se atraen. Es decir, que la propiedad de atraer se adquiere al poner en contacto dos cuerpos con características magnéticas similares, en los cuales se distribuye de tal forma que se localiza en los extremos de los cuerpos, esto permite preguntarse sobre: ¿Qué acción permite esta

distribución? ¿Cómo se puede evidenciar la polaridad de un imán esférico? ¿Qué se puede interpretar de los efectos magnéticos desde la configuración de las agujas?



**Imagen 4** Esfera magnética. Tomado de <https://1library.co/document/oz1357eq-epistola-pedro-peregrino-maricourt-sigerio-foucaucourt-soldado.html>

Para darle una interpretación a la polaridad en ese momento, se tuvo en cuenta la construcción experimental de la brújula, la aguja de hierro imantada giraba en la mitad de un punto fijo, y su orientación dependía del poder magnético, es decir, que señalaba en donde encontraba mayor cúmulo de poder magnético. Ahora, con esa construcción se ubica la aguja imantada en los diferentes polos de un imán esférico, el cual se fijó en una superficie, se traza una línea partiendo la esfera en dos partes iguales, dicha línea se llamara: línea medial, y su equivalencia en la Tierra sería la línea ecuatorial, se evidencio que si se ubica esta aguja imantada debajo de la línea ecuatorial del imán esférico, la aguja se orienta al extremo inferior o polo sur, pero si ubica en la parte superior de esta línea la aguja imantada cambia de orientación, al extremo superior o polo norte, es decir, siempre se orienta a un punto común que son los extremos y cada vez que se acerca la aguja a estos, lo hace con mayor poder, dicho de otro modo, este imán esférico se asemeja a la Tierra y estos puntos fijos a las polaridades magnéticas de la tierra. Es decir, se encuentran relaciones polares al dejar caer la aguja o el hierro (Imagen 4), es allí donde se adhiere más veces o con más fuerza, pero con ciertos cambios entre los puntos encontrados por el método descrito, llamada la declinación magnética. Esto se refuerza con lo expresado en la carta de Pedro el Peregrino de Maricourt al caballero Siger de Foucaucourt (Minecan, 2017. pp. 277–307)

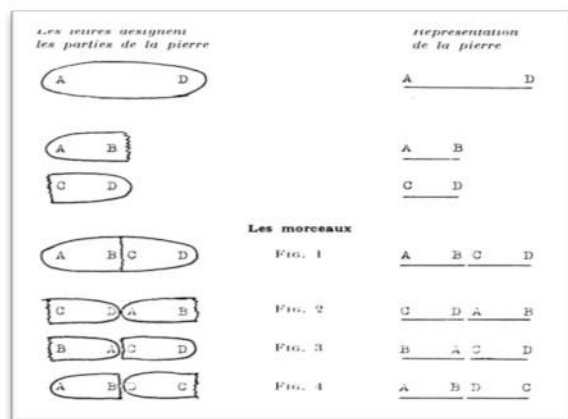


**Imagen 5** Interacciones entre polaridades magnéticas y sus efectos. Tomado de le dé magnete\_traduccion.pdf

Sobre el imán (Le De Magnete, 1907).

El texto de Pierre de Maricourt es el primer documento conocido que expresa la convicción que es posible transformar la fuerza magnética en movimiento, por medio de las repulsiones y atracciones de cuerpos

magnetizados como se muestra en la imagen 5. Maricourt más allá de proponerse elaborar una imagen de la polaridad de los imanes, su intención era explicar los comportamientos magnéticos de los planetas. Sin embargo, Maricourt, fue ingeniero en la armada de Carlos I de Anjou, y sus habilidades como experimentador y técnico fueron enlazadas por su contemporáneo Roger Bacón; desde sus historias, se le reconoce como precursor de la metodología científica moderna de las ciencias baconianas, entendidas como las primeras interpretaciones de las relaciones entre el hombre y la naturaleza, teniendo como base la historia de los experimentos realizados por el hombre en el magnetismo y el contexto político y social en el que fue concebido.

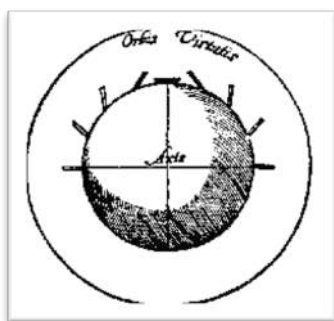


**Imagen 6** comportamiento de un imán fraccionado. Tomado le de magnete\_traduccion.pdf

¿Cómo son los efectos que emergen de la interacción entre varios imanes? ¿Cuál es la Naturaleza de sus efectos? ¿Cómo se puede evidenciar los efectos entre los imanes? estos interrogantes surgen en las diferentes concepciones del magnetismo que permiten

orientar las discusiones sobre las propiedades

magnéticas de la materia. De igual manera, Maricourt en sus prácticas experimentales, teniendo en cuenta la polaridad de los imanes y que ejercen una fuerza de atracción en las proximidades, juega con varios imanes argumentando que la interacción entre ellos genera fenómenos de atracción y repulsión (Imagen 6, de Maricourt). Desde ese entonces se comprobó que polos iguales se repelen y polos diferentes se atraen; teniendo en cuenta nuevas propuestas de otros actores que partieron de las investigaciones explicadas hasta este momento.



**Imagen 8** Terella. Tomado de <http://www.phy6.org/earthmag/Mdmgrev2.htm>

William Gilbert (1540-1603), comenzó a reflexionar sobre el cómo se entendía la idea de la magnetización de la tierra (Imagen 7), nombrándola como “Terella” (pequeña tierra Imagen 8), pero en sus estudios hay deficiencia en la explicación de la naturaleza de sus

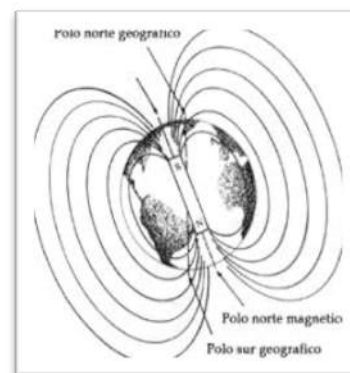
efectos magnéticos, debido a que tuvo que construir su comprensión desde cero, lo cual indica que su escrito es lo más cercano que se

estará a la experiencia que vivió. Retomando lo anteriormente

expuesto él tuvo que reorganizar actividades experimentales y plantearse nuevos contextos problemáticos que son las características principales de la fenomenología; una de las particularidades de Gilbert es que era un observador muy

perspicaz, pero la historia y el ambiente científico demostró que la recontextualización de su actividad experimental permite describir y exponer que la Tierra es un imán gigante, la brújula como un

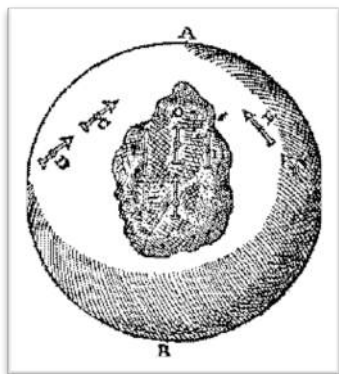
indicador magnético de la direccionalidad de su aguja; de igual forma propuso en su escrito



**Imagen 7** La tierra como imán. Tomado de [http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/056/htm/sec\\_3.htm](http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/056/htm/sec_3.htm)



principal "De Magnete", que es quizás lo más cerca que se puede estar de revivir esa experiencia e interpretarla, la fuerza penetra en los polos de la piedra, no sólo originaria de la parte norte sino también del sur, no solo que era exclusivamente procedente de yacimientos minerales; prueba evidente de que el hombre, donde quiera que esté, veía con sus ojos que la piedra se orienta siguiendo la dirección de sus extremos como se evidencia en la imagen 9, hacia el punto A.

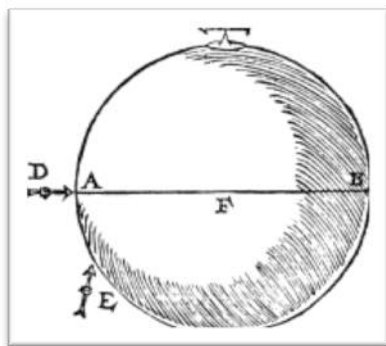


**Imagen 9** Polaridad magnética Terella. Tomado de <http://www.phy6.org/earthmag/Mdmgrev2.htm>

¿Qué experiencias le permiten a Gilbert evidenciar y describir los efectos magnéticos de la tierra y los imanes? ¿Qué aspectos fenomenológicos le permiten a Gilbert esclarecer las causas de los efectos de los imanes en presencia de otros cuerpos? ¿Cuáles son los cuerpos que utiliza? ¿Cómo los organiza? ¿Qué instrumentos le permiten construir su propia ruta de explicación de la Naturaleza Magnética de la materia y el espacio?

Gilbert comenzó postulando que la Tierra se comportaba como un potente imán esférico y las brújulas se orientaban hacia los polos magnéticos terrestres. Afirmando que los trozos de imán se comportan también como imanes, es decir, no existen polos magnéticos aislados, siempre que hay imanes tenemos dipolos completos, nunca un polo norte o sur aislados. Los polos magnéticos no coinciden con los polos geográficos, es decir que las brújulas no indican

con exactitud el norte geográfico, indica la declinación magnética de la tierra, respecto al punto A (Imagen 9). La propiedad magnética de los cuerpos históricamente siempre se ha referido a los polos magnéticos de la tierra, pero en tal reflexión nos encontramos con dificultades de comprensión experimental debido a que si se pretende replicar tales efectos nos encontramos que no solo la tierra tiene este comportamiento. La interacción entre los materiales con las fuentes magnéticas, son entendidas como acciones directas que afecta el espacio al generar los efectos magnéticos de atracción sobre otros cuerpos, en otras palabras, si se coloca el Versorium (instrumento construido por Gilbert para organizar zonas de mayor o menor poder) en diferentes partes sobre la superficie de la Terella y se marca como lo propone Gilbert, la dirección de equilibrio del indicador, la del puntero en una zona del imán se concentra en el punto A. En cambio, en otra zona del imán, no se orienta hacia el punto A, sino cambia su dirección hacia el punto B, como se muestra en las figuras, estos dos puntos de concentración representan los polos de un imán-esfera. Para evidenciar los efectos Gilbert toma como indicador la aguja de la brújula que llamó “Versorium” la cual evidencia cómo es el comportamiento de la aguja imantada en proximidad a un imán esférico (Imagen 5), logrando trazar las líneas de fuerza que se genera fuera y dentro del imán esférico, estas líneas se comparan a las líneas que evidencia la brújula en cercanía a los imanes.



**Imagen 10** Versorium.  
Tomado de <http://www.phy6.org/earthmag/Mdmagadd.htm>

La anterior experiencia propuesta por Gilbert deja ver los criterios que perfila para hablar de los polos de un imán y que permite a su vez comenzar a dar cuenta del comportamiento magnético de la Tierra y de los imanes esféricos (Imagen 10) para lo cual utilizó la brújula.

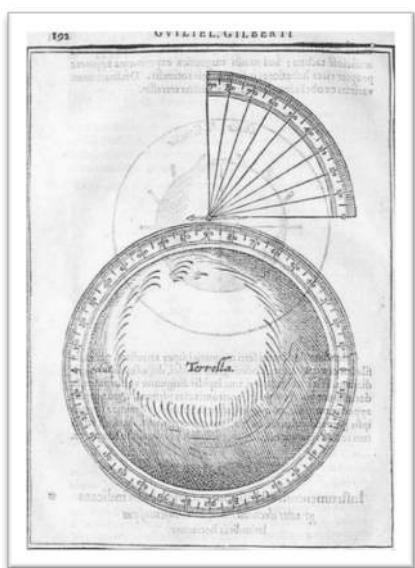
Afirmando:

...Los polos se encuentran también en una piedra redonda (imán esférico o Terella), con la ayuda de un Versorium, una pieza de hierro tocado con un imán apoyado sobre un punto, de modo que este pueda girar libremente. En la parte superior de la piedra AB se establece el Versorium de tal manera que su puntero pueda permanecer en equilibrio; marque con tiza la dirección del puntero cuando está en reposo. Después mueva el instrumento (versorium) a otro lugar y de nuevo marque la dirección en la cual el puntero mira; repita esto muchas veces en muchos puntos diferentes y encontrará, la convergencia de la dirección de las líneas encontrará un polo en el punto A, el otro en el B (Gilbert, 1600) (Traducción de Magali Bravo, pág. 22).

Además, Gilbert no solo reflexiona en los efectos magnéticos de la tierra, sino que afirma que un cuerpo magnetizado al calentarse pierde la propiedad de atraer, pero si se enfría vuelve a recuperar tal virtud, ¿Qué es lo que permite que los cuerpos se atraigan o se repelen en diferentes condiciones térmicas? Es decir, los cuerpos magnetizados no solo tienen la propiedad de atraer otros cuerpos, si no que al estar expuestos a una fuente de calor pierden sus propiedades de atracción, por ende, los cuerpos magnetizados presentan dos tipos de reacciones, atracción y repulsión, también esto se observa al momento de partir un imán, puesto que inmediatamente

entre estos dos nuevos imanes se inicia la repulsión, demostrando que cada imán adquiere las polaridades y sus características, permitiendo la identificación del norte o el sur magnético de cada uno de ellos, pero mucha veces se confundió con la polaridad geográfica de la tierra.

¿Qué papel jugó el experimento en la interpretación de los efectos magnéticos? ¿Qué condiciones posibilita la relación de las prácticas experimentales con la conceptualización de lo perceptible en el mundo magnético de la materia? Si el espacio entre las interacciones magnéticas entre los cuerpos afecta ¿Cómo se interpretaría tales efectos? ¿Por qué históricamente nunca se llegó a establecer una relación entre el espacio y las fuerzas de repulsión y atracción en los fenómenos magnéticos? ¿Cómo se puede llevar a la práctica experimental los efectos en el espacio de las interacciones magnéticas?, es decir se podría llegar a la conclusión que el espacio es un agente activo en la interacción magnética entre los cuerpos.



**Imagen 11** Terella Gilbert.  
Tomado de <https://blogs.ua.es/cienciarenancientista/2015/12/09/el-magnetismo-de-la-tierra/>

A partir de allí las imágenes que se crean acerca del fenómeno magnético y la concepción de Gilbert de la virtud de los cuerpos de interaccionar magnéticamente con otros objetos, comienzan a generar nuevas reflexiones acerca de las posibles interacciones de los efectos magnéticos con otras manifestaciones físicas de la Naturaleza, “De Magnete”

tuvo gran influencia, no tan sólo por el interés inherente al tema que trataba, sino por el rigor con

el que Gilbert describió sus experimentos y sus objeciones a las antiguas teorías sobre el magnetismo. Gilbert reconoció el legado científico de los trabajos de Pierre de Maricourt e incorporó los experimentos de este científico francés del siglo XIII a su tratado. Pero William fue más allá con posibles formas de medición en relación de la polaridad de la tierra con mediciones angulares que evidencia la brújula imagen 11. De Magnete, por William Gilbert (1600, traducido 1900), mostrando un instrumento para indicar los grados de declinación.

Al considerar que los cuerpos están sobre la superficie de la Tierra, la cual se comporta como un imán, podemos considerar que todos estos cuerpos están permeados por encontrarse en la superficie de la tierra, pero al preguntarse por las proximidades de los cuerpos que están dentro de este cuerpo magnético, ¿qué medio físico permite que haya interacción entre los polos de la Tierra y los cuerpos?, es aquí que el aire, elemento que se encuentra en cualquier lugar, es una pieza importante para ser el indicador magnético, ya que al colocar una brújula le da direccionalidad a las líneas magnéticas que se forman entre los polos magnéticos de la Tierra. Por tal motivo se puede realizar una comparación experimental de lo que sucede entre fuentes magnéticas, limadura de hierro y la brújula. En estos experimentos se puede estudiar los efectos de repulsión cuando se enfrentan dos polos de la misma clase, donde el aire es el medio que siempre va a estar permeando el espacio puesto que este elemento es el único que está en contacto y se puede combinar con cualquier otro medio sin alterar la polaridad de los imanes.

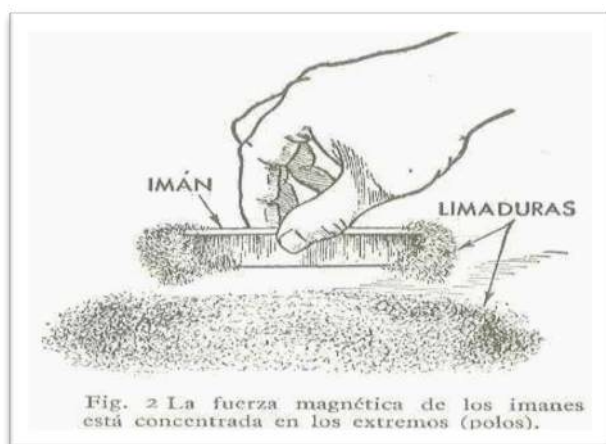
## 2.2. Comprensión de las líneas físicas de fuerzas magnéticas desde Faraday.



**Imagen 12** Actividad experimental en la explicación de los fenómenos magnéticos y eléctricos. Tomado de Royal Institution proceedings, junio de 1852.

Aquellas líneas que se forman alrededor de un imán se expresan desde su “naturaleza, condición, dirección y cantidad de la fuerza”, dentro y fuera del cuerpo magnético, como fue analizado por Faraday en su *Experimental Researches in electricity* donde expone diferentes organizaciones experimentales buscando la posible y probable existencia física de dichas líneas e igualmente también se pretende enfocar en las representaciones de las acciones alrededor de la fuente de poder magnético, que más adelante en la historia de la física se denomina campo magnético. Otra afirmación de Faraday en su texto es que “Muchos poderes actúan manifestantes a distancia, su naturaleza física es incomprensible para nosotros” (Faraday, 1852). La pregunta es ¿qué pasaría con las afirmaciones de Faraday, si no hubiera pensado en las acciones continuas, sino en acciones a distancia?

En la cosmovisión de Faraday, se interpretaba que el espacio que existe entre los átomos no son vacíos, si no, que el espacio entre ellos hacia parte de la interacción y este permite realizar acciones ya no a distancia si no continuas, además de caracterizar el medio físico como parte de las interacciones, es decir, sin la idea de acciones continuas no hubiese podido caracterizar el espacio como un medio físico con comportamientos magnéticos. Es aquí cuando la condición del espacio entre el cuerpo magnético que actúa y sobre el que se actúa o entre dos cuerpos mutuamente actuando toma vital importancia para explicar tales fenómenos. Además, para formalizar las causas de estas acciones que se encuentran en diferentes fenómenos físicos se encontraban, en la época de Faraday, en un debate de las acciones gravitacionales como las causas de las líneas de fuerza magnética, ya que juntas acciones necesitan de un tercer cuerpo entre ellos, que pueda evidenciar los efectos de tales posibles causas, pero Faraday desde su trabajo experimental logra abordar estas discusiones históricas.

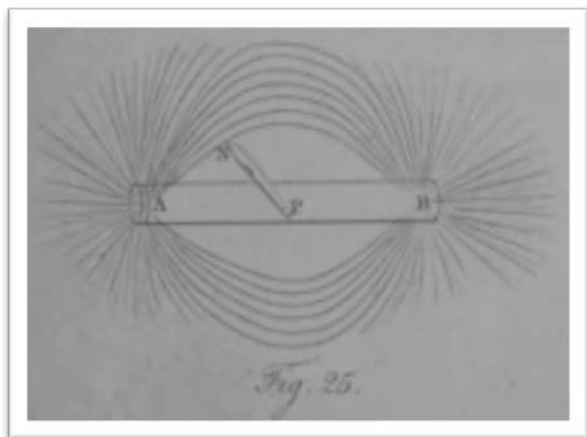


**Imagen 13** Fuerza física magnética. Tomado de <https://miloren.wordpress.com/2013/05/17/el-regimen-magnetico/>

camino, cambiando la dirección; otro ejemplo es con las líneas de fuerza de gravedad, ¿Qué papel juega el espacio entre la fuente de poder gravitacional y el cuerpo afectado? Desde este

Teniendo en cuenta la relación existente que se forma entre la Tierra y el sol, entendido éste último como una fuerza externa, se observan comparaciones entre diferentes fenómenos físicos desde el concepto de fuerza con las líneas físicas magnéticas. Por ejemplo, con las líneas de poder de iluminación del sol, éstas, durante su viaje a la Tierra, pueden ser afectadas por diferentes medios aplicados en el

contexto, se realizaría la explicación en torno a las líneas físicas de fuerza magnéticas entre



**Imagen 14** Representación de fuerzas magnéticas. Tomado de *Experimental Researches in Electricity* Vol. III 1855

cuerpos magnéticos, teniendo en cuenta que se afirma la dualidad de la naturaleza magnética de los cuerpos (presencia de dos polos que hemos denominado polo norte y polo sur) y que es diferente de las discusiones que se dieron de las fuerzas gravitatorias (aquí solo hay atracción) y la polaridad eléctrica (cargas negativas y positivas), es de aclarar, aunque tienen similares

formas de términos, todos son diferentes en su

naturaleza, condición, dirección y cantidad, pero comparten la misma preocupación en torno al medio físico donde ocurren las interacciones, ¿qué relación existe entre la materia y el medio físico?, ¿el medio afecta las polaridades de estas líneas físicas magnéticas?, ¿Las interacciones entre una fuente de poder magnético y cuerpos magnéticos de las mismas características, solo afecta la polaridad de los extremos de estos cuerpos o es que el medio, también es afectado por los cuerpos magnéticos? Esto es lo que le permite a Faraday tener argumentos para seguir avanzando en sus investigaciones, de la experiencia sensible como se evidencia en la imagen 13, donde se evidencia que al poner cuerpos en cercanía a un imán se evidencia que se genera mayor concentración de limadura en los extremos del imán debido a la fuerza magnética, además estas limaduras toman unas formas de líneas que se encuentran permeadas dentro de un medio magnético. Luego, se llega a los fenómenos de atracción y repulsión, al poner en contacto cuerpos magnéticos con polaridades similares y distintas, cambian la dirección de las líneas de fuerza magnética de la materia, por ello Faraday en uno de sus experimentos (imagen 14) ubico



un imán de barra y observó que las líneas de fuerza magnética son curvas cerradas al acercarse a los polos respecto al punto P que se muestran alrededor de un alambre de cobre electrificado, permitiendo interpretar y representar lo que se observó que tomó la orientación N debido al campo magnético, o como se evidenció en la experiencia con una corriente eléctrica y al compararse con el cambio de flujo magnético de un imán identifica que tanto dentro como fuera de este también se presentan la existencia estas líneas magnéticas, aunque aquí no se desconoce el carácter eléctrico todas las explicaciones se darán desde una naturaleza y condiciones magnéticas.

¿Cuáles son las causas por las que las limaduras toman determinadas orientaciones en las cercanías a un imán? no se puede afirmar que solo los imanes tengan magnetismo, la dualidad polar se manifiesta en cualquier cuerpo magnético o magnetizado, como se presenta en la limadura de hierro, que debido a las atracciones magnéticas de cada parte que compone cada una de las líneas, evidencia que estas curvas son acciones continuas que dependen la una de la otra, o lo que le sucede a todos los cuerpos que se encuentran en la tierra, se permean magnéticamente.



**Imagen 15** Fenómeno de atracción. Tomado de <https://www.alamy.es/foto-las-barras-de-iman-con-limaduras-de-hierro-mostrando-atraccion-magnetica-entre-polos-opuestos-31266345.html>

¿Qué describen las formas de estas trayectorias magnéticas? Al interponer diferentes medios en la trayectoria de la fuerza de un imán, vemos que dichas líneas de fuerza como en la imagen

15, pueden presentar desde cambios absolutos, a pequeñas modificaciones o ningún cambio en

sus cantidades y/o direcciones en cercanía o lejanía del imán, lo que genera las siguientes preguntas: ¿qué importancia tuvo su proceso experimental para explicar los efectos observados por Faraday? Establecer diferencias y semejanzas por dirección y cantidad de fuerza en los diferentes materiales y sustancias, al considerar la fuerza, no solamente como una acción a distancia, sino por acciones continuas entre dos imanes en atracción y el medio, por lo cual cuando entra en contacto se permea magnéticamente todo el sistema.

Estas líneas que se forman entre los imanes al estar en cercanía, generan una explicación física a estas líneas curvas, como se mencionó anteriormente, polaridades están relacionadas la una con la otra por las líneas de fuerzas magnética curvas, ya que debido a su poder de atracción y repulsión es imposible que en las proximidades del imán los polos se conecten en línea recta ¿cómo se afectan estas líneas de fuerza magnética al interponer diferentes medios? Desde las experiencias realizadas, se evidencian cambios de forma, dirección y agrupaciones en estas líneas físicas de fuerza magnéticas; en consecuencia se evidencia la construcción fenomenológica de los fenómenos magnéticos que fue un trabajo experimental - conceptual, sus explicaciones fueron desde la observación y argumentos hipotéticos, “debe haber un estado o condición alrededor del imán y sostenidos por el dentro del rango en el cual el alambre fue ubicado y este estado muestra la constitución física de las líneas de fuerza magnética.” (Faraday, 1852), traducción realizada del libro original en inglés. ¿Es decir, Las diferentes configuraciones entre imanes o cuerpos magnetizados constituyen un estado magnético? ¿Este estado magnético se puede describir desde su condición, dirección y cantidad de fuerza?

Para Faraday el estado magnético podría tener una relación directa con la idea de éter como el medio donde ocurren las interacciones entre la luz y el magnetismo o puede depender de un estado de tensión, vibración, la generación de corrientes por cambios magnéticos y requieren una conceptualización de materia, visto desde la teoría corpuscular no es primordial – el éter- para las líneas físicas de la fuerza magnética, pero para el caso de la luz o el calor, si toma un carácter fundamental. Si en la suposición de un éter admitimos que hay una relación directa con la materia entonces se puede establecer esta misma relación directa con las líneas de fuerza; al pensar en este estado y las condiciones en las proximidades de estos fenómenos se plantean diferentes criterios por ejemplo que se puede depender del éter, afirmación que está en debate desde bastantes posturas científicas. Además, según lo que se interpreta en la carta escrita por Faraday a Richard Taylor, en la que se plantean especulaciones sobre la naturaleza de la materia para explicar fenómenos físicos se pone en juego la constitución atómica de la materia y el espacio que se encuentra entre los átomos, es aquí donde se plantea el interrogante, ¿qué compone la materia que puede ser afectada por el campo magnético? En los fenómenos de la luz y de la electricidad, son fenómenos que permiten investigar la relación molecular de los átomos, sin embargo en el estudio de las propiedades magnéticas de la materia y de qué sucede en las circunstancias de un imán, “la materia será un continuo y al considerar una masa de ella no tenemos que suponer una distención entre sus átomos y cualquier espacio intermedio” y el éter el ente que permeaba el espacio en donde ocurren las interacciones, por tal motivo se pensaba que éste era la explicación para sustentar la naturaleza de la materia y de espacio.

Como lo describió Faraday textualmente “Experimentalmente el mero espacio es magnético pero entonces la idea del tal mero espacio debe incluir la del éter cuando uno ésta

hablando sobre esa creencia; o si en lo sucesivo cualquier otra concepción del estado o condición del espacio surge, debe ser admitido en la visión de aquello que ahora solo en relación con el experimento he llamado el mero espacio” tal afirmación permite formalizar los efectos magnéticos desde sus propios criterios, en los cuales no son esenciales sustentar acerca de la constitución de la materia para explicar las líneas físicas de fuerza magnética. Ésta idea de estado magnético toma un giro, no visto como un hecho probado, sino como una recontextualización conceptual y experimental de la idea que el espacio es permeado magnéticamente, entendido como “un estar” del medio físico al cambiar las configuraciones de las polaridades externas, las cualidades magnéticas de los materiales y las cantidades de fuerza magnética de los cuerpos en interacción.

Faraday fue uno de los más ilustres científicos experimentales del siglo XIX. En su organización experimental Faraday conto con el apoyo de la Royal Institution (Institución Real para el Desarrollo de las Ciencias) y de su director Humphry Davy, uno de los científicos más prestigioso de Inglaterra. Faraday escribió notas del curso que llevó con Davy. Llegando a la construcción de la idea de inducción electromagnética y la idea de campo magnético que ya había sido propuesta con anterioridad. ¿Qué relaciones experimentales permitieron la construcción de campo magnético?, Estas ideas iniciales de campo le ayudaron a Faraday a llegar a nuevas reflexiones teniendo claro que los efectos magnéticos en interacción con cuerpos magnetizados afectan la distribución espacial y generan fuerza de atracción y repulsión que cruzan este espacio. Si colocamos en las proximidades de un campo magnético de un imán, un trozo de hierro se observa que las líneas de fuerza del campo sufren una modificación, acercándose al trozo de hierro, que ha sido magnetizado y por lo tanto modifica la distribución

espacial de las líneas de fuerza magnética. Todos estos experimentos, montajes e imágenes explicativas fueron los insumos para reunir en un tercer capítulo del libro *Experimental Researches in Electricity: Series 15-18* [Phil. Trans., 1838-43. Other electrical papers from Quar. Jour. Of science and Phil. Mag.] 1844.

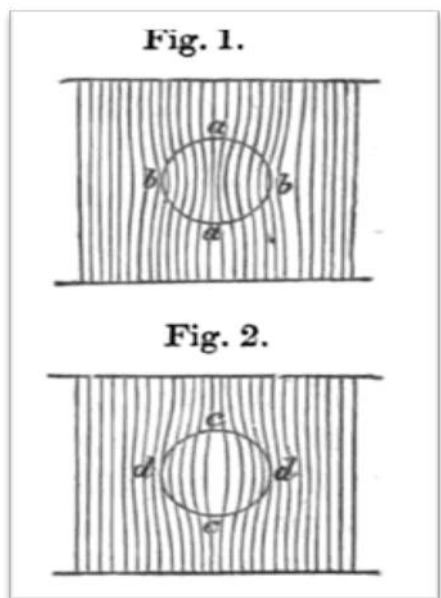
El estudio de la modificación espacial de las líneas de fuerza es lo que vamos a reconocer como permeabilidad magnética. Entonces, el hierro dulce es uno de los cientos de veces más permeable que el aire; para fines especiales se fabrican aleaciones de gran permeabilidad. La permeabilidad es una característica importante en un material, pues cuanto más permeable sea, más intensamente podrá ser imantado. La permeabilidad del hierro permite conservar durante mucho tiempo el magnetismo de un imán, cerrando con un puente de hierro el “circuito” de las líneas de fuerza. Se generan los siguientes cuestionamientos ¿Cómo el campo magnético varia cambiando el medio de interacción? ¿Cómo el campo magnético afecta la distribución espacial de indicadores metálicos, por ejemplo, las limaduras de hierro? ¿Los efectos magnéticos solo se generan en los cuerpos metálicos?

Hasta aquí la historia nos ha contado, como desde cada una de las intencionalidades de los actores del magnetismo y sus posibles organizaciones experimentales, se tiene una perspectiva más global de los efectos magnéticos de los cuerpos ¿los efectos solo se generan en los cuerpos?, pero si analizamos las anteriores imágenes nos fijaremos como no solo los objetos participan en las interacciones, sino además el “espacio” entre ellos comienza a tomar un carácter importante de describir, ¿Cómo cambian los efectos entre el espacio de los imanes?

¿Qué nos indica los efectos en el medio de interacciones? ¿Cómo se pueden interpretar las limaduras de hierro y brújula, desde la idea de medios magnéticos? ¿Qué son los medios magnéticos? ¿Cómo los medios magnéticos caracterizan el fenómeno observado? Debido a que los cuerpos hacen parte de los medios de interacción se entiende como un todo, que depende de las interacciones entre medios magnéticos y esto se puede proyectar a la enseñanza de los fenómenos magnéticos. Para caracterizar los efectos magnéticos desde la perspectiva conceptual y experimental de Faraday, se comienza organizando las prácticas experimentales para trazar una ruta explicativa, donde se ponen en interacción varios medios a cierta distancia.

¿Cuál sería el medio físico si se rechaza la idea de un éter que nombramos anteriormente? ¿Cómo se puede considerar un nuevo medio físico para explicar la naturaleza de las líneas físicas de fuerza magnéticas? En esta ruta Faraday realizó otras organizaciones experimentales. ¿Cuáles criterios se deben formalizar para establecer la idea de estado magnético con la permeabilidad magnética entre cuerpos? Dando respuesta a la primera pregunta, el éter no responde a los cambios magnéticos del espacio, pero el aire si es un medio perceptible de los cambios magnéticos del espacio físico. Ya que uno de sus componentes es el oxígeno, y para “el oxígeno parece ser magnético en el aire común. Si es realmente así, o si es menos diamagnético que el aire (una mezcla de oxígeno y nitrógeno)” (Faraday, 1844).

Si representamos las líneas de fuerza magnética que atraviesan un cuerpo paramagnético dentro de un medio de oxígeno, se observa que dichas líneas de fuerza sufren distorsión hacia el



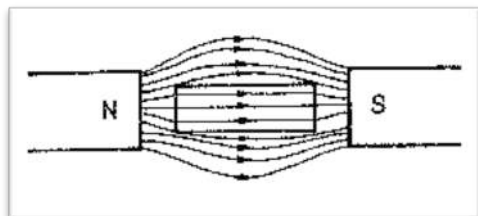
**Imagen 16** Líneas de fuerza magnética en medios físicos. Tomado de Experimental

centro de dicho cuerpo, esto quiere decir que hay mayor aglomeración de las líneas de fuerzas magnéticas hacia la línea que forman a y a Fig. 1 en la imagen16.

El caso opuesto se da cuando se interpone un cuerpo diamagnético dentro de un medio de oxígeno, se observa que dichas líneas de fuerza sufren distorsión hacia afuera de dicho cuerpo, esto quiere decir que la mayor aglomeración de las líneas de fuerzas magnéticas hacia los puntos d y d.

Fig. 2 en la imagen 16.

Una de las primeras configuraciones experimentales de Faraday, determina que los



**Imagen 17** variaciones espaciales magnéticas. Tomado de Experimental Researches in Electricity Vol. III 1855

efectos de la luz en diferentes cuerpos y sustancias dependían de la dirección del campo magnético que cambia al sobrepasar tales medios físicos, ¿Sucederá lo

mismo con las líneas de fuerza magnética? ¿Cómo sería la reacción del medio al interponer diferentes cuerpos? como

se observa en la siguiente imagen, al igual que en la luz,

Faraday dio una interpretación análoga con las líneas de fuerza magnética las cuales cambian de dirección dependiendo del medio y de los cuerpos que las permean, en otras palabras, afectan su estar magnético, como se observa en la imagen 17.

Faraday estableció claramente una clasificación de ferromagnéticos, paramagnéticos y diamagnéticos desde el análisis de la interacción mutua con diferentes fuentes magnéticas, estos efectos, sus polaridades y sus cambios se representan con las líneas físicas de fuerza magnética y los cambios sobre el espacio circundante a las fuerzas magnéticas, hoy llamadas líneas de campo, y no mediante una "acción a distancia". Sin embargo, suponía que el espacio libre era un medio que soportaba las fuerzas y deformaciones que permitían la interacción magnética y eléctrica. Igualmente, las acciones magnéticas presentan curvas para las cuales si tomamos la imagen de la limadura de hierro en interacción con los imanes se puede plantear la pregunta ¿Las imágenes que se generan cómo nos permiten interpretar los efectos?

A estas configuraciones, Faraday las llamó líneas de fuerza magnética, las cuales cambian si se cambia el medio de interacción; en las primeras prácticas se trabajó con el aire, el cual permite la interacción magnética, pero si se cambia este medio las configuraciones hechas con las limaduras de hierro y las orientaciones en una brújula se alteran. Igualmente, en los efectos se logra evidenciar las representaciones de las distintas configuraciones que toman las líneas de fuerza magnéticas, que dependen de cuánto se permea el medio físico al interponer las acciones directas entre cuerpos ferromagnéticos o paramagnéticos, la siguiente imagen permite visualizar como se pensó en aquel tiempo la visión de las propiedades magnéticas de la materia; de los hechos a las ideas en la construcción de explicaciones de los fenómenos físicos.



### 2.3. Formas y representaciones de los efectos magnéticos en Faraday.

Faraday en sus ideas y experiencias construye uno de los modelos más importantes en la historia de la física, las líneas de fuerzas magnéticas, las limaduras de hierro sirvieron para explicar posibles acciones de campo magnético que se generan en el espacio circundante a las fuentes de poder magnético, a lo largo de la historia éste modelo explicativo, fue una muy importante herramienta mental en las investigaciones de Maxwell sobre la naturaleza de la luz. Además, el modelo de las líneas físicas de la fuerza magnética describe la imagen mental que empleó Faraday para reducir las fuerzas a distancia que aparecen en masas, cargas y polos magnéticos a un modelo de fuerzas mecánicas; pero dentro de una fenomenología magnética del espacio físico, el medio físico, es el que permea los cuerpos y las sustancias; además permite estas acciones a distancia entre imanes. En los fenómenos de repulsión y atracción, es el campo magnético el modelo de representación que permite explicar el fenómeno observado desde la experiencia misma, medir la cantidad y dirección de las líneas de fuerza magnéticas y sus variaciones polares. Se demuestra que los experimentos más sorprendentes es el de materializar las líneas de fuerza por medio de limaduras de hierro, siempre nos impresiona y más en los estudiantes ver cómo van colocándose en unos caminos invisibles, pero que sin duda existen.

Por tal motivo es significativo para representar la naturaleza del fenómeno de la permeabilidad magnética y generar ambientes de aprendizaje en el aula, poner en contraste:

- Las condiciones físicas donde se genera interacciones entre fuerzas magnéticas y el análisis espacial del campo magnético mediante diversos montajes e instrumentación.
- El análisis cualitativo de las aglomeraciones cerca de sus polaridades, el comportamiento espacial de las formas de las líneas de fuerza al atravesar distintos cuerpos y sustancias habituales.
- La cantidad, con la medición de una de las propiedades del medio magnético, la cantidad de líneas de fuerza resultantes al atravesar distintos medios realizando analogías angulares y numéricas con magnitudes físicas ya establecidas.
- El análisis cuantitativo, estableciendo una clasificación y ordenamiento de la permeabilidad magnética de cuerpos o sustancias, aprovechando el fenómeno de repulsión y los cambios que se observa en el permeabilímetro, con su métrica.

Faraday piensa que un modelo mecánico y geométrico de los efectos de las fuerzas magnéticas representa el comportamiento de la materia-espacio y sus propiedades, para representar la explicación de este tipo de fenómenos, se debe establecer patrones de medida magnéticos mediante el análisis de algunos indicadores magnéticos, como lo son; las curvas de las líneas de fuerza que toma las formas de la limadura de hierro permeadas por el aire y las orientaciones de la brújula que toman por el comportamiento magnético terrestre y las fuerzas entre sus polos. Esto permite generar procesos de aprendizajes en la enseñanza de las ciencias experimentales, al recontextualizar los saberes; tanto en los docentes, como en los estudiantes y futuras investigaciones en búsqueda de la construcción de fenomenologías de estudio de la permeabilidad magnética y su explicación conceptual se realizan por medio de representaciones

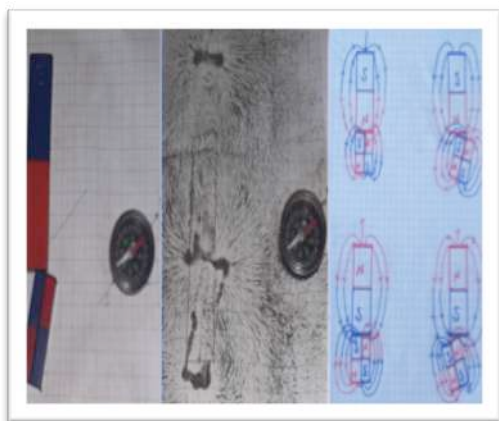
geométricas, que convierte las acciones, en líneas de fuerza y las líneas de fuerza magnéticas en campos.

Por tal motivo, vamos a suponer que las formas de las limaduras de hierro debido a los fenómenos de atracción y repulsión son debidas a la superposición de las líneas de fuerza magnéticas debidas a las polaridades magnéticas inmersas en un medio, Es decir las formas de representación para explicar la permeabilidad magnética es la superposición de las líneas de fuerzas magnéticas en el espacio-medio, donde la curva demuestra los cambio tangenciales de esta superposición respecto a las líneas de campo magnético circundante a la fuente de poder y se pueden medir con los cambios angulares de la brújula, de un péndulo magnetostático calibrado o los cambios de polaridad de la luz al atravesar distintos medios para así analizar las diferencias de comportamiento que llevan a nuevas leyes. Así lo explica en una de sus publicaciones:

No debe suponerse ni por un momento que especulaciones de este tipo sean inútiles, o necesariamente dañinas, en la filosofía natural. Siempre deben considerarse dudosos y susceptibles de error y cambio; pero son ayudas maravillosas en manos del experimentalista y del matemático. Porque no sólo son útiles para hacer que la idea vaga sea más clara para el momento, dándole algo así como una forma definida, para que pueda ser sometida a experimentación y cálculo; pero conducen, por deducción y corrección, al descubrimiento de nuevos fenómenos, y así provocan un aumento y avance de la verdad física real, que, a diferencia de la hipótesis que la condujo, se convierte en

conocimiento fundamental no sujeto a cambio. Moreno G. Fundación BBVA en la escuela, 2015.

Con este razonamiento presenta su modelo de líneas de fuerza que examinamos a continuación, junto con la justificación del mismo.



**Imagen 18** Superposición de fuerzas magnéticas. Elaboración del docente investigador

Como observamos en la imagen 18; primero se generan condiciones experimentales donde se pueda observar y analizar el fenómeno; por medio de los indicadores realizar mediciones cualitativas de los cambios en limadura y en las orientaciones de la brújula. Y así, poder representar geométricamente las

líneas de fuerza magnéticas, con sus debidas polaridades, y por medio de gráficas, colores y formar poder explicar y argumentar el fenómeno observado; de sus efectos. Como se observa en la secuencia 3 de la imagen 18 se realiza su representación, sobre la base de la superposición de las fuerzas magnéticas de cada uno de sus polaridades (rojo y azul) y que depende del tamaño y la cantidad magnética en la fuente magnética, con su debida dirección resultante. Este modelo explicativo, se convierte en una forma de lenguaje científico para entender los comportamientos y los cambios de su permeabilidad magnética del espacio - medio circundante a fuentes de poder magnético.

Partiendo de lo dicho anterior encontramos que Faraday plantea en su libro que

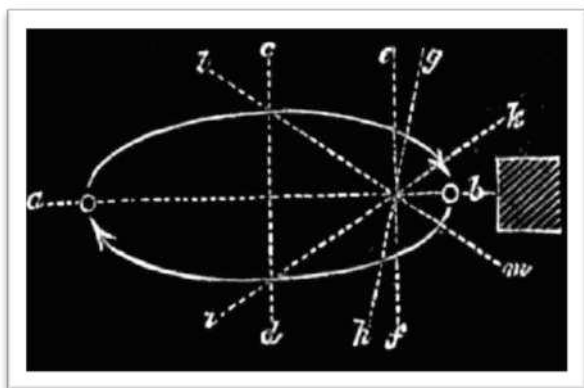
Las líneas físicas de fuerza, al pasar del imán al espacio, presentan una gran variedad de condiciones de forma (3238.). A veces su refracción es muy repentina, dejando el imán en ángulos rectos, obtusos o agudos, como en el caso de un imán de barra duro y bien cargado (Faraday, 1844, p. 127, §3238)

Y continúa afirmando que

...esta refracción de las líneas se ve afectada por la diferencia relativa entre la naturaleza del imán y el medio o espacio que lo rodea; a medida que la diferencia es mayor y, por tanto, la transición es más repentina, la línea de fuerza se dobla más instantáneamente. (Faraday, 1844, p. 127, §3274)

Por ello es muy importante que se realicen las siguientes preguntas ¿estos cambios de las líneas de la fuerza magnética se pueden medir? ¿Qué instrumento me permite medir estos cambios? ¿Qué magnitud es la más adecuada para registrar dichas alteraciones? Todos estos interrogantes se irán resolviendo, en la medida de lo posible durante el transcurso de este estudio histórico crítico.

En la imagen 19 se evidencia que los cambios angulares, también son útiles para la medición de las alteraciones que se presentan en las líneas de fuerza, “los efectos de estas corrientes inducidas en el galvanómetro pueden combinarse u oponerse a los efectos de una polaridad, imagen 19, ya



**Imagen 19** Comportamiento de las líneas de fuerza magnética en el Galvanómetro. Tomado de *Experimental Researches in Electricity* Vol. III 1855

sea ferromagnética o diamagnética” (Faraday, 1844, p. 151, §2677); teniendo en cuenta estas descripciones realizadas por Faraday; se puede establecer una de las primeras relaciones para la medición de la permeabilidad con el uso de los

grados, estos permitirían establecer sus aciertos y sus contras. Uno de sus aciertos fue el identificar y clasificar los cuerpos magnéticos, esto

dependiendo de sus partes si son paramagnéticas o ferromagnéticas y de su función específica; sus contras fueron que complejizaron el fenómeno con la intervención de la fuerza gravitacional y no permite caracterizar las propiedades magnéticas del medio, por este motivo no es pertinente para dar explicación a las alteraciones que sufre el medio.

¿Cuáles materiales se comportan como medios magnéticos? ¿Cuáles medios permiten mayor o menor interacción magnética? ¿Cómo son los efectos cuando se cambia los medios de interacción? ¿Cómo diferenciar los materiales en relación con su comportamiento magnético? Faraday (sobre algunos puntos de filosofía magnética) en sus actividades experimentales aborda la polaridad magnética como punto de partida para explicar las causas que generan los cambios magnéticos en otros cuerpos, (para esta instancia ya se tenía claro que existen cuerpos ferromagnéticos y paramagnéticos).

2449. Aunque la disposición general de las curvas magnéticas permean y rodean nuestro globo se asemeja a las de un imán muy corto y, por lo tanto, dan líneas de fuerza que divergen rápidamente en su forma general, sin embargo, la magnitud del sistema nos impide observar cualquier disminución de su poder dentro de pequeños límites; de modo que probablemente fracasaría cualquier intento en la superficie de la tierra de observar la tendencia de la materia a pasar de lugares de acción más fuertes a más débiles. Teóricamente, sin embargo, y a primera vista, creo que una libra de bismuto o de agua, estimada en el ecuador, donde la aguja magnética no se sumerge, debería pesar menos cuando se lleva a latitudes donde se considera que la inmersión es posible; mientras que una libra de hierro, níquel o cobalto, bajo el mismo cambio de circunstancias, debería pesar más. Si tal fuera realmente el caso, entonces una bola de hierro y otra de bismuto, unidas a los extremos de una delicada viga de equilibrio, deberían hacer que la viga adopte diferentes inclinaciones en diferentes partes de la superficie de la tierra; y no parece del todo imposible (Philosophical Magazine, 1845, vol. XXVII. p. 3)

Faraday organizó diferentes montajes que le permitieron establecer hipótesis sobre la diversidad de comportamientos magnéticos de la materia, pero al caracterizar los cuerpos diamagnéticos sufrió inconvenientes conceptuales con la idea de los cambios de polaridad que generan repulsión en cercanía a una fuente de poder magnético, dualidad magnética, que lo llevaron a replantear sus ideas. Por tal motivo, se refuerza lo expuesto anteriormente y esta explicado por Faraday en su libro *Experimental Researches in Electricity* (Series 15-18 [Phil. Trans., 1838-43. Other electrical papers from Quar jour of science and Phil. Mag.] 1844), esta investigación orienta a Faraday a cambiar no solo su cosmovisión, sino además los instrumentos

de observación, éstos permitieron caracterizar y evidenciar los efectos polares que varían al cambiar las configuraciones experimentales ahora con cuerpos diamagnéticos, se analizaran tres de ellos:

- Estados magnéticos inducidos por un imán potente a cuerpos ferromagnéticos, diamagnéticos y paramagnéticos.
- Cilindro de distintos materiales interpuestos con un fluido magnético, un diamagnético y un cuerpo de prueba polar; estos cilindros podrían contener y variar las sustancias.
- Péndulo magnetostático, permite tener una observación más sensible de las repulsiones entre sustancias magnetizadas y no magnetizadas.

¿Qué sustancias utilizó Faraday que le permitieron llegar a sus reflexiones? ¿Cómo varía los efectos al cambiar los medios de interacción (sustancias y objetos)? ¿Cuál fue el medio base para comenzar a relacionar proporcionalmente? Acá él utiliza un elemento llamado Bismuto, que se consideraba como el menos magnético en la naturaleza y por el contrario generaba repulsiones con algún objeto en cercanía. ¿Cómo afecta el bismuto las acciones magnéticas? Para contestar esta pregunta, sin tener mucho conocimiento en la termodinámica, Faraday observó que el bismuto al ser expuesto a altas temperaturas no pierde por completo sus propiedades magnéticas, sino que conserva parte de ella, propiedad que permite su utilidad en instrumentos para medir campos magnéticos.

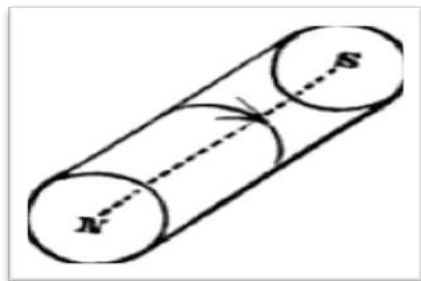


#### 2.4. Comportamiento de las polaridades magnéticas en los materiales.

En las primeras observaciones y descripciones de los efectos con cuerpos diamagnéticos, se evidenciaron estas dos situaciones, en primera instancia no hubo cambios visibles en la forma de las curvas magnéticas en cercanía de una fuente de poder magnético, por otro lado, al interponer cuerpos paramagnéticos como la plata, el plomo y el cobre entre la fuente de poder y el cuerpo diamagnético no se generan los fenómenos de repulsión y/o atracción, debido a estos resultados se realiza el siguiente cuestionamiento, ¿Cuál es la característica de los cuerpos diamagnéticos?

Caso diferente se observó al ubicar el hierro, ya que es un cuerpo ferromagnético y se asocia a una barrera que permite que las líneas de fuerza entren al interior del material, pero no salen de él, como si las líneas de fuerza magnética no lo atravesaran, sino que se distribuyeran sobre toda la superficie, y generaran cambios de direcciones dentro del material, ya que el hierro presenta una alta permeabilidad magnética. Es decir, estas líneas de fuerza magnética varían de cantidad y dirección al permear diferentes medios y a la vez debido a que se pueden superponer líneas de fuerza con igual magnitud se anulan y generan espacios vacíos en el medio, por esta razón no es evidente la interacción cuando atraviesa un cuerpo diamagnético que se encuentra al otro lado del hierro.

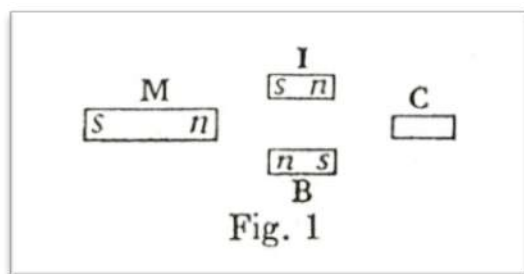
Un cuerpo diamagnético donde se evidencian las líneas de las acciones magnéticas de N a S, la línea que los dos polos puede considerarse como una línea de fuerza magnética; y se traza una línea alrededor del cilindro con puntas de flecha para representar la



**Imagen 20** Rayo de luz por magnetización. Tomado de Experimental Researches in Electricity Vol. III 1855

dirección de rotación que experimenta un rayo de luz por magnetización como se muestra en la imagen 20. Pero al realizar el montaje con un tubo de vidrio y un rayo de luz y asociarlo a comportamientos magnéticos, se observa que la

luz polarizada al tocar el vidrio se propaga paralelamente a las líneas de fuerza magnética, pero al interactuar estas dos fuerzas con los polos de la fuente magnética son opuestos o como en la experiencia con el hierro, en lugar de orientarse al lado opuesto del vidrio, lo hace en la misma dirección que el imán, ya sea cerca de él o en contacto con él con la misma polaridad, entonces, nuevamente, el poder del diamagnético se desvanece, simplemente porque el poder del imán se desvió de él en una nueva dirección. Estos efectos dependen mucho, por supuesto, de la intensidad y el poder del imán, y del tamaño del cuerpo. ¿Cómo es el comportamiento de las polaridades de un cuerpo prueba al interactuar con una línea de fuerza que atraviesa un cuerpo diamagnético o ferromagnético?



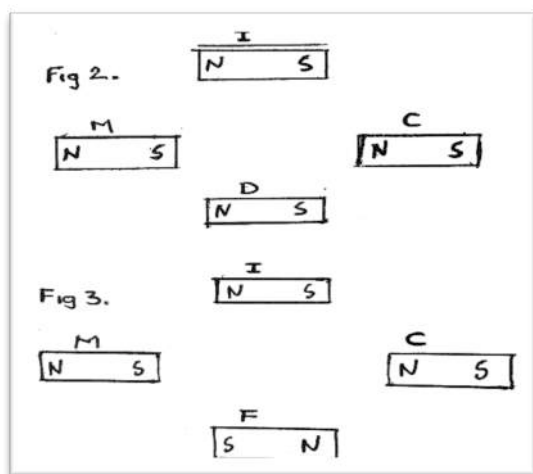
**Imagen 21** Cuerpos magnéticos en interacción. Tomado de Experimental Researches in Electricity Vol. III 1855

Según la imagen 21 se tienen 3 cuerpos en interacción (I, C y B), con una fuente de poder magnético (M) con su respectiva polaridad. Las líneas de fuerzas atraviesan dos cuerpos uno ferromagnético (I) el hierro y otro diamagnético (B) como por ejemplo el bismuto, al tener los cuerpos I y

B en cercanía de un imán M éstos se comportarían como otros imanes tomando una polaridad definida, cumpliendo la dualidad magnética de los cuerpos, también pueden retener su estado

magnético al retirar (M), igualmente actuarían como imanes ante un cuerpo (C) pero en ciertos cuerpos no se cumple (B). Este experimento realizado por Faraday permite establecer que en el Bismuto se genera una polaridad de tal manera que se repele con (M) como se ilustra en la Fig. 1 entre M y B; en cambio la interacción generada entre M e I es continúa lo que le permite convertirse en un solo imán por atracción magnética, es decir el fenómeno de atracción. El cuerpo (C), en cambio, se mantiene neutro ya que está expuesto a los dos fenómenos (atracción y repulsión). Es decir no todos los cuerpos adquieren las mismas polaridades al estar en contacto con una fuente de poder o sus proximidades, si no debido a las características polar de cada cuerpo ferromagnético o diamagnético genera un fenómeno distinto.

Tyndall ha demostrado que la condición magnética del bismuto es exaltada por tal proximidad de cuerpos magnéticos o magnetizados con similar o igual polaridad, pero por la acción en ambos casos debe ser precisamente del mismo tipo y se genera repulsión.



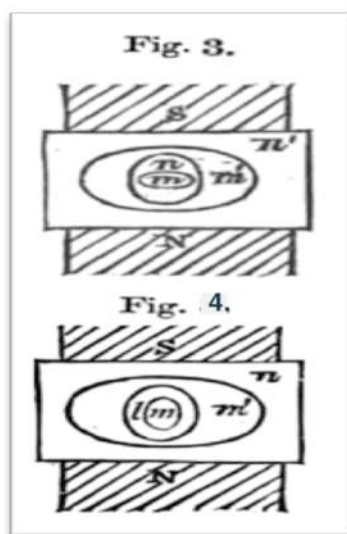
**Imagen 22** Polaridad magnética entre cuerpos. Tomado de Experimental Researches in Electricity Vol. III 1855

Partiendo del montaje experimental de la Fig. 1 de la imagen 21, se realizó otro montaje, imagen 22, cambiando uno de los cuerpos con un cuerpo ferromagnético (D) Fig. 2 y con un paramagnético (F), en la Fig. 3 se evidencia que el tercer cuerpo (C) de la Fig. 2. adquiere las polaridades de la fuente de

poder magnético (I y D) cumple con la ley de

polaridades generando atracción con el cuerpo (C), ya que el cuerpo ferromagnético se comporta como un solo imán, mientras que el cuerpo (F) mantiene por un instante la polaridad S de la fuente (M) y tal vez genere el fenómeno de repulsión por algún instante; como el agua, pero anularía la polaridad magnética del cuerpo (C). Además, se debe tener en cuenta en las anteriores experiencias que al exponer los distintos cuerpos con fuentes térmicas afectaría la interacción entre los cuerpos, como lo es la pérdida de propiedades magnéticas y anulando sus polaridades. ¿Qué sucederá con las polaridades de los cuerpos al interponer distintos materiales entre las distintas interacciones?

En este trabajo experimental de Faraday, los cambios de polaridades magnéticas en los cuerpos dan a entender que no solamente se dan los cambios en cantidad y dirección de las líneas de fuerza magnética al atravesar distintos medios, también describe el comportamiento magnético de la materia. Además éste comportamiento se orientó al estudio del estado magnético por medio de los cambios de las polaridades como se realizó en la Fig. 1, se retomará con el siguiente análisis.



**Imagen 23** Medios físicos en interacción magnética. Tomado de *Experimental Researches in Electricity* Vol. III 1855

Como se evidencia en las figuras 3 y 4 de la imagen 23, se realiza otro montaje experimental, en el cual se usó como instrumentos una placa de vidrio ( $n'$ ), un cilindro de hierro ( $n$ ), un cilindro de bismuto ( $l$ ) y una sustancia ( $m$ ) (agua o aceite) ya no

con cuerpos solidos sino también con fluidos. Encontrando los siguientes resultados, grandes diferencias entre el hierro y el bismuto, es decir entre los ferromagnéticos y los diamagnéticos, se esperaría que los resultados fueran la disminución de acción debido a que las líneas de fuerza magnética atraviesan diferentes medios, pero con el hierro se observa que toma la polaridad de la fuente magnética adoptando cualidades de los imanes, en cambio con el bismuto, la sustancia toma otra polaridad, es decir con la disposición de la figura. 2 se genera el fenómeno de atracción y en la figura 3, el fenómeno de repulsión con la fuente externa.

“Si la polaridad de la masa interna de solución depende de la externa, y no puede ser afectada sino a través de ella, entonces ¿por qué no se admite que el aire y el espacio estén en una relación magnética efectiva con los cuerpos rodeados por ellos?” (Letters, &c. translated. Letter LXVIII, pp. 260-262.)

Para concluir se puede decir que el hierro y el bismuto tienen en común cualidades magnéticas, particularmente en sus polos, es decir, el polo norte del bismuto comparte las mismas reacciones que el polo sur del hierro y de igual forma el polo sur del bismuto con el polo norte del hierro. Además, se evidencia que las curvaturas de las líneas de fuerzas dependen directamente de la polaridad y del medio que rodea, estas a su vez dependen de la permeabilidad magnética que posee cada cuerpo y medio, como se evidencia en los criterios experimentales para realizar las diferentes clasificaciones. Como se mencionó anteriormente una de esas clasificaciones de cuerpos se da dependiendo si se realiza atracción, poca atracción, repulsión y poca repulsión y sin alteración.

A continuación, se mostrarán algunas tablas de clasificación con los diferentes resultados de las actividades experimentales y que le permitió a Faraday y sus colegas seleccionar materiales e instrumentos experimentales para sus montajes. Además, establecieron algunas sustancias y cuerpos como rangos o patrones experimentales que les permitió diferenciar el comportamiento magnético de la materia al exponerla a diferentes acciones magnéticas y a los cambios polares que presentan frente a los distintos cuerpos y sustancias con los que interactúa. Permitiendo una relación de las líneas de fuerza magnética con las propiedades físicas de los medios, y así generar un ordenamiento de cuerpos y sustancias teniendo como criterio los cambios angulares de sus efectos respecto a una fuente de poder magnético y en relación a líneas de fuerza polarizadas producidas por la luz en diferentes medios.

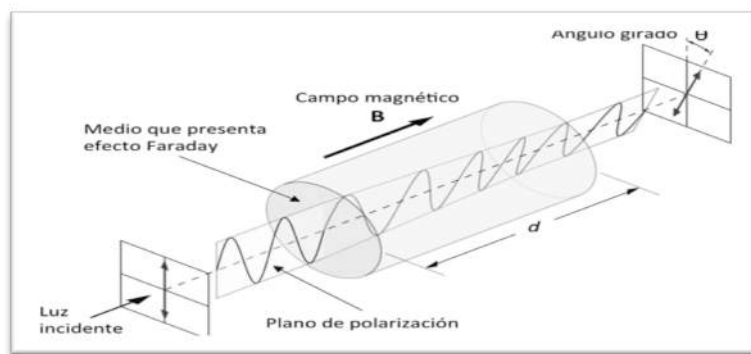
## 2.5. Análisis cualitativo de la clasificación y ordenamiento de los efectos experimentales realizados por Faraday.

En los siguientes análisis se presentan las clasificaciones magnéticas de materiales de la relación cualidad y cantidad, que dan lugar a tablas de clasificación, desde diversas variables magnéticas y con distintos instrumentos de medición generan algunos ordenamientos de sus magnitudes:

CUERPOS DIAMAGNÉTICOS	
COBRE	MERCURIO
PLATA	PLATINO
ORO	PALADIO
ZINC	PLOMO
CADMIO	ANTIMONIO
ESTAÑO	BISMUTO

**Tabla 1** Cuerpos diamagnéticos. Tomada del libro *Experimental Researches in Electricity* Vol. III 1855. Transcripción realizada por el docente investigador.

Clasificación 1: Como se observa en la tabla 1, la acción magnética ordinaria se puede dividir en dos: imanes permanentemente magnetizados e inmutables en su condición, aquellos cuerpos entre los cuales uno es un imán permanente e inmutable, imanes que no presentan un estado magnético propio, reciben y mantienen su estado sólo mientras están en contacto al primero. Esta clasificación ya existía como cuerpos ferromagnéticos y paramagnéticos cuando Faraday realizó sus experimentos, lo cual le conllevó a introducir los cuerpos diamagnéticos en nuevas clasificaciones.



**Imagen 24** Efecto Faraday. Tomado de <https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/49548/1/Faraday-OpenMind-24-08-2015-ESP.pdf>

Clasificación 2: Partiendo del comportamiento del bismuto, se identificaron otros cuerpos diamagnéticos, observándose que la constante en los experimentos de estos cuerpos era el repelerse. Se debe tener en cuenta que en esta

clasificación se dificultó la observación de dichos cambios, debido a que sus efectos eran muy débiles. Aquí, el fenómeno conocido como efecto Faraday o efecto magnetoóptico (1845) [2, 6, 14] permitió ampliar la experiencia sensible, debido a que las líneas de fuerza magnética al no ser observables por los sujetos hacen difícil sus explicaciones y mediciones. Por tal motivo, por medio del montaje experimental que se expone en la imagen 24, mediante su modelo explicativo, tuvo la necesidad de relacionar los fenómenos magnéticos con la torsión de la luz, el cual es un fenómeno óptico, utilizando el plano de polarización de la luz en el aire como representación y sus efectos observables en el lenguaje permite las anteriores relaciones. Esta nueva experiencia

permite la medición de los cambios angulares de una luz incidente al atravesar medios ferromagnéticos, paramagnéticos y diamagnéticos.

Clasificación. 3: En la tabla 2 se encuentra la clasificación angular de menor a mayor grado del ángulo girado al interponer algunos metales diamagnéticos en presencia de un campo magnético; para realizar la siguiente organización, se vio la necesidad de recontextualizar nuevas experiencias no directamente ligadas a la interacción entre imanes y tener en cuenta otras variables, como lo es el ángulo de giro del plano de polarización que se genera en la polarización lineal de la luz al atravesar los siguientes medios que permean magnéticamente las interacciones de la luz y un campo magnético externo en la dirección de propagación de la luz.

CAMBIO ÁNGULAR DE LA LUZ AL ATRAVERZAR LOS SIGUIENTES CUERPOS			
COBRE	63°	HIERRO	18°
PLATA	61.9°	PLATINO	16.9°
ZINC	31.5°	PLOMO	12.1°
ESTAÑO	19.1°		
<b>Philosophical Transactions, 1832, pp. 179-182</b>			

**Tabla 2** Cambios angulares magnéticos. (Royal Institution, Nov. 27, 1845) (Imagen 2340: v. Action of magnets on the magnetic metals and their compounds.) Transcripción realizada por el docente investigador.

Una de las conclusiones conceptuales que surgen de esta organización experimental es que se observa un giro en el plano de polarización de la luz y que ese ángulo girado es proporcional al campo magnético aplicado y a la distancia recorrida por la luz dentro del material. Con esto, es claro que la fuerza magnética y la luz estaban relacionadas entre sí y demostraban que el fenómeno de la luz se relacionaba con la electricidad y el magnetismo.



Faraday llegó a escribir en relación a este fenómeno que dos fuerzas de la naturaleza se pueden explicar con un mismo lenguaje.

ORDENAMIENTO DE CUERPOS RESPECTO AL ÁNGULO DE POLARIZACIÓN DE LA LUZ EN EL AIRE	
DEL MENOS AL MÁS MAGNÉTICO	DEL MENOS AL MÁS DIAMAGNÉTICO
OSMIO	WOLFRAMIO
PLATINO	IRIDIO
PALADIO	RODIO
TITANIO	URANIO
CERIO	ARSENICO
CROMO	ORO
MANGANESO	COBRE
COBALTO	PLATA
NIQUEL	PLOMO
<b>HIERRO</b>	MERCURIO
	SODIO
	CADMIO
	ESTAÑO
	ZINC
	ANTIMONIO
	<b>BISMUTO</b>
0°	

**Tabla 3** Ordenamiento por ángulos de polarización. (Imagen 2399: v. Action of magnets on the magnetic metals and their compounds.) (Royal Institution, Philosophical Magazine, 1845, vol. xxvii. p. 3) transcripción realizada por el docente investigador.

Clasificación. 4: Se puede interpretar en la tabla 3 uno de los primeros ordenamientos que se realizó del menor al mayor cuerpo magnético y diamagnético, respecto al ángulo de polarización de la luz en el aire (0°) evidenciando que el hierro es el cuerpo con mayor magnetismo y el bismuto es el elemento más diamagnético de la naturaleza, su objetivo principal es comparar los cuerpos diamagnéticos con cuerpos magnéticos respecto a las líneas de fuerza magnética que atraviesan estos mismos, en cuanto a las intensidades de la atracción y repulsión entre ellos en presencia de un cuerpo de poder magnético al atravesar un medio físico; por último, los cambios angulares de las líneas que se observan sobre el espacio después de atravesar los medios respecto a la dirección que toman estas líneas de fuerza magnética de un patrón magnético, esto permite un posible ordenamiento respecto a un patrón o punto medio que puede ser un metal o una sustancia indiferente a la fuerza magnética; en cuanto a la atracción o a la repulsión en el aire o en el espacio de quien tiene que presentar mayor o menor permeabilidad magnética ( $\mu$ ), en lo que respecta a su relación con la fuerza magnética y el ángulo de torsión al atravesar diferentes cuerpos y sustancias. Cuantas más sustancias se coloquen desde este punto,

más distintivos son en cuanto a su atracción o repulsión por el imán. Sin embargo, es muy probable que este orden resulte inexacto mediante una observación más cuidadosa.

ORDENAMIENTO DE CUERPOS RESPECTO AL ÁNGULO DE POLARIZACIÓN DE LA LUZ EN EL AIRE	
0°	HIERRO
	NIQUEL
	COBALTO
	MAGNESIO
	PALADIO
	VIDRIO OPTICO
	CROMO
	PLATINO
	OSMIO
	AIRE Y VACIO (PATRÓN DE MEDICIÓN)
	ARSENICO
	ETER
	ALCOHOL
	ORO
	AGUA
	MERCURIO
	VIDRIO
	ESTAÑO
	VIDRIO TEMPLADO
	ANTIMONIO
FÓSFORO	
BISMUTO	

**Tabla 4** Nuevo ordenamiento angular de polarización. Tomada del libro *Experimental Researches in Electricity* Vol. III 1855. Transcripción realizada por el docente investigador.

Clasificación. 5: Se observa en la tabla 4 que se reorganizó el ordenamiento, los anteriores cuerpos y elementos tales como oxígeno, cobre, agua, bismuto y materiales que en la época industrial y científica jugaron parte fundamental en la explicación de fenómenos físicos y químicos, usando los mismos criterios y variables del efecto Faraday, estableciendo una perspectiva más generalizada de las relaciones magnéticas y diamagnéticas de la materia a una mayor o menor facilidad de permear el espacio con respecto a las acciones magnéticas de la luz en el aire, como los cambios de direccionalidad de las líneas físicas de fuerza magnética entre polaridades magneto-óptico al atravesar distintos medios; tales como los metales, líquidos y gases o en algún estado aún insospechado. Porque Plücker “ha declarado claramente como el hecho, que la fuerza diamagnética aumenta más rápidamente que la fuerza magnética, cuando

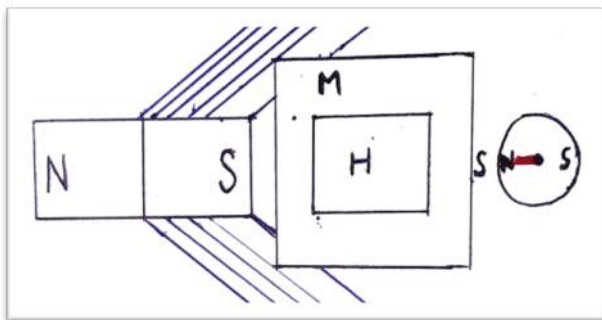
aumenta la potencia del imán dominante; y tal hecho es contrario a la ley arriba enunciada”.  
(Memorias científicas de Taylor, vol. v. págs. 713, 730)

Clasificación. 6: Ahora, podemos observar una medición angular más detalla, tabla 5, con elementos que utilizo Faraday en su espíritu químico, que en todos ellos, aunque el grado de acción puede diferir, sigue siendo siempre el mismo en especie “efecto Faraday”, demostrando el poder rotativo sobre el rayo de luz al atravesar estos medio y además, la dirección de la rotación es, en todos los casos, independiente de la naturaleza o estado de la sustancia, y depende de la dirección del campo magnético.

CLASIFICACIÓN DE PERMEABILIDAD MAGNÉTICA			
MUNICIÓN DE COBRE	134.23°	ALCANFOR	82.59°
OXIGENO	17.5°	COMBUSTIBLE DE LÁMPARA	82.96°
AIRE	3.4°	ACEITE DE LINAZA	85.56°
GAS SUAVE	0.6°	ACEITE DE OLIVA	85.6°
NITRÓGENO	0.3°	CERA	86.73°
VACIO	0°	ÁCIDO NÍTRICO	87.96°
GAS DE ÁCIDO CARBÓNICO	0°	AGUA	96.6°
HIDRÓGENO	0.1°	SOLUCIÓN DE AMONIACO	98.5°
GAS DE AMONIACO	0.5°	BISULFURO DE CARBONO	99.64°
CIANÓGENO	0.9°	SOL. SAT. DE NITRO	100.08°
VASO DE VIDRIO	18.2°	ÁCIDO SULFÚRICO	104.47°
ZINC	74.6°	AZUFRE	118°
ETER	75.3°	CLORURO DE ARSÉNICO	121.73°
ALCOHOL, ABSOLUTO	78.7°	FÓSOFORO	136.6°
ACEITE DE LIMONES	80°	BISMUTO	1967.6°

**Tabla 5** Clasificación de permeabilidad magnética. Tomada del libro Experimental Researches in Electricity Vol. III 1855. Transcripción realizada por el docente investigador.

Clasificación. 7 clasificación de la permeabilidad magnética a partir de las experiencias realizadas en este trabajo.



**Imagen 25** Interacción magnética entre materiales e indicadores magnéticos. Autoría del docente investigador.

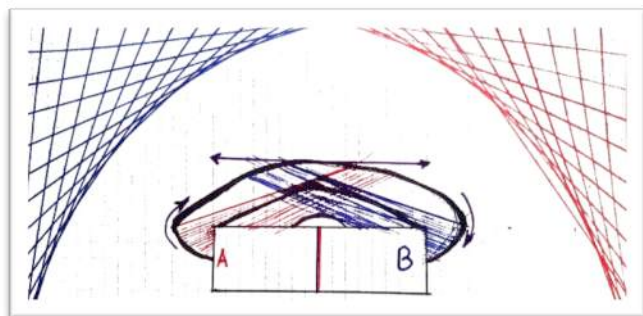
La siguiente clasificación surge al analizar los efectos del montaje de la imagen 25, donde el cuerpo (H - limadura de hierro) que se encuentra dentro de un medio ferromagnético, limadura de hierro (M) no evidencia ninguna actividad de atracción o repulsión o cambio de forma, sabiendo que el

medio donde se encuentra el cuerpo debería magnetizarse con la polaridad de la fuente de poder magnético (S) por su proximidad, pero si se evidencia cambio en la brújula que se ubicó al otro extremo de la fuente (N), evidenciado que la aguja imantada tomó una polaridad contraria a la polaridad de la fuente, pero aquellas líneas de fuerza magnética atraviesan el medio como se muestra en la imagen. Entonces, ¿Por qué no hubo cambio en el cuerpo dentro del medio magnético? ¿Qué sucedió con las líneas de fuerza magnética cada vez que atraviesan el medio? ¿Qué polaridad adquiere el cuerpo dentro del medio (M)?

Se describió el comportamiento de los medios magnéticos como fue con (M) con un nuevo concepto de permeabilidad magnética, que depende del medio si se permea en la interacción, poco permeable o no permeable según los efectos dentro de un tercer medio magnético y dependiendo los indicadores escogidos con anterioridad (Brújula y Limaduras). En el capítulo 3 se profundizará más sobre esta clasificación, con criterios cualitativos y cuantitativos que se sintetizarán en una tabla con los criterios trabajados hasta ese momento y con base en los montajes experimentales realizados.

## 2.6. Líneas curvas de fuerza magnética: formas, direcciones y densidades.

En principio Faraday se contentó con dibujar las curvas y enunciar sus conceptos elaborados desde su experiencia: Un imán situado en el espacio, alejado de campos magnéticos, produce líneas de fuerza o de campo que salen por el polo norte del imán y entran por el polo sur. Estas líneas se colocan unas sobre otras de manera que llenen ordenadamente todo el espacio, sin dejar espacios entre ellas y de manera que se pueda comprender sus diferentes representaciones de las relaciones entre las líneas de fuerza con la idea de la permeabilidad magnética del espacio donde se representarían estas formas, concentraciones y mediante una brújula, su direccionalidad.

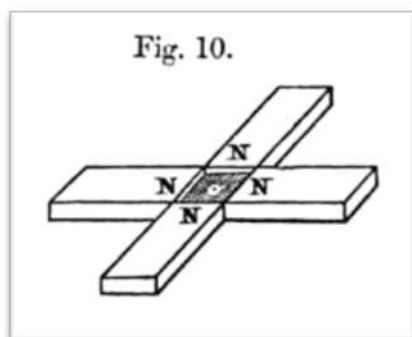


**Imagen 26** Representación de las curvas magnéticas. Autoría del docente investigador

La idea representativa de la superposición de las líneas de fuerza magnética que consideró incluye en ella el pensamiento de la curvatura de estas líneas imagen 26, no como una noción meramente conveniente que hace más manejable la idea de

las líneas, sino como la magnitud que permite evidenciar los cambios del espacio en presencia de un campo magnético. Estas representaciones permiten que la curvatura dependa de la permeabilidad magnética alta, media o baja del medio. Además, un instrumento como la brújula con sus orientaciones de una aguja ferromagnética permite observar los cambios polares magnéticos en cada configuración que toman estas curvaturas y con respecto al experimento, por los numerosos resultados proporcionados durante las acciones mutuas de los imanes y los

cuerpos magnéticos y los fenómenos entre cuerpos ferromagnéticos y diamagnéticos como parte de distintos medios físicos



**Imagen 27** Representación espacial en repulsión. Tomado de *Experimental Researches in Electricity* Vol. III 1855

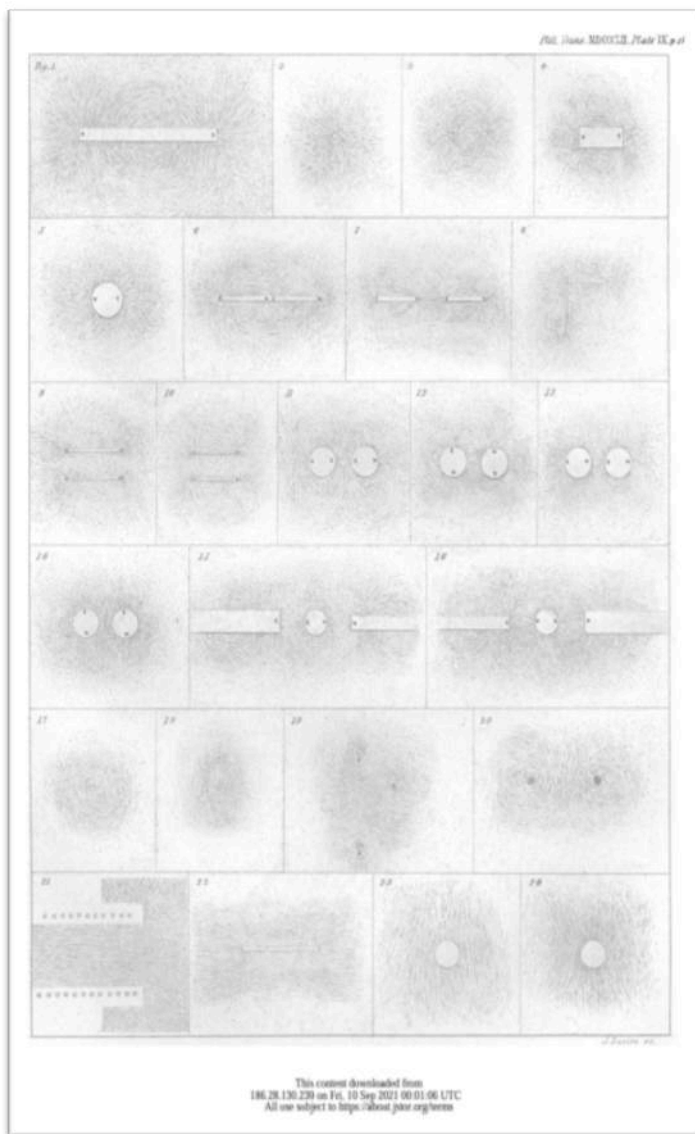
¿Qué forma toman las líneas curvas de fuerza magnética y entre los imanes? ¿Qué describe los espacios con acumulaciones y los que presentan vacíos? ¿Qué relación existe entre los efectos y los sustentos conceptuales de Faraday? Faraday realiza montajes experimentales donde busca caracterizar el espacio magnéticamente con la curvatura que se generan entre las líneas de fuerza magnética de cada polo, ubica cuatro imanes de barra de acero simétricamente uno respecto al otro (Imagen 27), cada uno de ellos de 8 cm de largo, 2 cm de ancho y 0,5 cm de grosor. Se unen con similares polaridades como se muestra en la imagen, forman una cámara cuadrada plana en el mismo plano que el de los imanes, los efectos observables dentro de la cámara nos orientarán a interpretar el espacio con las configuraciones que se forman en presencia de cuerpo con permeabilidad como lo es la limadura de hierro. La superposición de las líneas de fuerza debidas a que se encuentran con similares polaridades tienden a dispersarse en líneas curvas tangentes a la dirección de las líneas de fuerza, por este motivo genera en el espacio la figura que es la representación que la permeabilidad magnética dará cuenta de sus explicaciones; y si luego se retiran las limaduras y se sigue la indicación del curso de las líneas con una pequeña aguja magnética, se encontrará que las líneas se elevan hacia arriba desde este plano de arriba y descienden desde abajo, y luego se vuelven hacia su curso en el espacio libre encima y debajo de la disposición hacia los polos S de los diferentes imanes.

¿Qué forma toman las líneas curvas de fuerza magnética y entre los imanes? ¿Qué describe los espacios con acumulaciones y los que presentan vacíos? ¿Qué relación existe entre los efectos y los sustentos conceptuales de Faraday? Faraday realiza montajes experimentales donde busca caracterizar el espacio magnéticamente con la curvatura que se generan entre las líneas de fuerza magnética de cada

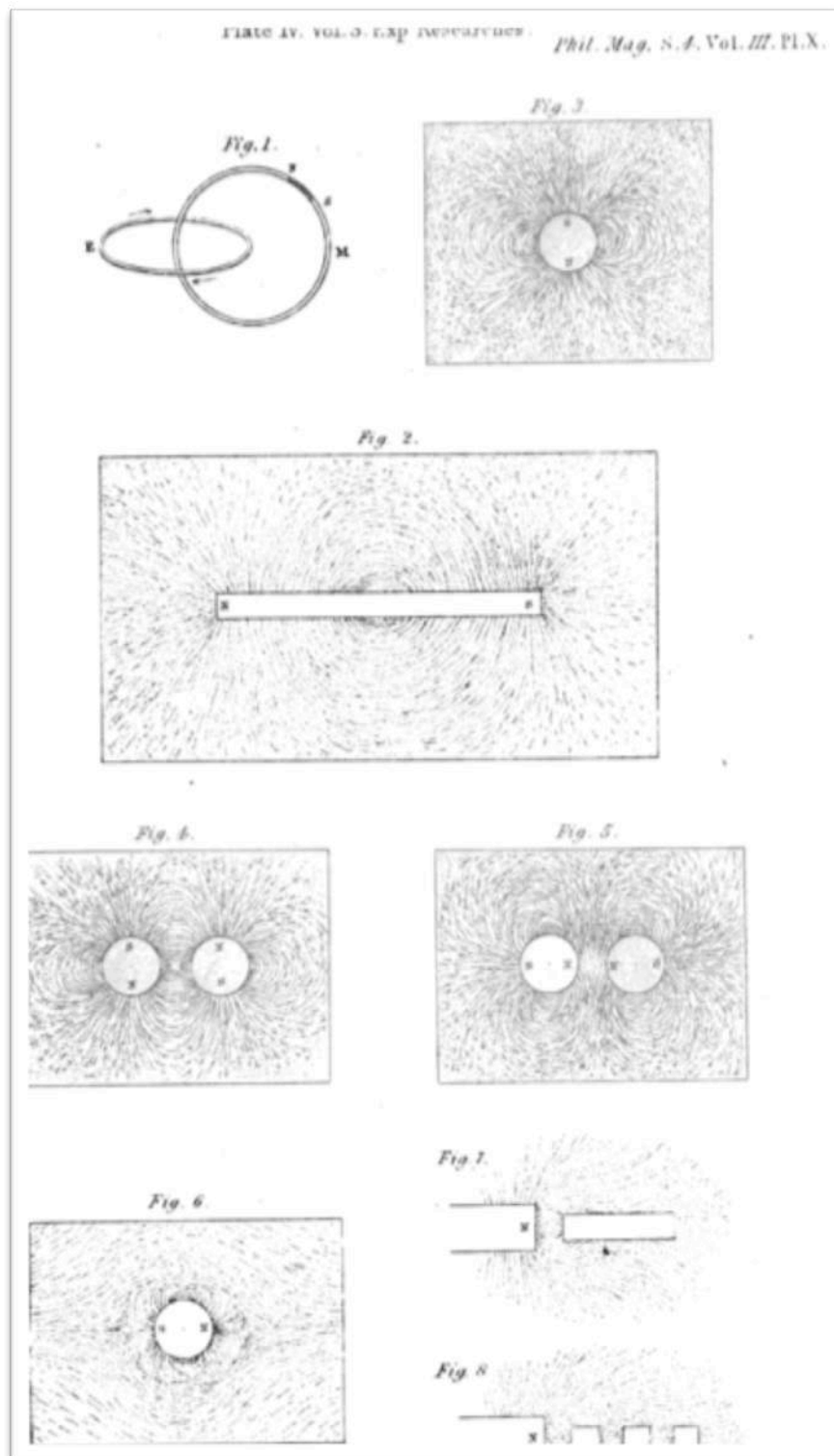
A continuación, encontraremos los montajes experimentales realizados por Faraday para determinar las diferentes formas y densidades de las líneas de fuerzas usando diferentes tipos de imanes, combinando sus formas y tamaños. Imágenes que permite construir explicaciones para llevar ese tipo de actividades experimentales al aula y ser el punto de partida para compararlos con los montajes que se realizaron durante el desarrollo de esta investigación, y su caracterización de cambios espaciales de formas, concentraciones y direccionalidad de las curvaturas de las líneas de fuerza magnética en interacción con diferentes medios físicos.

Para culminar este estudio histórico-crítico es pertinente quedarnos con las siguientes imágenes 28 y 29 que ilustran la comprensión que presentaba Faraday por las propiedades magnéticas del espacio físico en su naturaleza,

condición, cantidad y dirección de las líneas físicas de fuerzas magnéticas.



**Imagen 28** Actividad experimental de M. Faraday. Tomado de *Experimental Researches in Electricity* Vol. III, 1855.



**Imagen 29** Líneas de fuerza magnética Faraday. Tomado de Experimental Researches in Electricity Vol. III 1855



## 2.7. Reflexión de la perspectiva histórica-experimental de la permeabilidad magnética de los medios físicos.

Después de un análisis histórico de los diálogos y saberes que se han difundido al transcurrir del tiempo, del estudio histórico de la actividad experimental del medio o campo, como agente activo de la interacción magnética, donde se establecen algunas conexiones fenomenológicas. La primera, es la visualización de nuevas perspectivas de análisis; la segunda, la que deslumbra una organización experimental que no solo permite construir una formalización del fenómeno, sino que en sí misma recontextualiza los saberes acerca de la naturaleza del fenómeno magnético. Esto permitirá, igualmente al sujeto que se encuentra dentro del sistema de las conexiones ampliar la experiencia sensible algo conmensurable, no desde el formalismo sino desde las relaciones y comparaciones de la misma experiencia, visualizándose nuevas problemáticas a la comprensión de los fenómenos físicos.

Los siguientes son algunos aspectos que se han encontrado en la actividad experimental de los sujetos, que permite establecer una organización de los fenómenos magnéticos, la ampliación de la experiencia y la actividad experimental; las primeras interpretaciones de las causas de los efectos magnéticos entre materiales, fue concebir las acciones magnéticas como una acción propia de los Cuerpos Magnéticos, desconociendo que las causas no solo se presentan desde la acción de los cuerpos, sino que verse afectado por la presencia de otro objeto produzca cambios que no se tenían en cuenta. Es aquí, que se comienza hablar no solo de una acción, si no es la interacción entre los cuerpos que podrían explicar las causas de los efectos representados. Comienza la comprensión de la Interacción Magnética en los diferentes medios.

Pero como se evidencio en el dialogo experimental histórico del inicio, se evidenció como en el camino de la construcción de la idea de un mundo magnético, donde los cuerpos sufren cambios, Faraday (Siglo XVII) y sus antecesores querían llegar a la idea de un todo en donde cada parte, de ese todo, es afectado en su configuración, donde los cuerpos dejan de ser cuerpos y ahora son medios en donde se generan las interacciones y surgen cambios espaciales, varia medios y sus efectos cambiaran, por tal motivo las formas de representar el fenómeno se amplía. La idea de este camino es llegar a la idea del causante de tal interacción dentro medios físicos; podríamos llamarla Permeabilidad Magnética.

- Polaridad Magnética
- Líneas de Fuerza Magnética
- Medios físicos magnéticos

Por tal motivo en el estudio de la permeabilidad, el lenguaje más entendible es su caracterización fenomenológica, permitiendo establecer diversas categorías y recontextualizar sus relaciones de saberes, teniendo en cuenta, primero, que todo un contexto histórico donde se seleccionan algunas problemáticas que direccionan el camino a su solución por medio de un contexto experimental, donde para los sujetos cognoscentes les permitirá poner en juego un contexto conceptual el cual para la enseñanza de las ciencias se convierten en una dependencia directa.

*¿Cuál fue la concepción de mundo que influye en la exploración de la idea permeabilidad magnética desde un método experimental de los efectos magnéticos que hace Faraday?*

La siguiente organización experimental surge del análisis y de las diferentes reflexiones de la naturaleza de la interacción magnética entre medios. La cual cada parte del todo tiene una explicación fenomenológica de sus causas y la cual me permite construir y recontextualizar el saber que se ha desarrollado de la permeabilidad magnética:

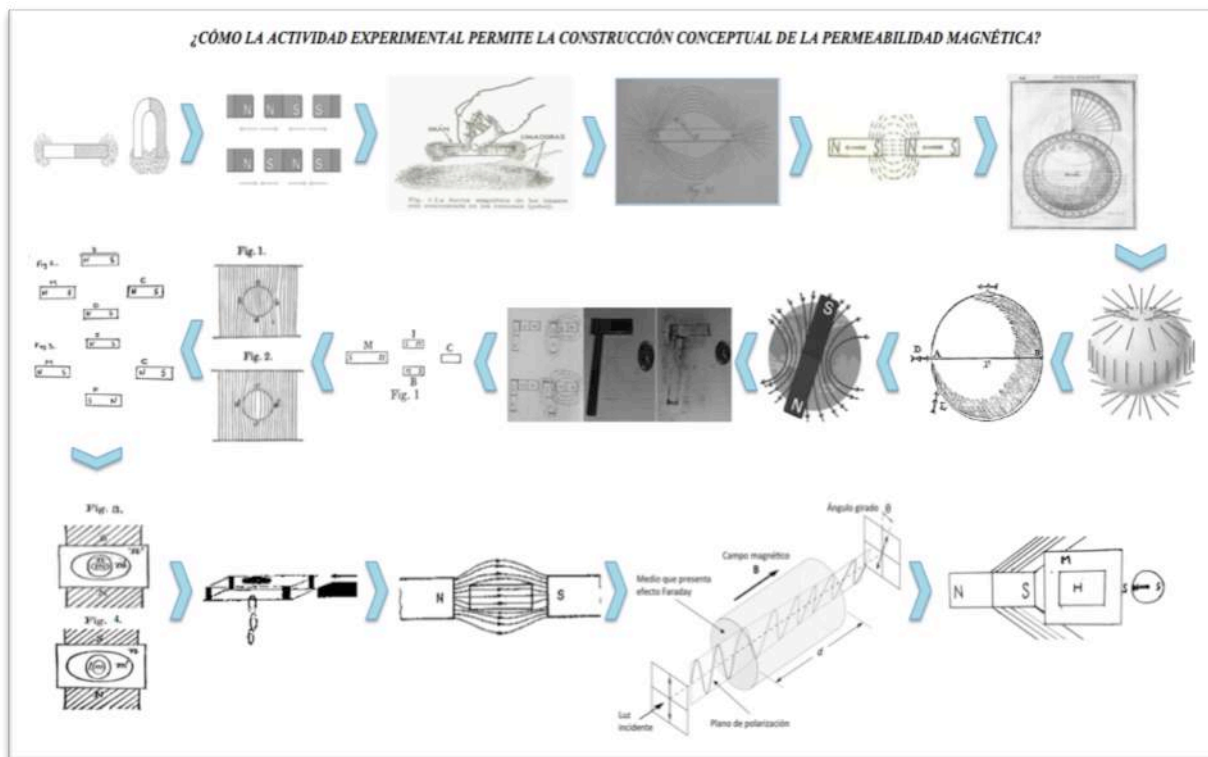
Pero desde este análisis donde en la actividad experimental donde se encuentra la explicación de los efectos de la permeabilidad magnética de los medios, que se encuentra también importante los diferentes instrumentos experimentales que me permite construir una magnitud y sus indicadores y relaciones. En la búsqueda de la comprensión de los fenómenos físicos se deben realizar estudios contextualizados de las relaciones explicativas y de los criterios de validación que se dieron en diferentes momentos, identificando problemáticas particulares de organización de las cualidades, construcción de magnitudes y escalas de medición de fenomenologías física como los fenómenos magnéticos. Para esto, se tendrá como punto de partida las tablas de clasificación, organización y reorganización como criterio de medida; los cambios de líneas de fuerza magnética en el espacio, dependiendo de la permeabilidad magnética del medio.

Esta fenomenología establece un estudio de caso, el cual se realiza con el análisis histórico-crítico de textos originales, evidenciando y estructurando problemáticas que generan

nuevas concepciones del fenómeno y criterios de organización experimental en la enseñanza de las ciencias. Para luego, construir unidades o módulos que orientaran la comprensión fenomenológica por medio de conceptualizaciones que permite elaborar problemáticas, permitir la explicación de la permeabilidad como una magnitud física, donde se permite también calificar y caracterizar el papel que desempeña la organización de la experiencia en la enseñanza de los fenómenos magnéticos y el acercamiento por parte de los estudiantes a la idea de permeabilidad magnética.

Se pretende abordar ciertas prácticas experimentales donde se ponga en juego las concepciones que se han construido a través de la historia de la ciencia y más específicamente del electromagnetismo; donde se afirma la existencia de un campo magnético, la cual en la bibliografía en ciencias muchas veces se formaliza desde formulación de un algoritmo matemático donde se establece relaciones entre variables las cuales no hay una referencia de las soluciones de los problemas teórico experimentales que se establecieron para su construcción. Aquí podremos afirmar que el trabajo que se desarrollaron para establecer el concepto de campo se originó desde la interpretación de los efectos de diversas prácticas donde se ponían en juego propiedades magnéticas en interacción con varios medios o por ejemplo la construcción de la ecuaciones de Maxwell donde fue reunir en estas ecuaciones largos años de resultados experimentales, es decir la construcción del concepto de campo magnético se estableció por medio de las practicas experimentales las cuales en la bibliografía se encuentran desarticuladas o no se tiene en cuenta la integración de las diversas concepciones de los efectos magnéticos y eléctricos que se han formulado durante la historia de la física y que no se trata de contradecir otras concepciones fenomenológicas, sino que por lo contrario, es la forma de demostrar que

existen diversas rutas de explicación a la interpretación de nuestro mundo (realidades) y su naturaleza (real).



**Imagen 30** Organización experimental de la permeabilidad magnética. Elaboración del docente investigador con las imágenes ya mencionadas.

Es en la organización intencionada de varias prácticas experimentales como se observa en la imagen 30, la construcción de magnitudes y la manipulación y creación de nueva instrumentación, permitiera evidenciar y medir los efectos magnéticos de las interacciones que se pueden construir explicaciones de la naturaleza de los fenómenos magnéticos, las cuales son constructos humanos igualmente a partir de las imágenes de realidad que se van venido estableciendo en la sociedad; se han transformado. Por tal motivo es necesario que el hombre de ciencia comience a establecer relaciones y diálogos entre las diversas concepciones históricas,

teóricas y experimentales donde subyace la construcción de la idea de campo magnético, con una actitud crítica, estableciendo nuevas rutas explicativas del fenómeno magnético o demostrando relaciones entre ellas mismas, generando que el sujeto, identifique ambientes problemáticos que se generan en la práctica experimental, reorganizada desde las interpretaciones diversos actores de ciencia que han trabajado en la construcción del campo magnéticos y la importancia de la actividad experimental en la reconstrucción de saber, en torno a la naturaleza magnética de la materia, ¿Cuáles son los aspectos fenomenológicos que se puede evidenciar en el estudio histórico crítico de los fenómenos magnéticos y la concepción de campo?¿Qué papel juega la actividad experimental en la construcción del fenómeno magnético? ¿Qué condiciones posibilita la comprensión del campo magnético en estudiantes, a partir de sus efectos?

## CAPITULO 3

### **3. CARACTERIZACIÓN FENOMENOLÓGICA DE LA PERMEABILIDAD MAGNÉTICA: MAGNITUD FÍSICA E INSTRUMENTO PARA SU MEDICIÓN.**

En este capítulo se desarrollará la fenomenología experimental, la construcción de una magnitud y la medición de las variaciones de las propiedades magnéticas del espacio-medio, donde ocurren las interacciones entre distintos materiales dentro de diferentes medios, generando cambios en el espacio circundante debido a las líneas de fuerza magnética que se permean magnéticamente por campos magnéticos externos, es decir, la repulsión y atracción que se pueden observar depende del medio de donde se genere, el cambio más visible se obtiene en el fenómeno de la repulsión donde dos cuerpos con la misma polaridad generan un distanciamiento que es medible, esto teniendo como punto de partida para la medición el aire, y las variaciones que sufren cuando se interpone un medio con características particulares, en comparación con los comportamientos entre imanes inmersos en el aire; estos efectos se ven afectados por otro tipo de fenómenos diferentes a los magnéticos. Partiendo de estos diferentes análisis y teniendo en cuenta la disposición y el comportamiento magnético se construyó el permeabilímetro que permitirá plantear diferentes variables de clasificación y ordenación de algunos cuerpos y sustancias, mediante la magnitud física construida; la permeabilidad magnética.

Teniendo como punto de partida el mundo electromagnético y también los trabajos de algunos autores como De Maricourt, Gilbert y Faraday, que contribuyeron con los planteamientos matemáticos de Maxwell sobre electromagnetismo, se ha estudiado el cambio histórico del concepto de permeabilidad magnética a la propiedad del espacio-medio;

actualmente se encuentra sistematizada en diferentes algoritmos, pero al replicar o realizar diferentes actividades experimentales tal como lo plantea Faraday, se evidencia que la permeabilidad magnética culmina con una formulación matemática, pero no parte de esta formulación, sino que se requiere profundizar en el estudio de sus características, efectos y disposiciones experimentales.

*¿Cuál fue la concepción de mundo que influye en la exploración de la idea experimental de la permeabilidad magnética?*



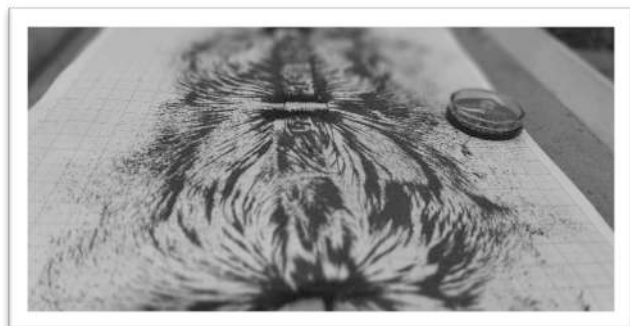
**Diagrama 3** Fundamentos fenomenológicos de Faraday. Elaboración del docente investigador.

Es aquí, diagrama 3, donde se proponen criterios conceptuales para alimentar las bases fenomenológicas de la permeabilidad magnética, donde se tiene en cuenta el estudio histórico crítico de aquellas actividades experimentales y más que esto, el análisis de las problemáticas que llevaron a los científicos a deslumbrar el mundo magnético y sus interacciones; por tal



motivo se evidencia una organización experimental para llegar a la construcción de diferentes artefactos, que permiten visualizar un indicador neutro, ya que este no es afectado al exponerse a los diferentes cambios magnéticos, en este caso el aire, que puede representar sus cambios por medio de relaciones de estos y poder construir experimentalmente una magnitud física.

Desde este análisis se pretende abordar diversas experiencias con imanes y sus polaridades, orientaciones de la brújula, limadura de hierro con sus densidades superficiales, placas de diferentes materiales y dinámicas magnéticas entre elementos de la naturaleza (medios), como por ejemplo el aire, vidrio, hierro y las combinaciones entre ellos, que inducen nuevas variables de estados magnéticos en el fenómeno mismo y que requieren la formulación de la magnitud física de permeabilidad magnética. Para esto, la intencionalidad a investigar la ampliación de la experiencia y las interacciones, dan la posibilidad de nuevas consideraciones



**Imagen 31** Distribución espacial en repulsión.  
Autoría del docente investigador

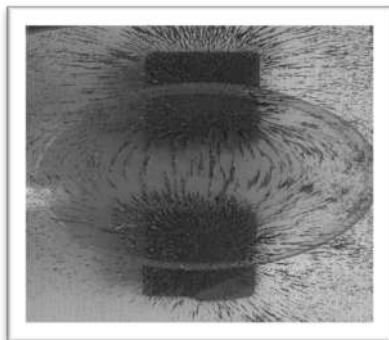
sobre la naturaleza magnética de los medios, estos entendidos como el espacio físico que permite la interacción de las fuerzas magnéticas, evidenciadas mediante los fenómenos de atracción y repulsión. El hecho mismo de que se puedan formar variaciones en el espacio magnético a través

del aire, vidrio o la cartulina, como se muestra en la imagen 31, nos la prueba. Si se interpone una placa de hierro, aluminio o cobre, la acción también se ejerce, aunque muy disminuida, debido a que la mayor parte de las líneas físicas de fuerza se observan hacia adentro o se acercan

mucho al hierro; además en sustancias como agua, aceite y cetona también se evidencian variaciones espaciales en la forma, densidad y direccionalidad en las líneas de fuerza magnética.

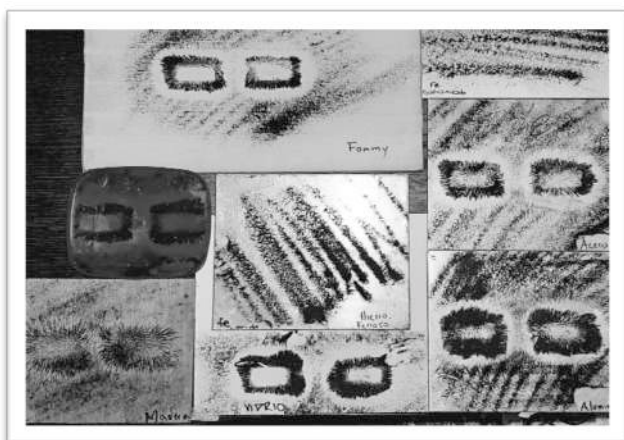
La actividad experimental genera un ambiente de aprendizaje donde se analiza, interpreta, acepta o refutan las ideas e imágenes que se tiene del fenómeno de la permeabilidad, donde los sujetos pueden manipular y variar las condiciones experimentales para poner en contraste sus ideas con las manifestaciones de los comportamientos magnéticos de los materiales, comprender y establecer rutas explicativas de sus observaciones e intencionalidades de los efectos observados; se debe plantear una intencionalidad al investigar con uno de los propósitos apuntando a la ampliación de la experiencia. Esto da la posibilidad de nuevas consideraciones sobre la naturaleza magnética de los distintos medios y cuando comprendemos que somos parte del magnetismo terrestre y del espacio físico que permite la interacción de las fuerzas magnéticas, es más fácil evidenciar los fenómenos de atracción y repulsión. El hecho mismo que se puedan formar variaciones en el espacio magnético a través del aire, vidrio o la cartulina nos lo prueba. Si se interpone una placa de hierro, aluminio o cobre, la acción también se ejerce, aunque muy disminuida, debido a que la mayor parte de las líneas físicas de fuerza se observan hacia adentro o se acercan mucho al hierro; además en sustancias como agua, aceite y cetona también se evidencian variaciones espaciales en la forma, densidad y direccionalidad en las líneas de fuerza magnética.

Continuaremos con la caracterización fenomenológica de otra de las cualidades magnéticas de la materia; la permeabilidad magnética, teniendo en cuenta que en el estudio histórico crítico del capítulo anterior giró en torno al análisis conceptual, experimental de esta



**Imagen 32** Medio – Cetona.  
Autoría del docente investigador

cualidad física y las propiedades magnéticas de los materiales, permite construir una organización y criterios instrumentales. Mediante la experimentación orientar a los estudiantes para construir las variables y clasificaciones que fueron identificadas durante la practica; a partir de ellas comprender la relación magnética del espacio-medio y explicar el fenómeno en estudio cuando al cambiar el medio de interacción cambian las líneas de fuerza magnéticas, es aquí donde la permeabilidad magnética se convierte en la cualidad magnética del espacio físico, un ejemplo de esta, es la comparación entre el fenómeno de la imagen 31, donde se presentan variaciones espaciales con respecto a la imagen 32.



**Imagen 33** Distribución espacial magnética en diferentes placas (medios). Autoría del docente investigador.

Para este trabajo se concibe, inicialmente, la permeabilidad magnética como la capacidad que presenta un cuerpo o una sustancia al dejarse atravesar en mayor o menor cantidad (baja, media y alta permeabilidad) de las líneas de fuerzas generadas por un campo magnético estable, igualmente la permeabilidad magnética muestra las propiedades físicas del espacio al permitir distintas configuraciones espaciales magnéticas, de los distintos cambios de proporcionalidades entre las acciones externas e internas. Pero en este proceso experimental no se enfatizará en los imanes, ni en el campo magnético o la permeabilidad como causa de una variación del campo magnético, sino como una propiedad del

medio donde se evidencian los cambios de cantidad y dirección de las acciones magnéticas en distintas condiciones y se hacen las respectivas representaciones como las que están en la imagen 33.

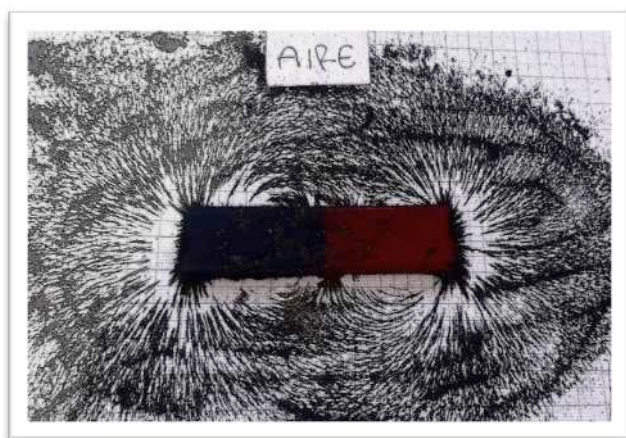
*¿Cómo la actividad experimental aporta a la explicación del fenómeno de permeabilidad magnética?*

Para responder este interrogante se observa la siguiente organización experimental que surge del análisis y de las diferentes reflexiones de la naturaleza de la interacción magnética entre medios; la cual parte del todo, tiene una explicación fenomenológica de sus causas y permite construir y recontextualizar el saber que se ha desarrollado de la permeabilidad magnética:

Para llegar a la conceptualización y representación de los efectos-causas de la permeabilidad magnética se deben tener en cuenta las diferentes actividades experimentales que se mostró en la anterior organización experimental, imagen 31, que orientará la investigación experimental como una alternativa para comprender los efectos observados en el espacio-medio, lo que conlleva a los sujetos e investigador a recontextualizar sus saberes desde sus experiencias con el fenómeno, sus percepciones y cosmovisión del mundo magnético; mediante diferentes montajes experimentales, indicadores magnéticos, patrones y criterios de medida, comparaciones con escalas de medidas e aplicación de instrumento de medida, para dotar con más criterios fenomenológicos para ampliar la experiencia, sus conocimientos científicos del mundo que

interactúa y lograr representar conceptual y geoméricamente los siguientes efectos observados en los diálogos históricos-críticos.

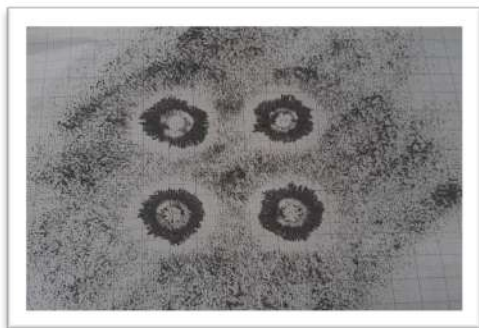
### 3.1. Construcción fenomenológica de los criterios de representación de los efectos magnéticos.



**Imagen 34** Forma, densidad y dirección de las líneas de fuerza magnética en el aire. Autoría del docente investigador.

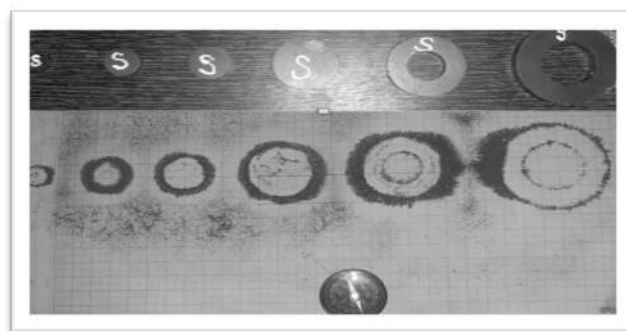
Para plantear las bases fenomenológicas y representaciones que permite caracterizar la permeabilidad magnética, tomaremos la conceptualización que le dio Faraday a las líneas físicas de la fuerza magnética; desde su naturaleza, condición, cantidad y dirección a las interacciones en el espacio que permea todos los cuerpos y sustancias. Si tomamos estas líneas magnéticas como representación a los efectos observados en interacción de dos imanes con la misma polaridad, como se muestra en la imagen 34, se observa que presentan curvas, esto da a entender que en presencia de solo un imán se evidencia en cercanía a sus polaridades, las líneas de fuerza al interactuar con otras líneas de fuerza, con igual o distinta polaridad imagen 31, las curvas pueden asociarse con la representación geométrica de la interacción de líneas de fuerza, como se muestran a continuación en el análisis de imágenes que ayudara a la comprensión de la

permeabilidad magnética usando solamente imanes, limadura de hierro y algunos de los elementos mencionados anteriormente:



**Imagen 36** Formas de la limadura entre imanes. Autoría del docente investigador.

Se comenzó a dar una interpretación de estos fenómenos como una propiedad netamente de los cuerpos; la cual, se describe mediante los cambios que sufre otro cuerpo en cercanía a éste, llamado imán. Estos cambios solamente se evidenciaron cuando entraron en contacto por acciones continuas o a distancia con otro cuerpo de iguales o distintas permeabilidades magnéticas. Para esto, se tomará como indicador las variaciones en la brújula, las polaridades del imán y las formas de la limadura de hierro, ésta última, se comportará como diminutos imanes, tomando diferentes formas geométricas de acuerdo al tamaño, forma y poder del imán en sus alrededores (imagen 35). Además, se observa que en los extremos de éstos imanes, se acumulan cantidades de limadura con ciertas direcciones, también a lo largo del imán se evidencia que estas líneas van cambiando la intensidad de



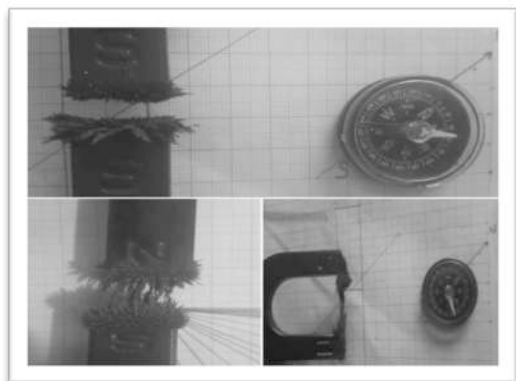
**Imagen 35** Relación magnética entre tamaño y poder de imanes. Autoría del docente investigador.

concentración de limadura y en ocasiones se generan vacíos ya que las fuerzas magnéticas se anulan (imagen 36), las formas de limadura con imanes redondos se observan que el campo magnético que generan crea un vacío debido a que al finalizar su perímetro hay una neutralidad

del campo magnético y la limadura después de este espacio vuelve en interacción en el medio hasta encontrar el siguiente vacío.

Como se evidencian en las distintas configuraciones de las diferentes figuras que se describirán a lo largo del escrito. Se puede afirmar que, el grosor de las líneas curvas físicas de fuerza, la intensidad y agrupaciones dependen del espacio donde se encuentra la materia con su poder magnético.

### 3.2. Configuración espacial en cercanía de un cuerpo con magnitud constante.



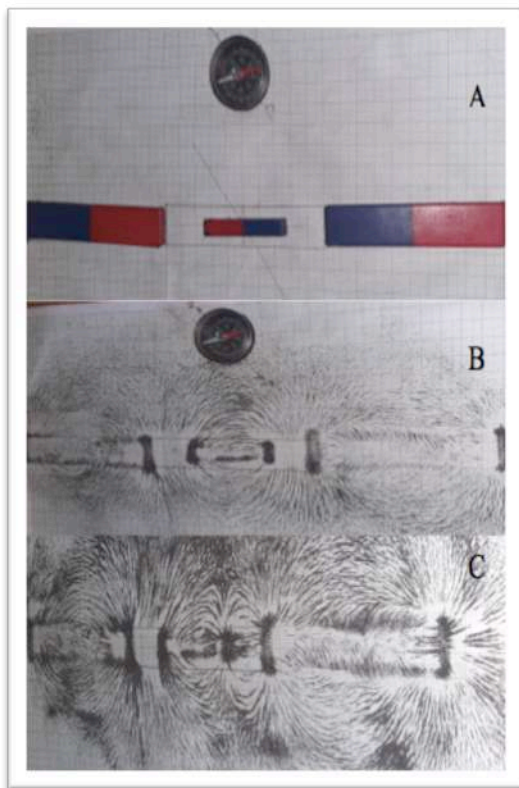
**Imagen 37** Dirección magnética en repulsión y atracción. Autoría del docente investigador.

En la imagen 37 se observa la forma de las limaduras que se ubican entre la interacción de los imanes, se evidencian las formas de líneas rectas de fuerza magnética; en repulsión y en atracción, las cuales presentan una orientación magnética que señala la brújula respecto al campo magnético terrestre, desde los efectos observados se pretende construir una

explicación geométrica, basándose en la observación de las líneas de fuerza que se generan en la limadura y una ampliación experimental y conceptual; la idea es representar estas líneas simétricas, que se generan desde un punto de uno de los imanes en su polaridad (N) con otro punto de la polaridad del otro imán (S) por medio de vectores y las distancias que existen entre las acciones magnéticas con cada punto de espacio donde ocurren los efectos, para esto se

pretende realizar diferentes representaciones geométricas espaciales y comprender el fenómeno magnético de una forma más entendible.

Primero con dos cuerpos de la misma naturaleza magnética, con distintas condiciones instrumentales y organización, se plantean las bases geométricas para los argumentos experimentales. Como se observa en la imagen 38, específicamente en la configuración (A), primero se ubica un imán entre la interacción de dos imanes, cada uno de ellos con su polaridad



**Imagen 38** Montajes, imágenes y representaciones experimentales. Autoría del docente investigador.

definida que indica que se podrá identificar los dos fenómenos (atracción y repulsión), luego se ubica una hoja encima de cada interacción, se esparce poca limadura (B, fenómeno de repulsión) sobre la superficie de la hoja y en (C, fenómeno de repulsión y atracción) se esparce el doble de limadura, en estas imágenes se puede observar que la limadura toma una forma geométrica, con una cantidad de líneas de fuerza, cada una presenta una densidad de limaduras y varían la orientación magnética de la interacción, respecto a la de la Tierra. Teniendo en cuenta la imagen 38 se realizará el análisis experimental de la limadura de hierro con los siguientes criterios:

- Formas con distintas cantidades de limadura de hierro.



Como se observa en la imagen, la limadura de hierro se concentra más donde existe una mayor atracción magnética, es decir en los polos, pero a lo largo del imán también existe atracción en menor nivel y hay puntos donde se cambian de dirección por la polaridad del imán en barra.

- Formas de limadura de hierro con imanes de diferente tamaño.

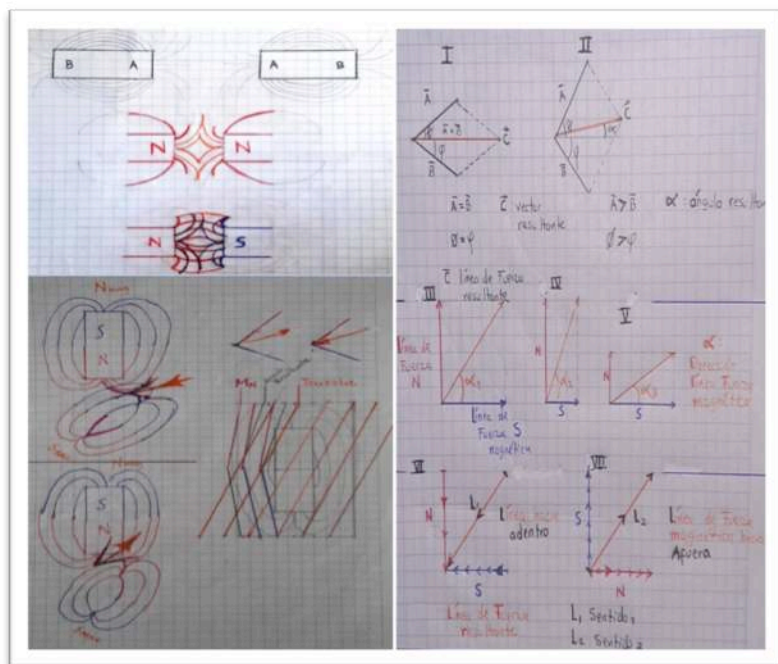
Acá se observa la concentración de la limadura de hierro también cambia por el tamaño del imán y si éstos se encuentran a una distancia considerable también se afectan, en el sentido que su campo magnético se choca por interacción y la limadura toma forma diferente evidenciando el choque de las dos fuerzas magnéticas y se puede generar mayor concentración.

- Comportamiento de la limadura de hierro en atracción y repulsión.

En estas imágenes se puede evidenciar el comportamiento la limadura de hierro dentro de un campo magnético generado de dos polos distintos en atracción, donde forman picos y se procuran unir, en cambio cuando estos polos son iguales en repulsión, la limadura tiende a tomar direcciones tangentes y los picos se forman laterales y en ambos casos se siente la fuerza del imán ya sea atrayéndose o en repulsión. Se observa también que el campo magnético de la brújula que estaba orientado con el campo magnético de la tierra y se ve afectado al momento de acercarse al campo magnético generado por los imanes.

Habitualmente la comprensión de los fenómenos magnéticos desde la experiencia sensible se queda en los dos fenómenos expuestos, sin detenerse en esas cualidades y variaciones espaciales

que a veces no son tan evidentes en su exposición de las líneas de fuerza. Pero al establecer relaciones con entes como la recta y el plano, se puede ampliar la fenomenología y recontextualizar el saber que se tiene en el contexto escolar y en los procesos de aprendizaje de los fenómenos físicos en la formación de profesores, unos de los lenguajes científicos para realizar una explicación de los efectos del fenómeno magnético que son poco perceptibles y la variación de las propiedades magnéticas de la materia, son por medio de las representaciones geométricas de los efectos observados en la limadura de hierro y en la aguja imantada de la brújula. Es decir, utilizar la interpretación de las líneas de fuerza como un vector que tiene una magnitud, una dirección y sentido, así posibilitar la oportunidad de ampliar la comprensión de las variaciones magnéticas de los medios físicos.



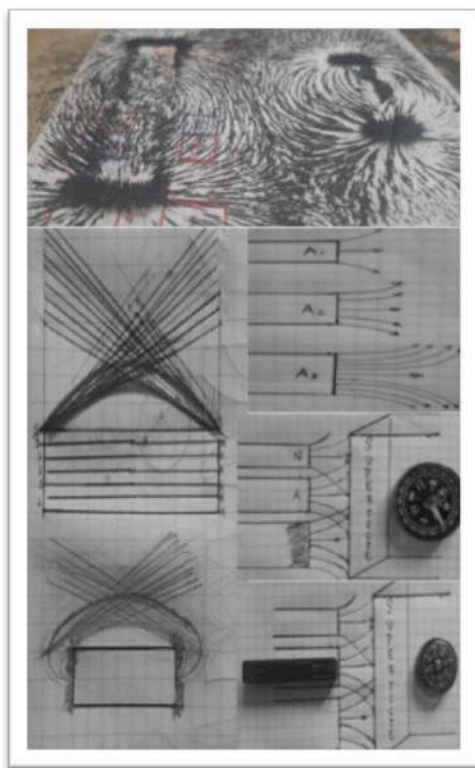
Para mayor claridad se explican los fenómenos (imagen 39, representación vectorial) mediante la superposición de las líneas vectoriales de la fuerza magnética en las interacciones entre cuerpos magnéticos, la forma de la limadura tiende, como lo indica la imagen, a la

**Imagen 39** Representaciones geométricas. Autoría del docente investigador.

representación de la línea de la

fuerza resultante, las líneas rojas representan las líneas de fuerza de la polaridad N, mientras que

las líneas azules representan las líneas de fuerza de la polaridad S. En la representación I y II se evidencia el vector resultante (C) de la fuerza magnética resultante de la interacción de dos vectores de fuerza magnética (A y B) adquiriendo esta línea de fuerza magnética un cambio angular respecto a la línea magnética ecuatorial de la Tierra; en las siguientes representaciones muestra los cambios de densidades magnéticas del vector resultante de la fuerza magnética, que concuerdan con la configuración de las limaduras de hierro sobre una superficie diamagnética cuando se varían los poderes magnéticos entre las líneas de fuerza (N y S), con igual, mayor o menor poder magnético y los cambios angulares de las fuerzas magnéticas ( $\alpha$ ) resultante en la III, IV, V y su orientación si es hacia adentro o hacia fuera en la parte VI y VII de donde se concentra la interacción (L), de los vectores de fuerza magnética.



**Imagen 40** Variaciones de las representaciones geométricas. Autoría del docente investigador.

Si pensamos ya no solo como comportamientos magnéticos entre los cuerpos, si no, que estas interacciones continuas representadas como vectores, imagen 40, se encuentran dentro de un medio físico (ferromagnético, paramagnéticos y si es posible diamagnéticos) y si se cambia este medio, igual se conservan y se evidencia los mismos efectos magnéticos, es decir, no hay cambios visibles. Antes de representar los

cambios de los efectos magnéticos al cambiar los medios donde ocurren las interacciones

continuas, tenemos que seguir construyendo representaciones, como lo son al cambiar el tamaño de cuerpo magnético, aumentar las líneas de fuerza (A1, A2, A3), los símbolos que se utiliza en las construcciones explicativas son al acomodo del sujeto y ahora el por qué en algunas superficies si se generan cambios al otro lado de la superficie y por qué en otros cuerpos y sustancias, se pretende primero considerar el aire como el medio que permite y varia los cambios espaciales magnéticos desde su naturaleza y condición instrumental y elementos a interactuar.

Al representar las diferentes formas de la limadura con las líneas de fuerza magnética, se pueden asociar cada punto de estas líneas con un vector físico cuando cumpla los siguientes parámetros:

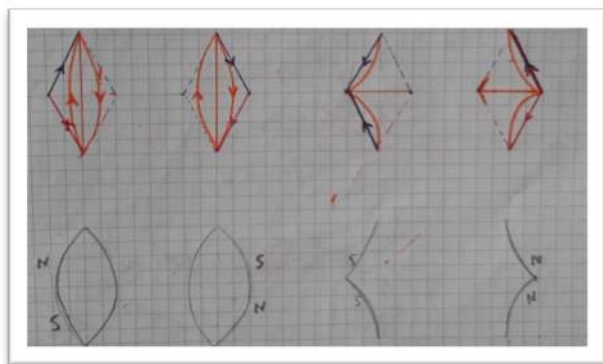
- Observación de los cambios de dirección del campo magnético terrestre (brújula) al modificarlo las polaridades con imanes o cuerpos imantados.
- Comportamiento de la limadura en el aire al poner en contacto dos cuerpos imantados con distinta y la misma polaridad, se observa que la limadura cambia de dirección hacia fuera o adentro.
- Representación de interacción de imanes con la misma polaridad, evidenciando las representaciones del campo con limadura.
- Representación de interacción de imanes de diferente tamaño con la misma y diferente polaridad, evidenciando las representaciones del campo con limadura.

### 3.3. Representaciones geométricas de las interacciones entre imanes y el comportamiento de las polaridades magnéticas.

En este apartado, a partir de las representaciones geométricas construidas, teniendo como base los conceptos anteriormente explicados, es importante recordar que los efectos observados en cada situación entre imanes se derivan de la superposición de líneas físicas de fuerza magnética, la cual toma una dirección, sentido y una cantidad o como hemos llamado una densidad superficial, estas líneas magnéticas se pueden asociar con un vector físico, que se puede expresar gráficamente las acciones entre un polo magnético a otro. Para interpretar las líneas de fuerza que se evidencian en la limadura de hierro fue preciso ubicar imanes, se realizaron varias experiencias con estos, partiendo de las que realizó Faraday donde se evidencia la imagen que tenía de las formas, direcciones y cantidades de líneas magnéticas circundantes a un imán; es decir las formas que toman las líneas de fuerza y que varían dependiendo de las posiciones y polaridades en que se ubiquen los imanes y del medio que los permea.

Las diferentes formas que se generan en los distintos medios en la limadura de hierro permiten ampliar las explicaciones y los argumentos de sus posibles causas que se pueden dar al espacio circundante de estas interacciones, el cual no es visible, pero si es posible representarlo y explicarlo desde un lenguaje común y/o científico, en este caso, los estudiantes y docentes en formación en la enseñanza de las ciencias en física. Además, al caracterizar las líneas de fuerza magnética que permean todo el espacio circundante, es necesario evidenciar las direcciones de cada punto sobre las líneas de fuerza magnética resultantes, por medio de la aguja imantada que posee la brújula, además, el punto de referencia magnética de la tierra permite ser comparada y

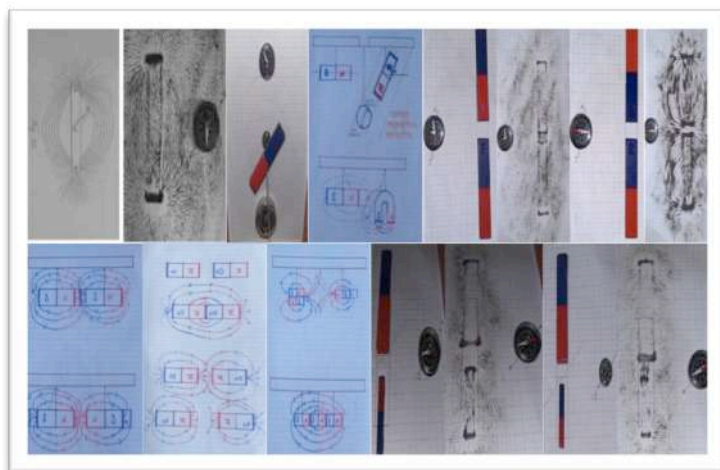
diferenciada con unidades angulares, pero por la dificultad de medición de estas líneas, se tomará como punto de análisis solamente la forma que toma las limaduras de hierro como efecto de las superposiciones de fuerzas magnéticas y sus posibles representaciones geométricas, como se muestra a continuación.



**Imagen 41** Formas de la superposición de fuerzas magnéticas. Autoría del docente investigador.

En la imagen 41, cuando se encuentran dos líneas rojas de las representaciones geométricas forma vacíos de forma cóncava y cuando se encuentran líneas de fuerza magnética de color azul con roja forma acumulación de forma convexa, como se observa en la siguiente ilustración y las formas

que tomas las limaduras de hierros en cercanía las interacciones de las fuerzas magnéticas de los imanes que permean el espacio.



**Imagen 42** Representaciones de interacción entre polaridades magnéticas. Autoría del docente investigador.

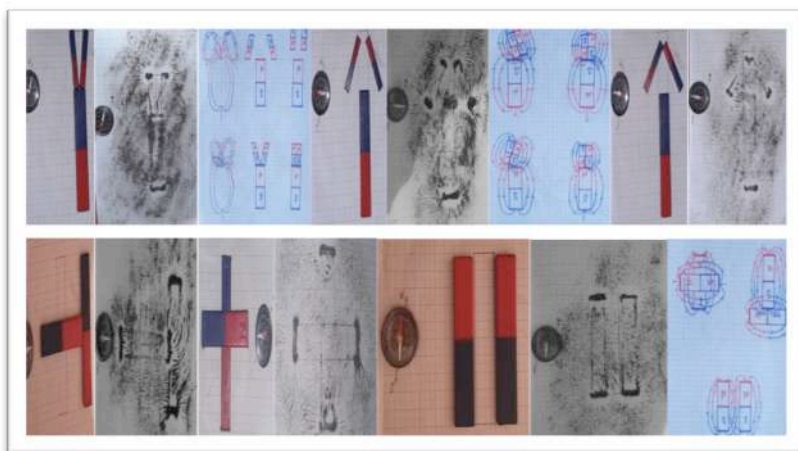
En la imagen 42, que se compone de la representación que realizó Faraday y de las configuraciones realizadas durante esta investigación, se encuentra la

distribución superficial de la limadura de hierro de un imán; se evidencian las curvas magnéticas debido a la superposición de las líneas magnéticas, las acumulaciones que toma la limadura en algunos lugares del espacio, como lo es en los polos magnéticos y en cercanía a los polos, igualmente la brújula toma una orientación magnética debido a la ubicación del imán, esta también varía respecto a la ubicación de la brújula. La secuencia que toman las imágenes; primero, las condiciones para darse el fenómeno con los imanes y la brújula; luego, la distribución espacial cuando interactúan los imanes con igual y diferente polaridad y por último, las representaciones geométricas de sus efectos, donde se evidencia que existe correspondencia entre las formas que toman las limaduras y las representaciones.

Recordemos que cada imán tiene su propio campo magnético que depende de: tamaño, constitución y ubicación, que sus líneas magnéticas se direccionan del polo norte (rojo) al sur (azul), en las imágenes, las líneas cambian de color en sus centros debido a que experimentalmente las partes medias de los imanes no se percibe magnetismo en el espacio circundante. Es decir, en esta región espacial se genera una neutralidad de fuerzas dentro de un campo magnético que permea las interacciones, pero vuelve aumentar las condiciones magnéticas del espacio mientras más se acerca a sus polos.

En el fenómeno de repulsión y de atracción de dos imanes similares en tamaño, forma y poder; las formas que toma la limadura concuerda con la forma tangencial resultante cuando se encuentran dos vectores de la misma magnitud y perpendiculares entre ellos, pero tienden hacia afuera cuando son de igual polaridad y hacia a dentro cuando las líneas vectoriales son de

distinto color; en repulsión forman rombos o formas cóncavas, tanto el espacio entre toda la limadura que permea el espacio como los vectores resultantes tangencial a las interacciones de las dos líneas de fuerza azul con azul y en atracción tanto las limaduras de hierro como la interacción entre los vectores, toman formas convexas, que tienden a cerrar pero acumulan entre los imanes cantidades de limadura; en atracción por la unión de los imanes forman un campo magnético más extenso, cuando se superponen los vectores geométricos, estos, según la aguja de la brújula toma orientación o direccionalidad paralela, cuando los dos imanes se encuentran en distintas polaridades y perpendiculares se tiene similares polaridades.

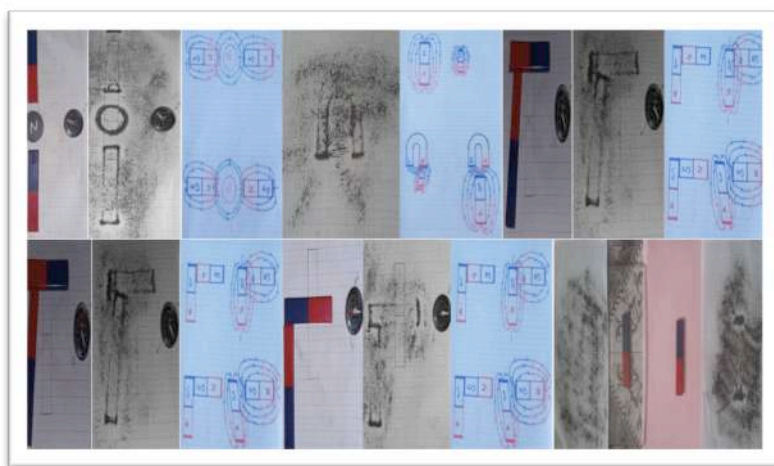


**Imagen 43** variaciones geométricas de las representaciones. Autoría del docente investigador.

Ahora, en la imagen 43, los imanes cambian de tamaños, de ubicaciones y siguen siendo constituidos por los mismos elementos (óxidos férricos), por tal motivo las formas de la limadura como las representaciones geométricas también varían. Respecto a los anteriores efectos de las formas que toman las limaduras de hierro, a mayor tamaño de los imanes presentan una curvatura mayor, las densidades de las limaduras se siguen concentrando en los polos, pero las formas de las limaduras dependen de cuales es mayor o menor. En las representaciones geométricas, las formas convexas y cóncavas que se observan alrededor de los imanes también dependen de la polaridad de las líneas de fuerza magnética que se encuentran y tienden a



orientarse donde se observa que el imán es más potente y se concentran. Acá se observa la concentración de la limadura de hierro que también cambia por el tamaño del imán y si éstos se encuentran a una distancia considerable también se afectan, en el sentido que su campo magnético choca por interacción y la limadura toma forma diferente evidenciando el choque de las dos fuerzas magnéticas y se puede generar mayor concentración.



**Imagen 44** Limadura de hierro como indicador. Imagen Autoría del docente investigador.

En la imagen 44, donde tenemos dos imanes similares, en el del lado derecho se distribuye la limadura sobre una placa de vidrio y en el imán del lado izquierdo sobre una hoja milimétrica, se observa que mientras se esparce la limadura

van tomando dos formas distintas, en el vidrio se evidencian cualidades magnéticas en el espacio-medio, pero con menos claridad, intensidad y no son similares a los efectos anteriormente analizados. Por tal motivo las construcciones geométricas de los efectos en el espacio circundante también varían, permeados magnéticamente por el mismo campo magnético.

En estas imágenes 42, 43 y 44, se puede evidenciar que el comportamiento de la limadura de hierro dentro de un campo magnético generado por los polos en cada imán, depende de la distribución de la misma en el fenómeno de atracción, donde se forman picos y tienden a cerrarse

entre sí, en cambio cuando estos polos son iguales y se genera repulsión en el espacio, la limadura tiende a tomar una dirección tangente y los picos se forman hacia fuera del campo. Se observa también, que el campo magnético de la brújula que estaba orientado con el campo magnético de la tierra, se ve afectado al momento de acercarse al campo magnético generado por los imanes. ¿Qué genera los cambios espaciales y sus representaciones geométricas en el espacio circundante de un imán? Ahora, todos los anteriores análisis se realizaron con base a la polaridad del imán y las representaciones geométricas, pero el medio que permeaba todas las interacciones de los imanes, aunque no era visible es el aire; espacio-medio que presenta una propiedad magnética que no afecta las interacciones significativamente. ¿Qué sucede con las cualidades del espacio-medio circundante a los imanes, si realizan estas mismas experiencias en otro medio, distinto al aire?

### 3.4. La permeabilidad magnética del aire como punto de referencia.



**Imagen 45** Relación de la permeabilidad magnética del aire con los cambios de la dirección de la aguja magnética en diferentes brújulas. Autoría del docente investigador.

La experiencia sensible permite contribuir con la ampliación de diversas prácticas científicas, escolares entorno a las observaciones para plantear cuestionamientos que permitan buscar nuevas explicaciones de los fenómenos físicos desde experiencias sencillas y materiales de su cotidianidad. Por tal motivo, en la construcción de la permeabilidad magnética, se tomaron como referencia aquellas acciones magnéticas observables que se encuentran en la tierra, como la alineación magnética y una cantidad de líneas de fuerzas físicas existentes directamente entre los polos magnéticos, el cambio de direcciones que se generan en la superposición de imanes y en la interacción entre las polaridades de los imanes y las concentraciones de estas acciones en sus extremos y la capacidad de magnetizar otros materiales.

Podemos observar la direccionalidad de las agujas en la imagen 45, que se comportan como un imán de dos diferentes tipos de brújula, debido al campo magnético terrestre, podemos observar que el medio que permite estas orientaciones de la brújula es el aire que presenta una permeabilidad, siempre vamos a tomar como referencias esta comparación con otros medios. Inicialmente la experiencia con los cuerpos y sustancias en presencia de un campo magnético como el de los imanes, permite aclarar algunos criterios de organización sobre los comportamientos frente a polaridades similares y distintas, los cambios que sufren cuando los imanes se intercambian de uno natural a uno artificial y se ponen en cercanía de cuerpos ferromagnéticos, diamagnéticos y paramagnéticos. Luego se reconoce el carácter dinámico de las cualidades magnéticas de las cuales se caracteriza la experiencia, ya que el ejercicio de comprender las propiedades magnéticas del aire orienta a privilegiar la permeabilidad magnética del aire como patrón o indicador que permite determinar cuánto es mayor o menor grado de permeabilidad magnética un medio respecto al otro.

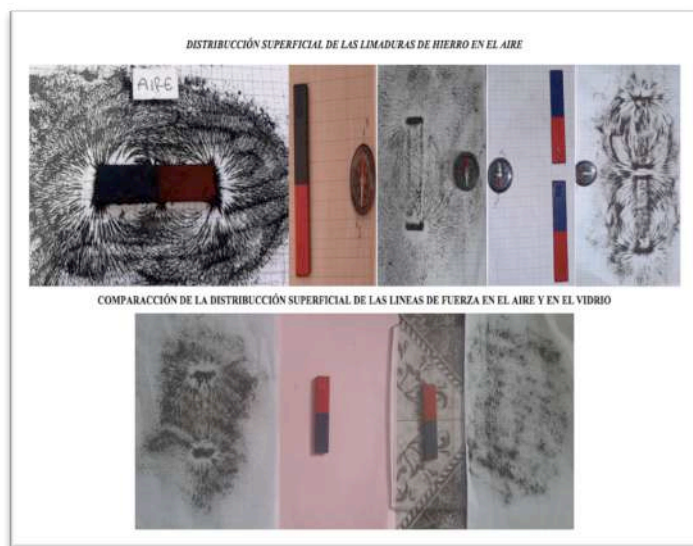


**Imagen 46** Percepción de los cambios magnéticos. Autoría del docente investigador.

Como observamos en las interacciones de la imagen 46, en el aire se evidencia que los cambios no son tan afectados y son más perceptibles, se evidencia que la direccionalidad de las agujas se comportan como un imán que en sus extremos se concentran dos diferentes tipos de polaridades, debido al campo magnético terrestre, del que se puede observar que el medio permite estas orientaciones de la brújula es el aire, presenta una permeabilidad que siempre vamos a tomar como referencia en comparación con otros medio, por tal motivo en el proceso de caracterización fenomenológica de la permeabilidad magnética tendrá como base el aire como punto de partida. A continuación, a partir de los efectos magnéticos que se evidencian, se ha observado y analizado las distintas distribuciones superficiales y comportamientos magnéticos en diferentes medios físicos, los cuales al ser cambiados presenta variaciones por toda la distribución espacial y por ende cambios en las propiedades del espacio donde ocurren las interacciones, por eso desde el principio existe una relación directa y estrecha entre el espacio-medio con sus propiedades y la permeabilidad magnética de los medios físicos. Pero desde sus efectos, lograr comparar, clasificar y desde diferentes criterios experimentales-conceptuales construir un instrumento de medida como el permeabilímetro magnético y lograr establecer criterios de ordenamiento en algunos medios desde esta propiedad magnética.

Al percibir los efectos que ocurren alrededor de un imán, se puede afirmar, que, al ser permeado el espacio por el aire, las líneas de fuerza magnéticas atraviesan con la misma

capacidad todas las regiones del espacio, por su largo o ancho. Formándose un campo magnético simétrico a la intensidad de los imanes por toda la superficie, la densidad de las fuerzas magnéticas que se concentran en los polos, no son afectadas por el aire, como se ve en la imagen 47, la cual será nuestra permeabilidad magnética base y/o patrón. Además, las líneas de fuerza magnética al ser visibles al ojo humano en el aire podríamos hacer conteo por unidad de área la densidad del flujo magnético. Por tal motivo, como se ha venido explicando la permeabilidad en el aire de las distribuciones y comportamientos de las limaduras y direcciones de la brújula será el patrón de medida cualitativa y cuantitativa en la construcción de su magnitud y su forma de medir.

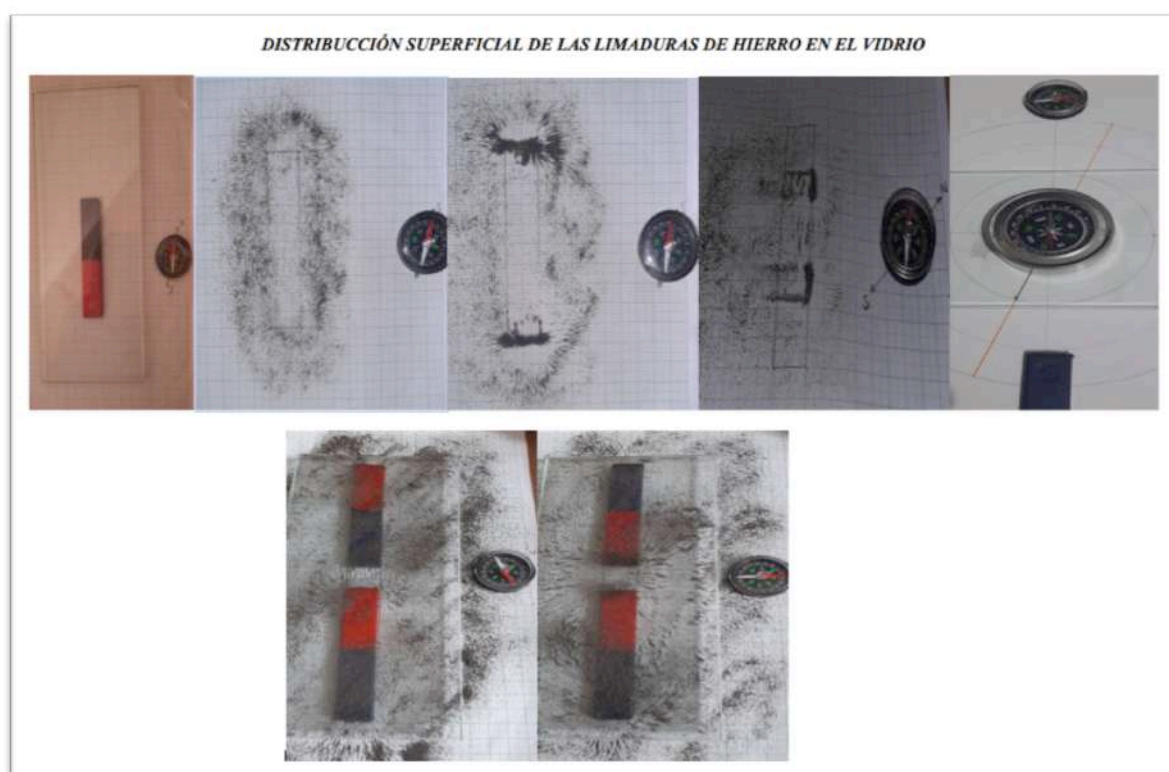


**Imagen 47** Interacción magnética entre medios físicos: Aire y vidrio. Autoría del docente investigador.

### 3.5. Perspectiva cuantitativa de la permeabilidad magnética del vidrio.

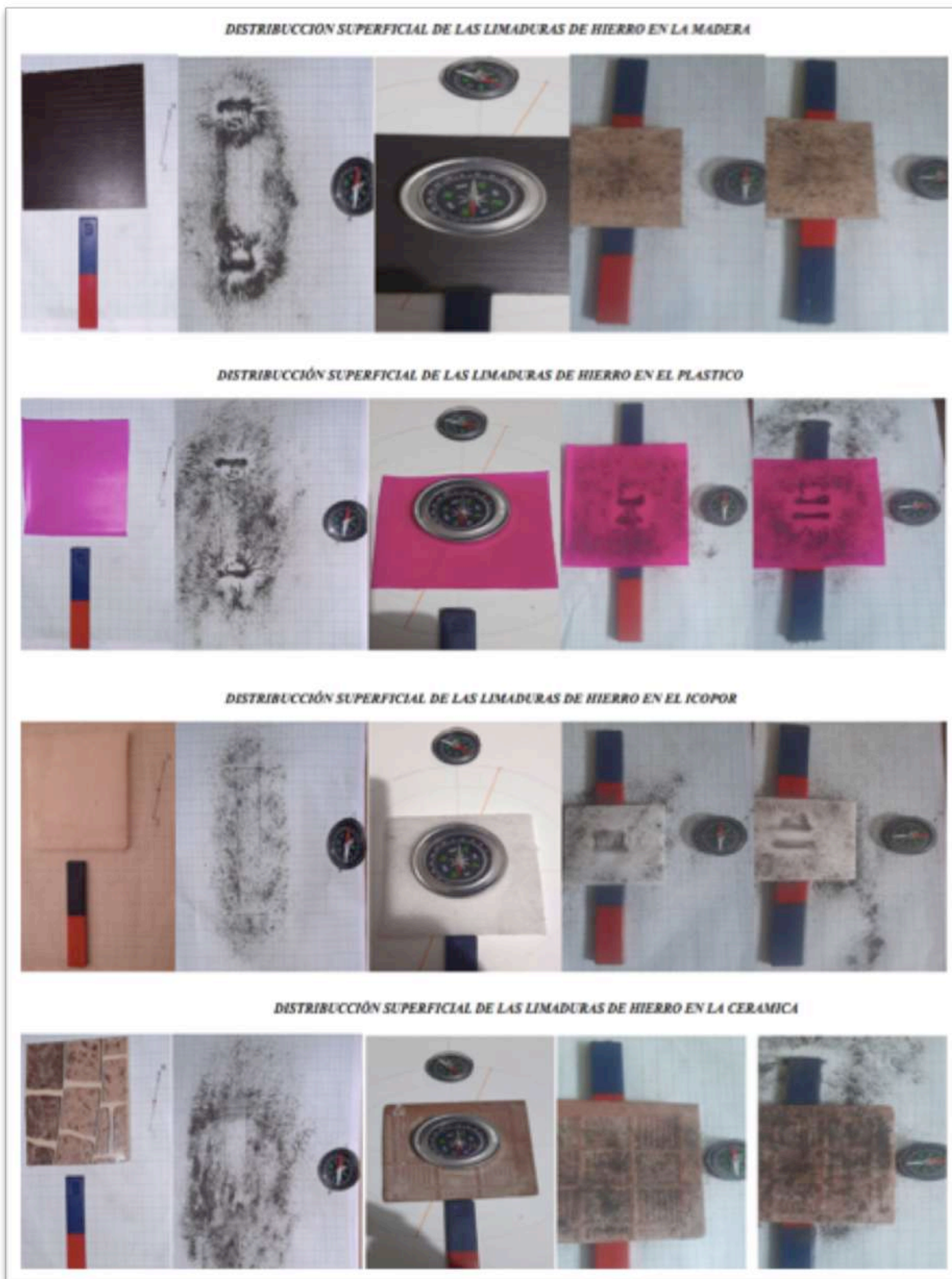
Al analizar cualitativamente los comportamientos magnéticos y las distribuciones de la limadura de hierro, ahora en un espacio-medio como el vidrio, se evidencian e identifican muy

pequeños cambios de las formas, direcciones y cantidades de limadura de hierro, logrando mostrar acciones directas con el espacio circundante, la permeabilidad magnética es la propiedad de los medios que permite en diferentes grados la interacción magnética. Como se observa en la imagen 48, la limadura de hierro se concentra más donde existe una mayor atracción magnética, es decir en los polos, pero a lo largo del imán también existe atracción en menor nivel y hay puntos donde se cambian de dirección por la polaridad del imán en barra.



**Imagen 48** Representación y direccionalidad de los efectos magnéticos vidrio. Autoría del docente investigador.

Después de realizar las experiencias, de las descripciones de las formas de la limadura y los cambios de las orientaciones, observamos que los cambios son más notorios y otros no, dependiendo del medio donde ocurren las interacciones, si tienen propiedades ferromagnéticas y paramagnéticas.



**Imagen 49** Distribución superficial de los efectos magnéticos en diferentes materiales. Autoría del docente investigador.

Como se observa en la imagen 49, se usaron materiales diferentes al vidrio para comparar las semejanzas y diferencias que se dan con cada material, se concluye que estos materiales dejan pasar las líneas de fuerza magnética, con una menor densidad que en el vidrio, pero aún son muy evidentes los fenómenos de repulsión y atracción, es decir que estos materiales tienen una permeabilidad magnética media. Estos materiales que se utilizaron como medios físicos, donde ocurren las interacciones entre la fuente magnética constante y la limadura de hierro, se comportan como indicador de los cambios espaciales de las distribuciones superficiales de los efectos, estas fuentes son los imanes con una polaridad definida que permean los medios con su campo magnético y afecta en un menor grado las formas, densidades y la orientación de los efectos generados por la superposición de fuerzas magnéticas representadas en la limadura y en la brújula, dependiendo del medio usado son más definidas que en otras o no sucede ningún cambio, estando en una interacción continua con una fuente magnética.

Ahora se cambia la constitución del medio, se pasa a los metales, algunos presentaron atracción en cercanía a un imán y otros metales no presentaron ningún cambio, cuando la hipótesis es que todos los metales presentan una alta afinidad magnética cuando son permeados por un campo magnético externo. Después del análisis experimental que se realizó a los materiales anteriores y a sus imágenes se elaboró la tabla 6



ORDEN	MATERIAL	NIVEL DE PERMEABILIDAD MAGNÉTICA	DESCRIPCIÓN CONCEPTUAL
1	AIRE	BAJA	Estos materiales tienen como característica principal que su permeabilidad es baja, quiere decir que dejan pasara las líneas de fuerza magnética, pero entre ellos existe una subdivisión que permite que estas permeabilidad pueda ser superbaja (aire), mediabaja (plástico) o bajabaja.
2	VIDRIO	BAJA	
3	PLÁSTICO	BAJA	
4	ICOPOR	BAJA	
5	CERÁMICA	BAJA	
6	MADERA	BAJA	

**Tabla 6** Niveles de permeabilidad en materiales cotidianos. Construcción desde la actividad experimental del docente investigador.

### 3.6. Perspectiva cualitativa de la permeabilidad magnética de algunos metales.



**Imagen 50** Distribución superficial de los efectos magnéticos en el medio físico del aluminio. Autoría del docente investigador.

Se evidencia en la imagen 50 que después de interponer la placa de aluminio entre las interacciones del imán y la limadura, se pueden analizar las diferentes configuraciones experimentales entre los imanes y los diferentes medios, se sigue manteniendo similares formas y no son tan afectadas las orientaciones en la brújula al interponer la placa de aluminio entre un imán y la aguja imantada. Igualmente, las formas cóncavas y convexas de las limaduras son notables y corresponde a las formas resultantes de las superposiciones de las líneas magnéticas que permiten la atracción y la repulsión.



**Imagen 51** Distribución superficial de los efectos magnéticos en el medio físico del cobre. Autoría del docente investigador.

Llegamos al cobre, imagen 51, material que es bastante utilizado en los electrodomésticos, conexiones electromagnéticas y conductores eléctricos, pero a diferencia de lo eléctrico, en el cobre se observa que permite que la limadura de hierro se distribuye con facilidad y toma formas, densidades y orientaciones de la limadura cercanas a los efectos observados en el aire, es decir, el aire y el cobre presentan similares propiedades espaciales, que al observar el fenómeno de repulsión y atracción de las líneas de fuerza magnética, se puede

entender que deja atravesar probablemente la misma cantidad de líneas de fuerza del campo magnético del imán, en el cobre como en el aire.



**Imagen 52** Distribución superficial de los efectos magnéticos en el medio físico del acero. Autoría del docente investigador.



**Imagen 53** Distribución superficial de los efectos magnéticos en el medio físico del bronce. Autoría del docente investigador.



**Imagen 54** Distribución superficial de los efectos magnéticos en el medio físico del hierro Galvanizado. Autoría del docente investigador.



**Imagen 55** Distribución superficial de los efectos magnéticos en el medio físico del hierro fundido. Autoría del docente investigador.



**Imagen 56** Distribución superficial de los efectos magnéticos en el medio físico del hierro oxidado. Autoría del docente investigador.



**Imagen 57** Distribución superficial de los efectos magnéticos combinado medios físicos. Autoría del docente investigador.

De la imagen 52 a la 57 Se observan las reacciones de diferentes tipos de metales con la limadura de hierro y el campo de fuerza magnética. En estas actividades experimentales se observaron muchas diferencias de acuerdo al material, algunos tenían relación con alguno de los materiales de permeabilidad baja, pero otros eran en polo opuesto y generaba otro tipo de diálogos y análisis de los fenómenos observados que lleva a los distintos observadores a plantearse posibles causas de lo observado para su comprensión.

En el cobre, a mayor distancia entre la intensidad del campo magnético y otro cuerpo sufrirá un cambio direccional que se evidencia en la brújula; la idea de circunferencia se les apropia a los efectos de las polaridades de norte a sur; ello permitió a Faraday a llegar a nuevas reflexiones teniendo claro que los efectos magnéticos en interacción con cuerpos magnetizados afectan la distribución espacial y generando fuerza de atracción y repulsión por medio de la conducción y la inducción. Pero presentaba carencia en su formalización debido a que se tenía una organización experimental, pero faltaba su explicación lógica matemática la cual permitirá construir la magnitud del campo magnético. Se sabe que, si el campo magnético de un imán se interpone un trozo de hierro, se observa que las líneas de fuerza del campo sufren una modificación, acercándose al trozo de hierro, como si prefirieran pasar a través suyo en lugar de seguir por el aire. Por esto se dice que el hierro es más permeable que el aire en las líneas de fuerza. El hierro dulce es unos cientos de veces más permeable que el aire; para fines especiales se fabrican aleaciones de gran permeabilidad. La permeabilidad es una característica importante en un material, pues cuanto más permeable sea, más intensamente podrá ser imantado. La permeabilidad del hierro permite conservar durante mucho tiempo el magnetismo de un imán, cerrando con un puente de hierro el “circuito” de las líneas de fuerza. ¿Cómo el campo

magnético varia cambiando el medio de interacción? ¿Por qué el campo magnético afecta la distribución espacial de indicadores metálicos? ¿Los efectos magnéticos solo se generan solamente en los cuerpos metálicos? Para resumir, a continuación, se observa en la tabla 7 algunas de las particularidades de algunos materiales metálicos.

ORDEN	MATERIAL	NIVEL DE PERMEABILIDAD MAGNÉTICA	DESCRIPCIÓN CONCEPTUAL
1	COBRE	BAJA	Siendo metales, son materiales que presentan una permeabilidad baja, esto debido a que sus componentes permiten que pase fácilmente las líneas de fuerza magnética.
2	ALUMINIO		
3	BRONCE	ALTA	Estos materiales tienen como característica principal que su permeabilidad es alta, quiere decir que no dejan pasar las líneas de fuerza magnética, porque se distribuyen sobre toda la superficie, pero entre ellos existe una subdivisión que permite identificar sus aplicaciones científicas y tecnológicas como lo son súper alta (hierro), media alta (bronce y acero)
4	ACERO INOXIDABLE	ALTA	
5	HIERRO GALVANIZADO	ALTA	
6	HIERRO FUNDIDO	ALTA	
7	HIERRO OXIDADO	ALTA	

**Tabla 7** Niveles de permeabilidad en metales. Construcción desde la actividad experimental del docente investigador



**Imagen 58** Distribución superficial de los efectos magnéticos de medios físicos; sustancias y materiales. Autoría del docente investigador.

Como se observa en la imagen 58, al comparar los efectos que se generan sobre las placas de diferentes materiales, se observan cambios que son medibles para esto, usaremos la limadura de hierro como indicador respecto a la permeabilidad magnética, que en las placas donde se observa: las placas donde la forma de la limadura es semejante a la forma de la fuente magnética, esto se debe a que el material deja pasar las líneas de fuerza magnética, es decir, los materiales donde se conserva la forma su permeabilidad es baja; en cambio como se observa en las imágenes 52 a la 57 en donde el material es hierro en diferentes concentraciones, la permeabilidad magnética es alta, se observa que las formas no son las mismas de la fuente, ya que el material no deja pasar las líneas de fuerza magnética. Igualmente, sobre las diferentes placas de los materiales podemos relacionar la cantidad de limadura de hierro circundante con la

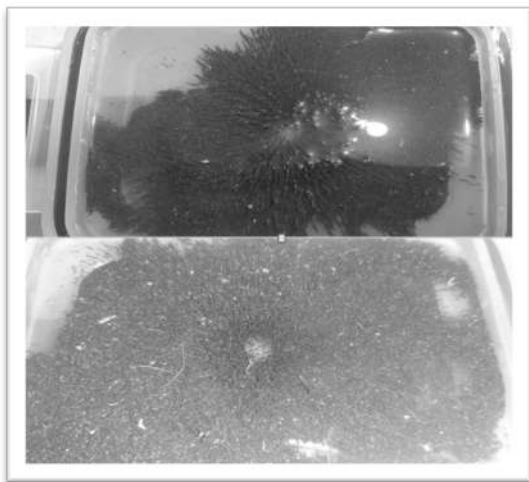


permeabilidad magnética. Estas cualidades son las que permiten plantear la permeabilidad magnética como una magnitud física.

Faraday desde sus experiencias significativas llegó a nuevas reflexiones conceptuales teniendo claro que los efectos magnéticos en interacción con cuerpos magnetizados afectan la distribución espacial y generando fuerza de atracción y repulsión por medio de la conducción y la inducción. Pero presentaba carencia en su formalización debido a que se tenía una organización experimental, pero faltaba su explicación lógica matemática la cual permitirá construir la magnitud del campo magnético. Se sabe que, si en el campo magnético de un imán se interpone un trozo de hierro, las líneas de fuerza del campo sufren una modificación, acercándose al trozo de hierro, como si prefirieran pasar a través suyo en lugar de seguir por el aire. Por esto se dice que el hierro es más permeable que el aire en las líneas de fuerza. El hierro dulce es unos cientos de veces más permeable que el aire; para fines especiales se fabrican aleaciones de gran permeabilidad. La permeabilidad es una característica importante en un material, pues cuanto más permeable sea, más intensamente podrá ser imantado. La permeabilidad del hierro permite conservar durante mucho tiempo el magnetismo de un imán, cerrando con un puente de hierro el “circuito” de las líneas de fuerza. ¿Cómo el campo magnético varía cambiando el medio de interacción? ¿Por qué el campo magnético afecta la distribución espacial de indicadores metálicos? ¿Los efectos magnéticos solo se generan solamente en los cuerpos metálicos?

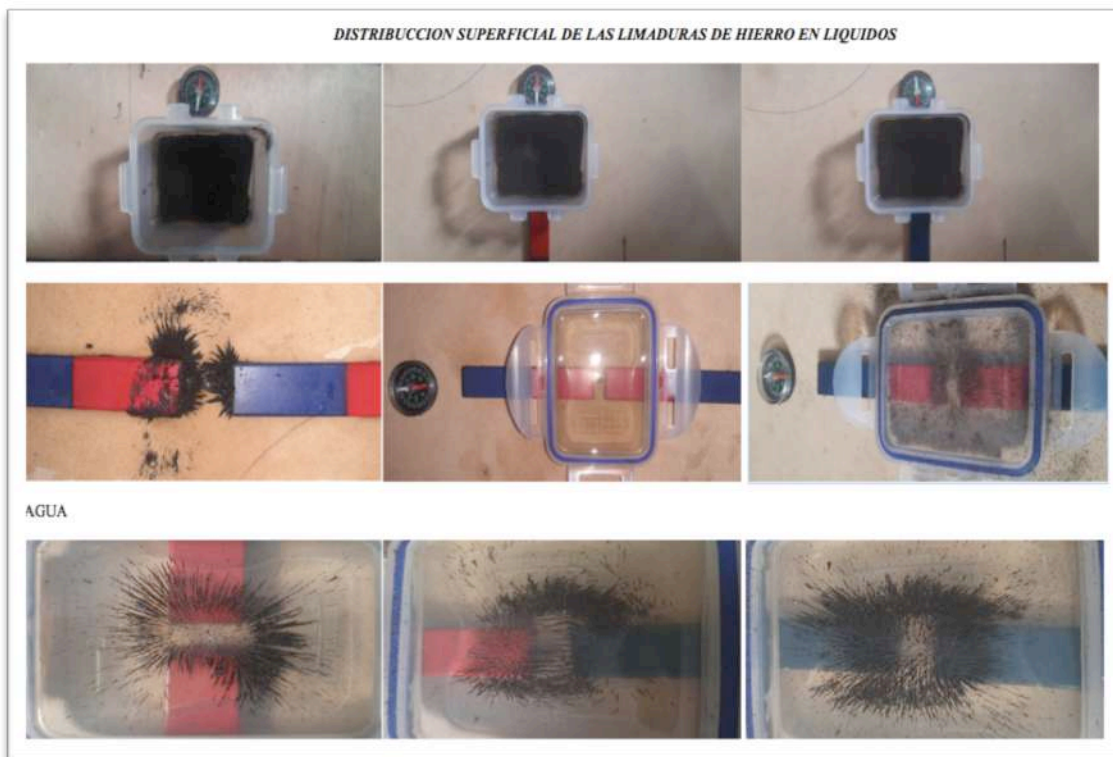
### 3.7. Perspectiva cualitativa de la permeabilidad magnética de algunas sustancias.

Se continúa con el análisis, con los mismos criterios cualitativos, la misma actividad experimental y con el mismo montaje, pero ahora las interacciones entre los imanes son permeadas con distintas sustancias.



**Imagen 59** Cambios magnéticos de la limadura en un material diamagnético: el agua. Distribución superficial de los efectos magnéticos en el medio físico en sustancias; El agua. Autoría del docente investigador.

Se debe tener en cuenta la cantidad de limadura de hierro, debido a que, al introducir la limadura en el agua imagen 59, no se podrá evidenciar los efectos con facilidad ya que esta sustancia se considera diamagnética, es decir, en presencia de una fuente magnética se genera el fenómeno de repulsión. Para observar con mayor detalle se utilizará bastante limadura de hierro para que sea proporcional a la cantidad de la sustancia.



**Imagen 60** Distribución superficial de los efectos magnéticos en sustancias; El agua. Autoría del docente investigador.

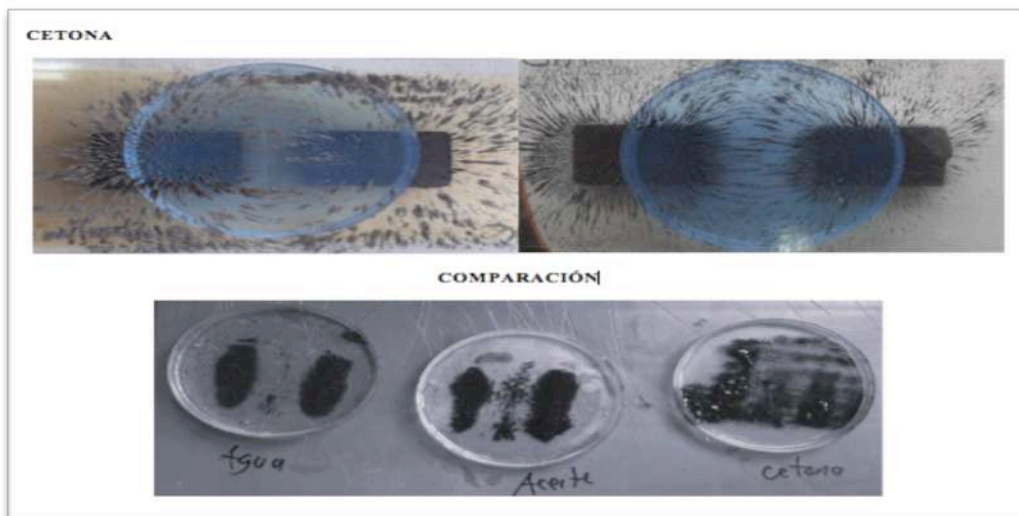
En la parte superior de la imagen 60, se observa un imán y la limadura de hierro sumergida dentro del agua, pero la orientación de la brújula cambia respecto al espacio-medio que se encuentra en los imanes y también depende de la polaridad del imán, comparando las posiciones de la brújula, donde no hay presencia de algún imán, la brújula toma la dirección del campo magnético terrestre, pero en las siguientes posiciones cambia respecto a estas indicaciones de la aguja imantada, con la polaridad roja (N), se mueve hacia el lado derecho y con el polo azul (S) que al encontrarse con la misma polaridad, la aguja rota 180 grados, pero se vuelve a mover hacia el lado derecho, respecto a la direccionalidad magnética de la polaridad terrestre, esto indica que las sustancias varían las direcciones de las líneas de fuerza magnética que atraviesan la limadura en el agua. Pero en los fenómenos de repulsión y atracción la limadura no sufre

cambios tan radicales, pero si se ven afectados en los cambios de las densidades de limaduras circundante de los polos magnéticos.



**Imagen 61** Distribución superficial de los efectos magnéticos en sustancias; Aceite y Alcohol. Autoría del docente investigador.

Vamos a comparar las formas, cantidades y distribuciones en cercanía de los imanes de la limadura en el agua, aceite y cetona, imágenes 59, 60, 61 y 62. Se observa que desde las particularidades magnéticas de cada sustancia en forma, densidad y orientación de la limadura de hierro permeadas presentan patrones en común que las variaciones de efectos ocurren en el espacio circundante a las fuentes magnéticas.



**Imagen 62** Comparación y distribución superficial de los efectos magnéticos en sustancias; La cetona. Autoría del docente investigador.



**Imagen 63** Distribución superficial de los efectos magnéticos combinando medios físicos entre sustancias y materiales. Autoría del docente investigador.

En la imagen 63 se realizan diferentes combinaciones de materiales de diferentes permeabilidades y se observó que en las combinaciones de aluminio y cobre y la de aluminio, cobre y vidrio son las representaciones que tienen permeabilidad baja y permeabilidad alta son las combinaciones de hierro, aluminio y agua y hierro fundido, hierro y plástico, ya que al distribuir las líneas de fuerza magnética se hace uniformemente en toda la superficie.

ORDEN	MATERIAL	NIVEL DE PERMEABILIDAD MAGNÉTICA	DESCRIPCIÓN CONCEPTUAL
1	AGUA	BAJA	La particularidad del agua esta en la forma del campo y en la dirección que toma la limadura de hierro en cercanías de los polos en el fenómeno de repulsión, debido a que la dirección de las líneas de fuerza magnética resultante no es hacia adentro, sino hacia fuera de la interacción; por esto es considerado un diamagnético con permeabilidad baja.
2	ALCOHOL		
3	ACEITE	MEDIA	Son sustancias que los cambios no son tan visibles, la cetona por ejemplo realiza una descripción de media alta y media baja (aceite)
4	CETONA	MEDIA	

**Tabla 8** Niveles de permeabilidad magnética en sustancias. Construcción desde la actividad experimental del docente investigador.

La conformación del concepto de las líneas de fuerza magnética como parte fundamental en la comprensión de los medios físicos magnéticos, para representar las acciones continuas resultantes de la superposición entre las acciones magnéticas externas y el medio permeado. “Se puede decir entonces que la permeabilidad magnética como una forma de medir y las formas de medida no son externas al fenómeno, sino que más bien son productos de amplios campos fenoménicos, es decir, la permeabilidad magnética es la relación de cualidades espaciales” (Malagón J.F. 2002). Se puede concluir, tabla 8, que la permeabilidad magnética es el producto de un proceso organizado desde la construcción histórico-crítica, los estudios de las cualidades magnéticas de los materiales, las diferentes experiencias, las discusiones, conclusiones y sustentaciones que permiten llegar a las diferentes clasificaciones y plantear posibles formas de medición.

### 3.8. Criterios para la clasificación y ordenación de la permeabilidad magnética.

En el camino, en la construcción de la permeabilidad magnética como magnitud física mediante la actividad experimental se debe tener en cuenta tres aspectos: el primero es la clasificación de diferentes materiales teniendo en cuenta la permeabilidad; el segundo es la ordenación de las cualidades por grados de bajo, medio y alto y como tercero las diferencias de grado en las orientaciones de la brújula, acumulaciones y cambios de forma de las limaduras de hierro.

En este orden de ideas, las cualidades o propiedades de la permeabilidad del medio magnético desde las cualidades o propiedades no están dadas y tienen que ir más allá de la experiencia sensible, sino que la permeabilidad magnética es un producto de un proceso de organización desde una construcción histórico-crítica, cualidades magnéticas de los cuerpos son formas dinámicas que amplían.

La permeabilidad magnética como cualidad espacial de las interacciones de materiales de diferente naturaleza, brinda herramientas para caracterizar este fenómeno. Para aclarar esta idea, se debe tener en cuenta que “no se puede cambiar el estado de permeabilidad magnética en un elemento del medio sin cambiar el estado de los elementos vecinos”, como lo fue la brújula en las limaduras de hierro y las distancias generadas al sufrir atracciones y/o repulsiones en los cuerpos magnetizados. Todo cambio de estado de la permeabilidad magnética del espacio implica una causa; para este caso se llamará cantidad de permeabilidad, estos cambios de estados igualmente se identificaron por la unidad de área de la superficie del medio, cuya orientación en la brújula es paralela a la dirección del flujo externo de los imanes o del material permeado

magnéticamente ( $\mu$ ). Por tal motivo en la imagen 64 se observa al lado izquierdo, los criterios experimentales que tuvo en cuenta Faraday en cuanto al comportamiento de la limadura de hierro en presencia o ausencia de una fuente de poder magnético y al lado derecho se encuentran los criterios fenomenológicos para identificar las posibles variables resultantes de las actividades experimentales que permite la comprensión de la permeabilidad magnética como una propiedad del espacio, que varía al cambiar el medio; como se observa en la parte superior derecha de la imagen se evidencian tres materiales (hierro, cobre y aire) y el cambio que hay en la concentración de la limadura de hierro en uno de los polos del campo de fuerza magnético.

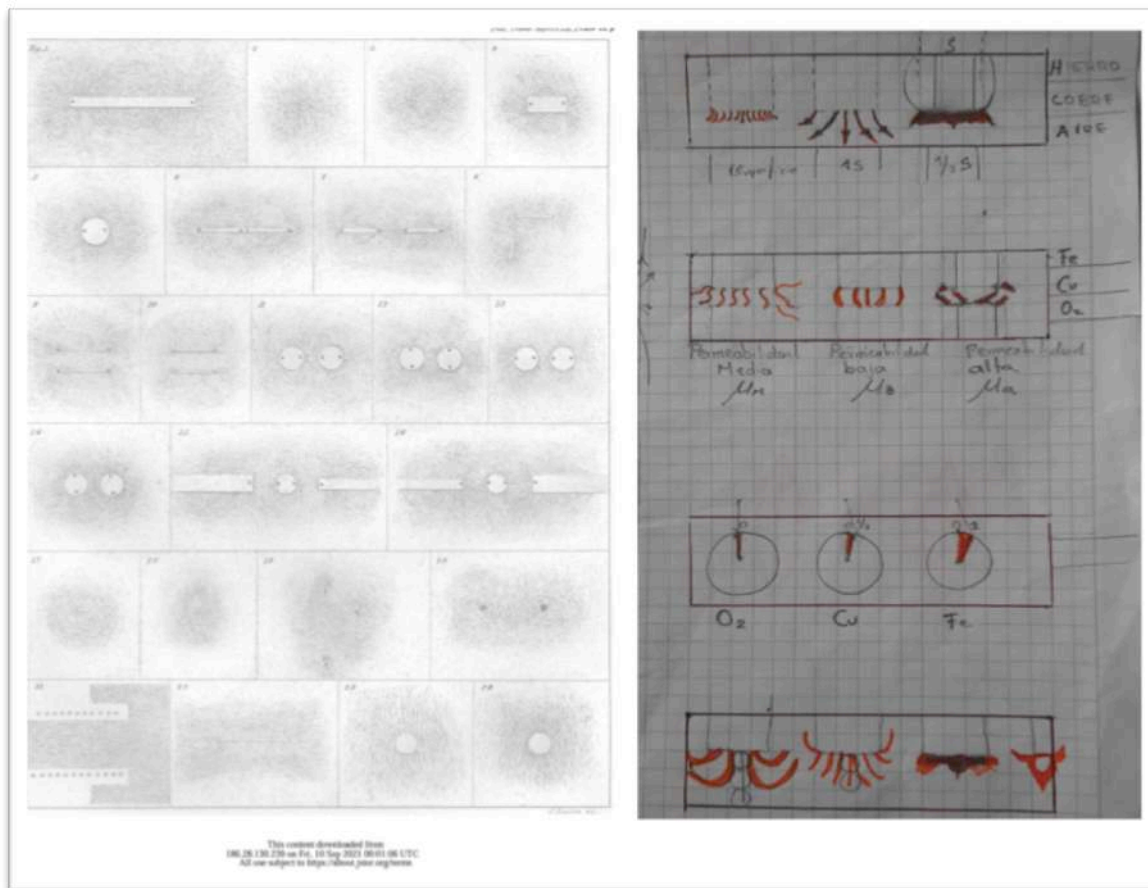
En la segunda parte de esta foto, con los mismos materiales, se ve que las direcciones de las concentraciones de la limadura son diferentes, y esta es una de las formas de establecer la permeabilidad baja, media y alta. Una analogía experimental de las dos imágenes es que Faraday, desde las formas de los efectos y concentraciones, usó materiales con permeabilidad baja como el cobre. En la imagen derecha se utiliza la brújula como un instrumento para identificar los cambios de los grados angulares cuando las líneas de fuerza atraviesan esos tipos de materiales que se comportan como medios físicos magnéticos, en los que se evidencian cambios muy pequeños, entre mayor sea el cambio la permeabilidad es baja, en cambio cuando no se evidencia ningún cambio en la aguja es porque el medio tiene una permeabilidad alta.

Estos resultados y análisis cualitativos surgen de la actividad experimental que permite comprender el cómo se comporta el medio físico circundante frente a fenómenos magnéticos y establecer una magnitud como propiedad magnética. La última parte de la imagen demuestra el



cómo desde una experiencia sensible se puede llegar a plantear representaciones geométricas de los efectos.

Para definir los criterios de clasificación y ordenación de la permeabilidad magnética se realizó el análisis de las actividades experimentales, el registro audiovisual y la comparación de las líneas de fuerza de la limadura de hierro (grosor, cambios, concentraciones, etc.) Es decir, el análisis de las observaciones y las comparaciones de registros e imágenes y clasificar los distintos materiales a partir de la de la forma de las líneas de fuerza de la limadura de hierro - de la cantidad de las líneas de la limadura de hierro del grosor de las líneas de fuerza magnética de las limaduras de hierro y los cambios angulares en la brújula.



**Imagen 64** Criterios y variables experimentales iniciales para la clasificación de la permeabilidad magnética. Autoría del docente investigador.

- Los medios de interacción donde la distribución superficial de la limadura se observa definida, se evidencia la formación de bastantes líneas curvas de fuerza magnética de la limadura, muy cercanas una de la otra y algunas se presentan bastantes gruesas y se evidencia un cambio angular en las orientaciones de la brújula (Permeabilidad Baja).
- Los medios de interacción donde la distribución superficial de la limadura no se observan tan definidas, no son tan visibles las líneas curvas de fuerza magnética de la limadura y algunas se presentan bastantes gruesas como otras delgadas y se evidencia

un cambio muy diminuto angular en las orientaciones de la brújula (Permeabilidad Media).

- Los medios de interacción donde la distribución superficial de las limaduras no se observa ninguna curva magnética definida, no se forman líneas curvas de fuerza magnética de la limadura, algunas se presentan bastantes gruesas y no se evidencia cambios angulares en las orientaciones de la brújula (Permeabilidad Alta).

Otro criterio experimental de clasificación de estas permeabilidades se puede establecer con la capacidad del imán al pegar diferentes cuerpos, es decir:

- Los medios de interacción que permiten con mayor grado atravesar cantidad de fuerza magnética al sostener más cuerpos A. (Permeabilidad Baja).
- Los medios de interacción que permiten sostener con menor atravesar cantidad de fuerza magnética al sostener pocos cuerpos A (Permeabilidad Media).
- Los medios de interacción que no permiten atravesar la misma cantidad de fuerza, la no sostener ningún cuerpo A (Permeabilidad Alta)

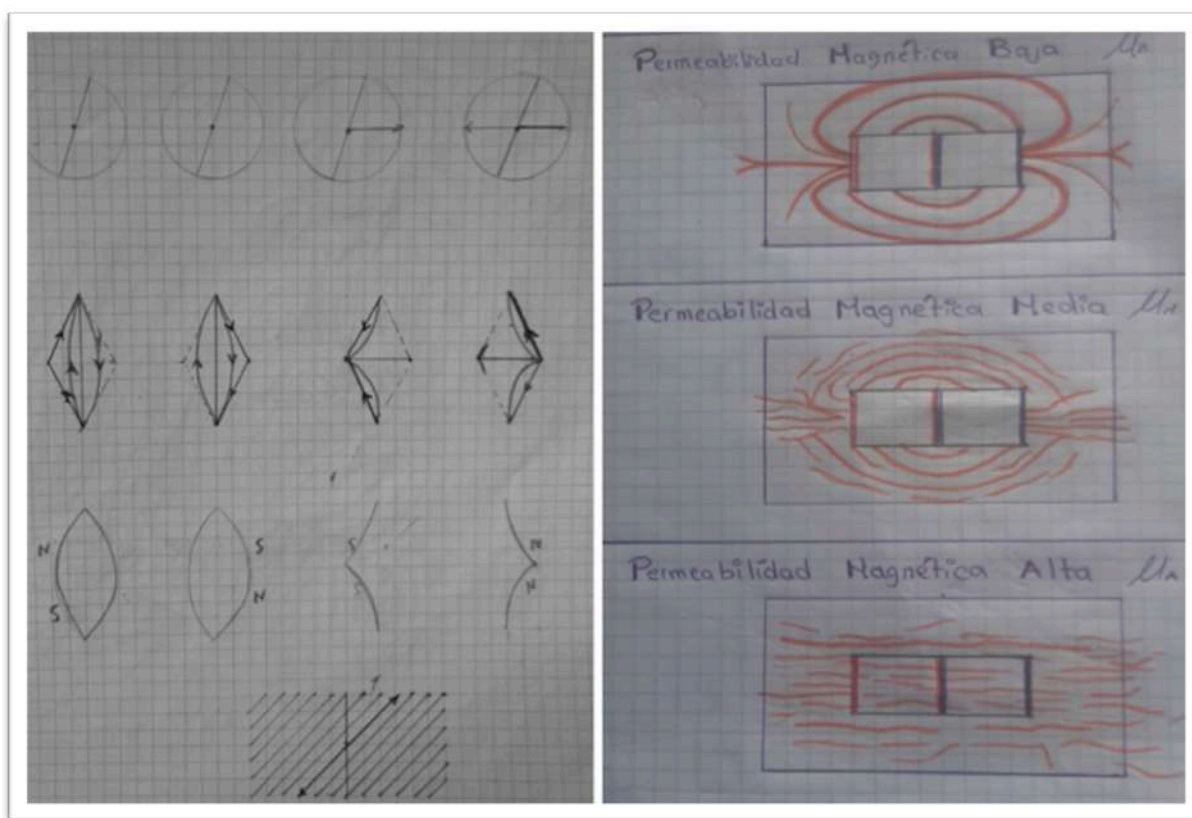
### 3.9. Cualidades y variables físicas experimentales de la permeabilidad magnética.

Se presentan tres clasificaciones usadas durante cada experiencia, como se mencionó anteriormente, alta, media, baja y las alteraciones que se generan al cambiar el medio, es decir su estado magnético, esto implica que la permeabilidad tiene una relación directa con:

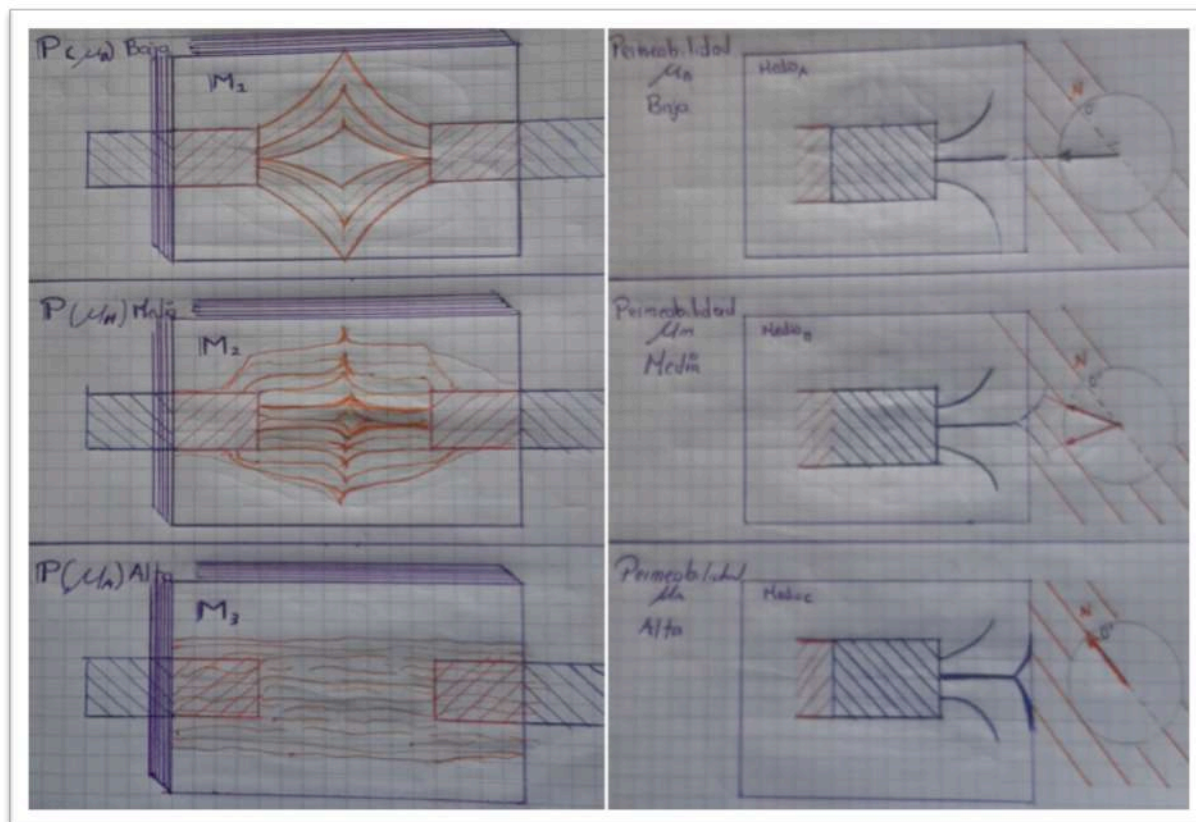
- Cambios de la cantidad por área de acumulaciones de las limaduras de hierro (material ferromagnético) que se forman en los polos, en cercanía de ellos y en toda la distribución espacial en diferentes medios magnéticos, al ser expuestos ante un imán y en imanes con similar y distinta polaridad.
- Cambios de las formas espaciales de la limadura de hierro en distintos medios, al variar la configuración de los medios en interacción con una fuente magnética y entre imanes en igual o similar polaridad.
- Cambios de las distancias que se genera entre la fuente de poder magnético y las primeras líneas de fuerza magnética y en las siguientes al variar el estado magnético permeado.
- Las direcciones de estas acumulaciones que se generan en las proximidades del imán, y luego con dos o más imanes con igual y/o distinta polaridad, que se observan en los cambios de la brújula en diferentes puntos del espacio y al variar los distintos medios.
- Representaciones geométricas de las superposiciones de las líneas de fuerza de cada uno en su polaridad; se representará las líneas de fuerza magnética del polo A con color azul y la de polo B con color azul y las formas resultantes con color negro.
- Cantidad de permeabilidad magnética frente al cambio de la fuerza magnética (distancia entre la fuente de poder y el cuerpo que levita) al cambiar el medio y/o sustancias entre los imanes con similar polaridad, medidas en el permeabilímetro, ya que al poner los imanes con diferente polaridad se observa la fuerza magnética y los obliga a acercarse mutuamente, sin poder observar los cambios entre los imanes al

cambiar de medio. En cambio, si su polaridad es la misma los obliga a alejarse y sus cambios pueden ser medibles.

Por estas razones experimentales y conceptuales, se entiende Estado magnético como las distintas interacciones entre los elementos nombrados anteriormente, por otra parte, en la ampliación de la experiencia al cambiar medios físicos y configuraciones del fenómeno, se generan cambios en el espacio físico como se evidencia en la imagen 65.



**Imagen 65** Densidad: criterio experimental para la clasificación de la permeabilidad del espacio - medio. Autoría del docente investigador.



**Imagen 66** Forma y Dirección: criterio experimental para la clasificación de la permeabilidad del espacio - medio. Autoría del docente investigador.

En la imagen 66, parte izquierda, se diagraman las diferentes posibilidades de la línea de fuerza magnética resultante de las interacciones de cuerpos magnéticos, se pueden representar con la superposición de las líneas de fuerza magnética que se forman en el espacio, por ende, los estados magnéticos también se pueden clasificar como un estado que presenta una permeabilidad magnética alta, media y baja.

En la parte derecha de la imagen 66, se representan los efectos evidenciados al esparcir sobre un lado de la placa, de diferentes materiales, la limadura de hierro y al otro lado de la placa se encuentra un campo magnético. Esas representaciones del fenómeno se basaron en el desarrollo

de diferentes experimentos para la caracterización y clasificación de los medios con respecto a su comportamiento magnético. Es aquí donde se toma el aire como el medio base y el punto cero para iniciar la medición, es decir, que se supone que la limadura toma la misma forma del campo magnético, igualmente cuando se analizan las propiedades del medio mediante la descripción de la limadura de hierro, la placa de vidrio se convierte en el punto de referencia para identificar el tipo de permeabilidad como baja, media o alta, entendidas así:

- Alta: los cambios de dirección, la acumulación y representaciones de las líneas no son tan evidentes en los medios y genera un menor desplazamiento en repulsiones entre los imanes medida en el permeabilímetro.
- Media: los cambios de dirección, la acumulación y representaciones de las líneas son moderadamente evidentes en los medios. Conserva la misma medida de repulsión de los imanes frente al punto de referencia.
- Baja: los cambios de dirección, la acumulación y representaciones de las líneas se definen con mayor claridad en los medios. No hay distancia entre el medio y la repulsión de los imanes.

Al poner cuerpos de alta y baja permeabilidad en contacto con imanes, se dan efectos de atracción y de repulsión, que al estudiar distintas disposiciones experimentales de los imanes se registran formas de limadura que cambian en dirección visibles en la brújula y cantidad por área de la acumulación, y que se representan de diferentes formas.

*¿Cuál fue el proceso instrumental que permitió la ampliación de la experiencia?*



**Imagen 67** Permeabilímetros magnéticos.  
Autoría del docente investigador.

medición de los Estados magnéticos desde la idea de la variable de permeabilidad magnética de los medios físicos.

Al poner cuerpos de alta y baja permeabilidad en contacto con imanes, se dan efectos de atracción y de repulsión, que al estudiar distintas disposiciones experimentales de los imanes se registran formas de limadura que cambian en dirección visibles en la brújula y cantidad por área de la acumulación, y que se representan de diferentes formas:

- Planear, identificar y construir de manera rústica diferentes instrumentos para la medición (imagen 67), revisar la calibración de cada uno para elegir el que sea el más acertado para medir la permeabilidad.

- Construcción del Permeabilímetro y



Indicador magnético: Permeabilímetro magnéticos imagen 68:

Esta parte final de la actividad experimental pretende posibilitar la construcción de explicaciones por parte de los estudiantes del comportamiento de las propiedades magnéticas del espacio-medio mediante el análisis cualitativo y cuantitativo de las observaciones y la resolución de las situaciones problemáticas que se plantean en esta unidad de análisis, después de reconstruir todo un saber experimental y conceptual de la permeabilidad magnética, conocimientos que se aplicarán en los distintos procesos de mediciones en los diferentes permeabilímetro, cada vez más re-contextualizados, sofisticados y complejos, pero buscando la mejor forma de medir la permeabilidad magnética de diferentes medios. Estas mediciones se realizarán comparando los efectos de las distancias que toman dos imanes en repulsión con distintas magnitudes lineales y angulares. Igualmente se pondrá en discusión otro elemento en la actividad experimental, como lo es la construcción de instrumentos de medida y magnitudes físicas para comprender que el permeabilímetro magnético permite clasificar y realizar una ordenación de los cuerpos y las sustancias desde la magnitud física del medio.



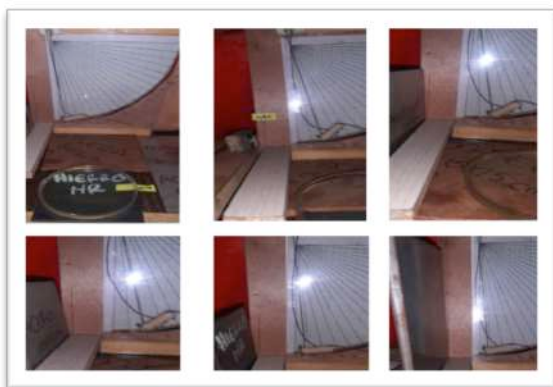
**Imagen 69**  
Permeabilímetro magnético, como indicador. Autoría del docente investigador.



**Imagen 68** Permeabilímetro magnético. Autoría del docente investigador.

- El primero de ellos, imagen 69, permite identificar y medir en centímetros la distancia entre dos imanes con igual

polaridad, interacciones que se dan en el medio físico como es el aire, pero no permite cambiar el medio de interacción entre los imanes, esto no permite evidenciar las variaciones espaciales cuando se cambia el medio de interacción.



**Imagen 70** Permeabilímetro magnético angular. Autoría del docente investigador.

- El segundo instrumento, permeabilímetro angular magnético, imagen 70, permite ahora comparar los cambios espaciales de un imán flotante respecto a

otro similar con iguales polaridades con las escalas angulares sobre un plano, en comparación con el primer permeabilímetro, este sí permite el intercambio de los espacio-medios para evidenciar que la variación de los efectos magnéticos angulares depende de la permeabilidad magnética del medio que se interpone entre los dos imanes, pero el instrumento presenta un inconveniente al tener en cuenta la fricción entre el aire y los movimientos del imán flotante debido que sus análisis pueden confundirse con los efectos de otro tipos de fenómenos.



**Imagen 71** Permeabilímetro magnético. Autoría del docente investigador.

- El tercer instrumento, imagen 71, fue le que permitio tener una observación más detallada del los cambios debido a que su diseño permitió ubicar y mantener fijo el iman para que no se voltearan, y mantener un grado de libertad para mayor

precisión y el intercambio de los medios se daba más fácil sin que se confundiera con otros fenómenos.

### 3.10. El permeabilímetro magnético como instrumento de medida.

Medir es la comparación de la magnitud que se está estudiando con un patrón de medida. Si cada persona tuviera su propio patrón de medida, sólo él comprendería el valor de su resultado y no podría establecer comparaciones, a menos que supiera la equivalencia entre su patrón y el de su vecino. Por esta razón se ha acordado el establecimiento de un patrón. Si bien hasta hace poco, algunos países utilizaban como sistema de unidades el Sistema Británico, y otros países el Sistema Métrico Decimal. ¿Existen escalas magnéticas?

La menor división en la escala de cualquier instrumento se llama apreciación. Cuando se lee en un instrumento una escala única, se aproxima la lectura a la división más cercana. Por esto, el máximo error que se puede cometer en dicha medición es de más o menos la apreciación. Por lo anterior, cualquier medida nunca es exacta, su última cifra siempre es aproximada, debido a ello toda medida presenta siempre una incertidumbre o error determinado por la precisión del instrumento. La determinación de la apreciación de un instrumento que tiene solamente una escala se realiza siguiendo la explicación dada a continuación: como se mencionó anterior mente es importante definir la escala de medida y por ende los valores con los cuales se va a trabajar, que pueden ser consecutivos o no y determinar cuál va a ser mayor y cual el menor. Se puede decir que el resultado de una medida es lo que se conoce como el valor de la magnitud.

Creemos que la permanencia de un instrumento como el permeabilímetro merece un estudio detenido desde un punto de vista epistemológico. La importancia de los instrumentos de medición ha sido largamente descuidada en la epistemología moderna, para la cual la mayor parte de la tarea de la investigación científica se da en el campo de la reflexión teórica.

En la recontextualización histórica de los instrumentos podemos establecer relaciones fenomenológicas entre el electroscopio y el permeabilímetro como se establece en el siguiente enunciado.

“Es en verdad el electroscopio un instrumento de medición que se puede calificar como muy simple. Consta, en su versión más elemental, aquella que se presenta al comienzo de los textos básicos, para no aparecer nunca más en los capítulos siguientes, de dos livianas hojuelas de metal unidas por su parte superior, las cuales al ser cargadas con electricidad se repelen mutuamente. El valor del ángulo que forman brinda una idea sobre la cantidad de carga en juego. El todo viene dentro de una caja de metal, que aísla al elemento sensor de las influencias externas, provista de una ventana de cristal que evita las perturbaciones mecánicas de la atmósfera y permite observar las hojuelas”  
"A preliminary discourse on the natural philosophy" (The University of Chicago Press, 1987).

Por tal motivo el permeabilímetro, sus partes y sus medidas permite caracterizar conceptualmente y experimental la magnitud física de la permeabilidad con la medición de los cambios entre imanes cuando se cambia el medio donde ocurren sus interacciones. Los instrumentos son los mediadores entre las formulaciones teóricas y lo real, usando un lenguaje

baconiano se podría decir que son los agentes del dominio de los seres humanos sobre la naturaleza, como se ha dicho tantas veces son los intermediarios por los cuales extendemos nuestros sentidos y podemos captar sensaciones de otro modo imperceptibles. La historia de la ciencia nos enseña que las ramas del conocimiento donde la masa de hechos experimentales acumulada es de poca cantidad no logran conformarse sobre una base teórica.

### 3.10.1. Proceso para la construcción del permeabilímetro magnético.

Después de caracterizas las acciones magnéticas del medio con de las representaciones de las líneas de fuerza magnética y que sus variaciones son debidas a los cambios del espacio-medio donde se distribuyen las acciones magnéticas. Debido que en el fenómeno de atracción no se genera cambios excepto la unión inmediata entre imanes, el instrumento aplicar la repulsión entre estos dos imanes y sus variaciones son más perceptible a los sujetos cuando se cambia el medio entre la interacción de los imanes. Por tal motivo para dar explicación a los efectos magnéticos, la superposición de líneas de fuerza magnética es la mejor forma para representar mis nuevas explicaciones.

Al revisar los tres modelos de permeabilímetro contruidos para realizar las diferentes mediciones que permite dar un orden a los materiales desde su cualidad magnética de su permeabilidad, se determinó que el tercer artefacto, el permeabilímetro cilíndrico, era el más preciso para realizar las mediciones de permeabilidad, por este motivo se llevó el modelo para su elaboración en acrílico, el artefacto se compone de dos placas planas con una separación entre ellas de 1cm, en la placa de abajo en el centro hay dos imanes redondos planos de neodimio, en

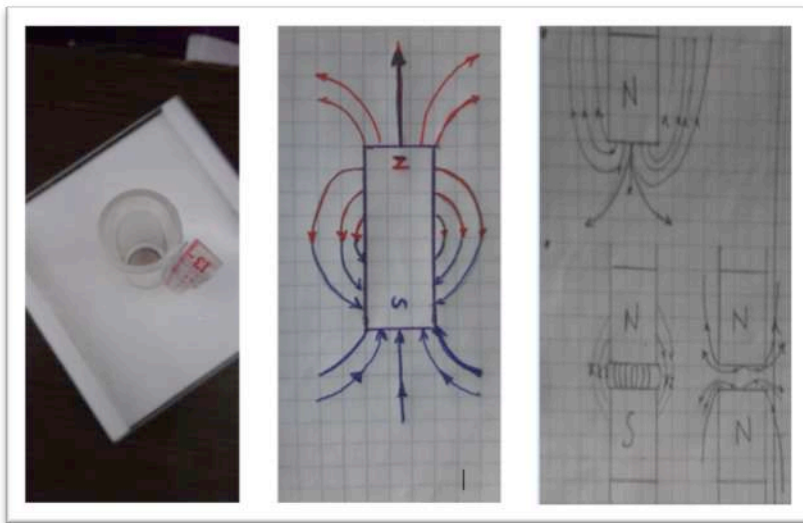
medio de la placa de arriba hay un tubo de 12 cm donde estarán los imanes flotante; el objetivo del espacio entre las placas es poner los diferentes materiales para determinar la permeabilidad



de estos. Como se observa en la imagen 72.

**Imagen 72** Permeabilímetro magnético.  
Autoría del docente investigador.

Ahora que está claro cómo se construyó el permeabilímetro cilíndrico se tratará el funcionamiento del mismo, para ello se tendrá en cuenta la imagen 73. En la imagen del centro permite identificar el comportamiento del campo magnético circundante al imán flotante, en la imagen de la izquierda, muestra por qué el diseño del cilindro permite restringir el movimiento que pueda tener el imán y en la imagen de la derecha vemos la representación de lo que sucede en el cilindro con el punto de referencia, aire, que va a variar cuando se interpone entre los imanes los diferentes materiales, cuando los imanes están en repulsión, ya que cuando están en atracción no es fácil realizar el intercambio de materiales.



**Imagen 73** Comportamiento de los imanes en el permeabilímetro. Autoría del docente investigador.

### 3.11. Mediciones cuantitativas de la permeabilidad magnética.

Antes de realizar cualquier medición se debe realizar la calibración de los imanes flotantes, en la medida de la permeabilidad magnética que es afectada en el aire en el fenómeno de repulsión 4 cm; después de esto, se inicia la medición con los materiales sólidos, como el hierro, que presentan una permeabilidad alta ya que al estar cercanía a un imán se atraer inmediatamente, pero, como sus líneas de fuerza magnética no atraviesan su superficie el imán flotante se atrae inmediatamente a la otra cara de la placa de hierro, por tal motivo se genera el fenómeno de repulsión independiente del fenómeno que se genera al otro extremo, es aquí donde se evidencia que las líneas de fuerza magnética no atraviesan la placa, sino se distribuyen sobre la superficie y en un indicador como la limadura de hierro se evidencia las superposiciones de estas líneas con diferentes densidades y direcciones. Luego, con las placas y líquidos con permeabilidad media se observa que en la medida de relación a la métrica cambia reduciendo la distancia entre los imanes, es decir la cantidad de líneas de

fuerza magnética no permea el medio en su totalidad y una parte atraviesa la superficie y la otra se distribuye sobre la placa. Imagen 74

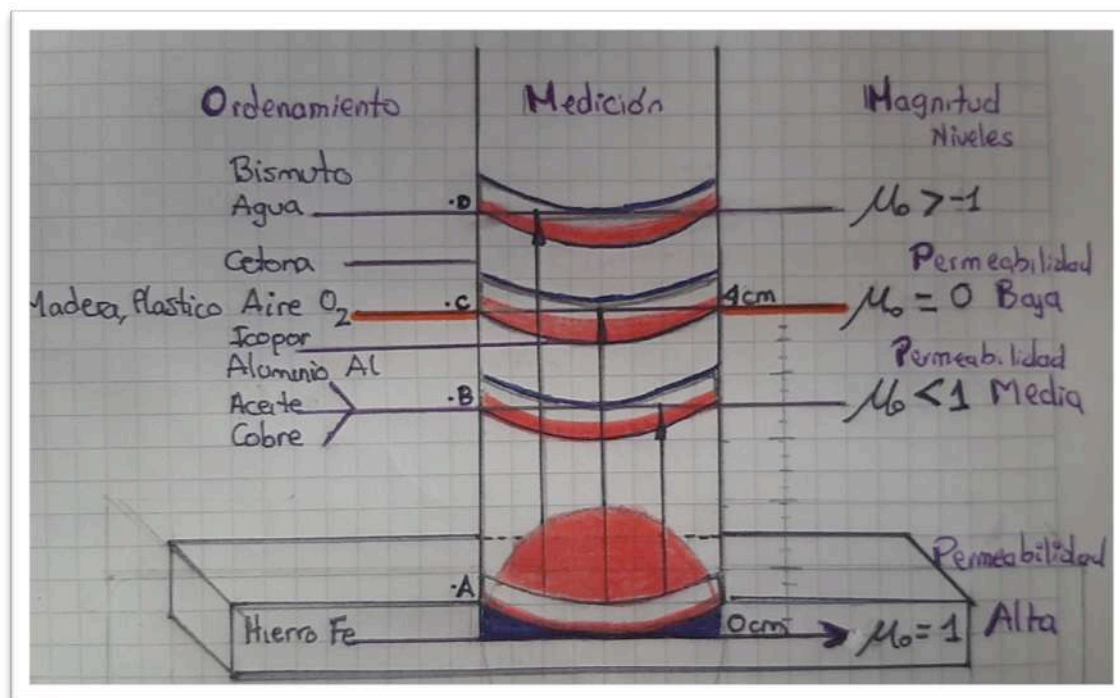


**Imagen 74** Mediciones en el permeabilímetro magnético. Autoría del docente investigador.

### 3.12. Tablas de ordenación de materiales y sustancias desde su permeabilidad magnética.

Después de realizar las mediciones por medio del permeabilímetro, se puede evidenciar como se explica en la imagen 75 cómo funciona la medición, se tiene como punto base la distancia que hay entre los imanes en repulsión solo con el aire como medio de interacción 4 cm, como se menciona anteriormente este número será el punto de partida como el cero en la medición de la permeabilidad magnética, si al interponer algún medio la medición supera más de cuatro se toma como permeabilidad baja, si por el contrario al interponer algún medio el imán se atrae al otro y su medición baja se tomará como permeabilidad media y si baja hasta acercarse mucho o pegarse a la placa o líquido la permeabilidad será alta.





**Imagen 75** comparación de los resultados de la medición de la permeabilidad magnética. Autoría del docente investigador.

En la tabla 9, se realiza la clasificación de permeabilidad alta, media y baja de los materiales con los que se realizó la actividad experimental teniendo en cuenta lo explicado con la imagen 75, es de aclarar que en esta clasificación se tuvieron encuentra las siguientes observaciones:

- Permeabilidad baja: mayor o igual a 4 cm de distancia entre imanes
- Permeabilidad media: de 2 a 3.9 cm de distancia entre imanes
- Permeabilidad alta de 0 a 2 cm de distancia entre imanes.

PERMEABILIDAD MAGNÉTICA PATRÓN	PERMEABILIDAD MAGNÉTICA ALTA	PERMEABILIDAD MAGNÉTICA MEDIA	PERMEABILIDAD MAGNÉTICA BAJA
ACCIONES MAGNÉTICAS EN LA TIERRA Y EN EL AIRE	HIERRO (Fe) EN DIFERENTES CONCENTRACIONES: HR, HD, GALVANIZADO Y ALTAMENTE OXIDADO ACERO INOXIDABLE BRONCE	PLÁSTICO ACETATO MADERA VIDRIO CERÁMICA ESPUMA ACEITE	ALUMINIO COBRE ICOPOR AGUA CETONA

**Tabla 9** Clasificación final de la permeabilidad de materiales y sustancias. Autoría del docente investigador.

### 3.13. La permeabilidad magnética de los medios físicos, como magnitud física.

Después de realizar la comprensión de la medida de permeabilidad magnética y el ordenamiento de los medios físicos magnéticos por parte del docente investigador, se puede afirmar que:

La medición permite caracterizar la actividad experimental, y con la comprensión de los efectos magnéticos, ampliar la experiencia de los sujetos en la búsqueda de explicaciones de los fenómenos magnéticos, permitiendo establecer relaciones no solo en términos de polaridades, repulsión y atracción, sino también con las descripciones de las cualidades que identifican el espacio-medio que presentan propiedades magnéticas, es decir, atribuir al espacio permeado magnéticamente comparaciones numéricas entre la permeabilidad magnética de algunos materiales y la escala de medición; estos fueron aplicados a la construcción del instrumento,

denominado permeabilímetro, que permitirá la medición de las propiedades magnéticas de los diferentes cuerpos y sustancias.

También se observó que la fenomenología experimental, orienta la construcción de la magnitud de la permeabilidad magnética desde las mediciones cualitativas y cuantitativas, debido a que en el proceso de medición, se pone en juego diferentes cualidades, aun las que no son medibles, que aparecen durante la actividad experimental, algunas son: las variaciones de las distribuciones espaciales magnéticas, las densidades superficiales y la direccionalidad de las fuerzas magnéticas, éstas cualidades del estado magnético de los medios físicos y sus cambios son medibles; esta medida cuantitativa de sus variables, se identificaron criterios para la construcción del permeabilímetro magnético, en el cual, podemos afirmar mediante una comparación numérica de cuanto más o cuanto menos los medios físicos tienen la facilidad o dificultad de permearse magnéticamente, esto en presencia de un campo magnético externo constante en el espacio-medio para dejar atravesar los efectos magnéticos o saber si la propiedad presenta un comportamiento mayor, igual o menor entre distintos materiales que se ubica en el medio de dos imanes con la misma polaridad variando las distancias, expresadas mediante la escala de medición.

La verificación para medir es comparar una propiedad de un objeto (cuerpos-interacción-espacio-medio) con otro que presente igual o un comportamiento magnético cercano, como lo describió Faraday. Al quitar el medio (placas o líquidos) se evidenció que el espacio que se mantenía entre los dos imanes en repulsión es de 4cm de separación en el permeabilímetro, es decir, que el aire se convierte en el punto 0 de partida en la medición en la cinta métrica.

Además, este número permite ordenar los grados e intensidades que atraviesa cada material para establecer semejanzas y diferencias entre los distintos medios, para así comprender el fenómeno desde dos visiones complementarias, así generar prácticas experimentales escolares que permitan formar ambientes de aprendizajes científicos. Es de aclarar que al cambiar el medio se calibra el imán flotante para disminuir la imprecisión en la medida. Tal cual como se plantea en el siguiente párrafo:

“Esta forma de entender la medición, señalan De Andrade (2007) y Romero y Rodríguez (2006), ocasiona, en el ámbito pedagógico, graves inconvenientes que impiden una adecuada comprensión del proceso de organización de la experiencia sensible y de la construcción conceptual, característica de la actividad científica. Se asume una clara separación entre la teoría y el experimental considerar que ésta se reduce al cotejo de los resultados obtenidos y a los esperados vía el análisis estadístico y la teoría de errores. No es de extrañar que el complejo problema de la medición se convierta únicamente en un asunto de la precisión de los instrumentos y de las técnicas de medida y de procedimientos de datos.”

La forma de comprender la permeabilidad como una magnitud física, reconoce los sustentos que se construyó históricamente, como por ejemplo Helmholtz (1887), quien afirma que las magnitudes físicas son relativas al significado de la igualdad o desigualdad aplicada a las cualidades de los objetos o criterios de comparación o cómo se construyó pedagógicamente donde el fundamento de las magnitudes como lo plantean Ayala, Sandoval y Malagón (2011) en donde a los fenómenos se les suelen asignar características, variables o cualidades.

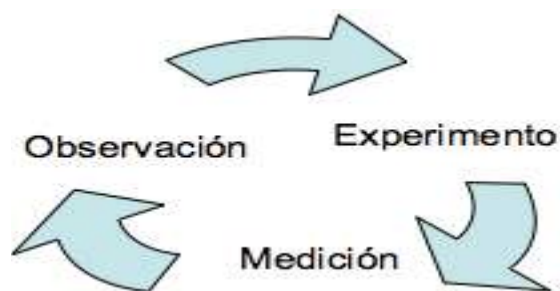
Los análisis experimentales y conceptuales permiten centrar el concepto de permeabilidad magnética desde su comprensión de la naturaleza, condición, dirección y cantidad de fuerza magnética que se está ejerciendo, de igual forma, se evidencia que el campo magnético, no es observable, se puede realizar diferentes tipos de representaciones para ver la interacción (permeabilidad magnética) entre el campo magnético, los diferentes medios y la limadura, que dependiendo del estímulo cambia la dirección. La cantidad de líneas de fuerza magnética que atraviesan los cuerpos dan cuenta de una relación con la permeabilidad magnética de la siguiente manera: cuando el medio tiene una permeabilidad magnética baja se observan fuerzas de repulsión altas, en cambio se observan fuerzas de repulsión baja con medios de permeabilidad magnética alta, lo cual será un fundamento para la construcción del permeabilímetro

La permeabilidad magnética cuantificaría sus efectos, describe las propiedades del espacio, la fuerza magnética que se presenta de las interacciones de las polaridades magnéticas en relación su acumulación y las orientaciones de la aguja imantada de brújula, además de los diferentes estados magnéticos que subyacen de estas combinaciones (hierro en aire o en agua, aceite, etc.) Complementando la primera definición de permeabilidad magnética se toma como la propiedad espacial que tienen los diferentes materiales, medios o sustancias de afectar y ser afectados por los diversos campos magnéticos, así como la capacidad de transformarse en fuentes sin necesidad de corrientes externas.

La permeabilidad magnética se explica desde las distancias que se generan en las interacciones de polaridades entre dos cuerpos, el cambio angular que sufre el imán péndulo permeabilidad magnética respecto al campo magnético terrestre (Gilbert); es decir, no solo se

puede explicar desde la observación sensible, sino desde el análisis y los cambios de atracción y repulsión de los cuerpos en interacción. También permite realizar un estudio desde la geometría al establecer relaciones entre las superposiciones de las direcciones de estos flujos en la superficie y los cambios que sufren como se observa en las interacciones entre las polaridades de dos imanes de barra suspendidos y una brújula. Igualmente, afecta las líneas curvas que observamos en la configuración espacial dependiendo del medio en el que se realice la interacción. Por ejemplo, la limadura de hierro presenta una permeabilidad alta ante cualquier campo magnético externo, pero igualmente se comporta como un imán más. Por tal motivo podemos afirmar que aquellas curvas que se forman en la interacción de los efectos magnéticos son igualmente cerradas. Pero al interponerle aluminio la limadura que se encuentra después de este no es atraída.

La interpretación de la percepción de la permeabilidad magnética no desconoce las reacciones de las relaciones eléctricas, no prioriza una sobre la otra, sino que permite buscar alternativas de explicación que ampliaría la experiencia en la reconstrucción del saber que se ha tenido históricamente de la naturaleza magnética de la materia; desde sus imágenes, formas de representar y el lenguaje científico al realizar la construcción de explicaciones.



**Diagrama 4** Proceso dinámico de la actividad experimental. Autoría del docente investigador.

En la construcción del concepto de permeabilidad magnética como una magnitud física, entra a jugar el instrumento de medida, que permite observar, comparar y medir su fuerza magnética dependiendo de la permeabilidad del medio donde

ocurren los efectos, esto permitió la construcción del permeabilímetro, identificando y utilizando las cualidades magnéticas de cada una de sus partes para ser utilizadas. Es decir, como se muestra en el diagrama 4 la actividad experimental es un trabajo complejo donde intervienen estos procesos (observación, experimento y medición), ya que por presentar cambios conceptuales constantes se deben realizar permanentemente.

En el permeabilímetro existe un estado o condición alrededor de las interacciones entre las polaridades y el objeto suspendido, que depende de la naturaleza del material y del área por donde el flujo magnético externo lo permea, por tal motivo a mayor área permeada mayor flujo. Otra razón de proporcionalidad que se puede establecer es que el flujo magnético que se encuentra entre los estados de permeabilidad alta (hierro), cede con mayor facilidad en otros cuerpos su atracción, convirtiéndolos en imanes. A mayor permeabilidad mayor cambio del flujo externo en el espacio. Los medios que se permean con mayor facilidad generan mayor distancia de repulsión, por eso las concentraciones magnéticas varían respecto a la permeabilidad magnética del medio.

Todos los imanes poseen dos polos o regiones próximas a sus extremos en las que se concentra la actividad magnética. Algunos cuerpos adquieren la propiedad de atraer a otros sin ser magnéticos. No se han observado nunca polos magnéticos aislados, el medio afecta la interacción entre cuerpos magnetizados. Se puede clasificar las sustancias dependiendo de su permeabilidad magnética, por eso se puede realizar una medición cualitativa de los medios desde las siguientes variables magnéticas:

- La naturaleza y condición de los medios magnetizados y no magnetizados.

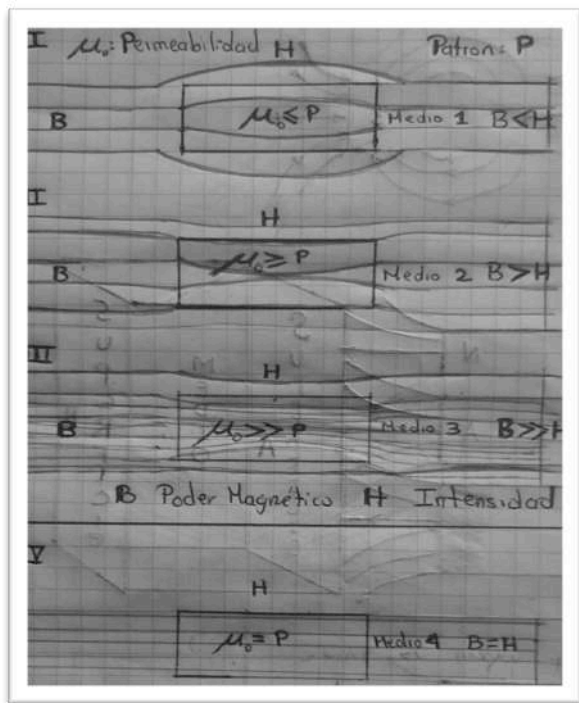
- La cantidad de limadura por área ( $m^2$ ) de la superficie del medio magnetizado.
- Los cambios de direccionalidad de las líneas de fuerza magnética que se distribuye en el medio.
- Los cambios de fuerza de repulsión al interponer diferentes medios; cuerpos y sustancias.

La organización experimental que se plantea en la concepción de permeabilidad magnética mediante las formas de las superposiciones de las acciones magnéticas de los cuerpos permeables como la limadura de hierro. Ahora, La permeabilidad magnética no pretende romper con la idea de una región cerrada de este flujo magnético, sino sus cambios de direcciones y las concentraciones en las polaridades del medio y así identificar cuánto más o cuánto menos es permeable un cuerpo. Es así que se elaboró una clasificación de diferentes cuerpos, desde la concepción de permeabilidad magnética de sus mediciones:

1. Que dos cuerpos en interacción magnética permean en un tercer cuerpo, siendo el mismo el uno que el otro en los diferentes estados permeados
2. El estado a mayor permeabilidad magnética aumenta la adición de atracción y repulsión respecto a un tercer cuerpo
3. Todos los elementos que constituyen el estado suman el estado permeabilizado

Variables que se propone analizar para medición cualitativa:





**Imagen 76** Representación de la permeabilidad, magnetización y campo magnético. Autoría del docente investigador.

- Acumulación y dirección de las limaduras de hierro.
- Distancia entre las repulsiones y atracciones al varía el estado permeado
- Direcciones de estas acumulaciones y de cada parte del medio.
- Configuraciones espaciales desde las causas de la permeabilidad magnética del estado del fenómeno.
- Cambios de dirección evidenciados en la brújula y cantidad de atracción de cuerpos permeados.

Permeabilidad patrón:

- Campo magnético terrestre
- Aire

En la imagen 76, representación geométrica de la relación conceptual y experimental entre la permeabilidad magnética de los diferentes medios físicos y el comportamiento del poder magnético ( $B$ ) y la intensidad ( $H$ ) con las líneas de fuerza magnética, que se distribuyen por todo el espacio, pero que sufren cambios si la permeabilidad magnética es mayor, menor o igual a la del aire ( $P$ ).

### 3.14. Análisis entre las ecuaciones magnéticas y la idea de permeabilidad magnética.

En la comprensión de los fenómenos magnéticos y en la enseñanza de estos mismos, se presentan dificultades al dejar de lado el análisis del trabajo de la actividad experimental en la construcción de explicaciones de las acciones magnéticas que se evidencian entre cuerpos y sustancias son atribuidas a la cualidad física de la permeabilidad magnética del espacio-medio, donde ocurren las interacciones y la superposición de las líneas de fuerza magnética hacen parte de las representaciones geométricas como parte de las explicaciones de sus efectos; de este modo la interacción es local, continua y dinámica. Además, después de muchos experimentos Faraday llegó a una conclusión importante, para ello las definió el concepto de flujo magnético a través de una superficie de la siguiente forma, supongamos que en la interacción del imán con las placas se tendrá en cuenta el área de la superficie, a mayor superficie menos flujo magnético. En la imagen 25, que permitió construir un modelo del montaje experimental en la que se tuvo en cuenta las siguientes variables, que desde Faraday se considerará que las direcciones del efecto magnético serán perpendiculares al plano que forman las placas y a la intensidad del efecto magnético externo ( $B$ ). El flujo magnético a través de esta superficie es el producto de  $B$  con el área de la placa, es decir ( $B \cdot A$ ) y en segundo lugar se considerará el caso en que la dirección del efecto magnético no sea perpendicular al plano de la placa, es la permeabilidad magnética la causa de este cambio. La intensidad del campo magnético  $B$  depende de la fuente magnética y de la permeabilidad magnética, es decir, la acumulación y no acumulación de los flujos que se evidencian en el espacio en el flujo magnético y de la dirección de esta interacción.

El flujo magnético, cabe aclarar, no se debe concebir como pequeñas líneas, sino formando un sistema variable que se observa en el espacio, así este sistema está configurado

como el número de líneas que atraviesa que se distribuyen por la superficie del espacio-medio ferromagnético, paramagnético y diamagnético, este sistema de densidades de la limadura de hierro está configurado como una proporción con el número de líneas que atraviesan la placa, esto indica la intensidad de la fuerza que actúa sobre el área afectada. Este flujo magnético en los imanes y en los estados permeables, no tienen fuente, sino que son continuas y se cierran sobre sí mismas.

Las líneas físicas son un concepto abstracto, ya que no se ve a simple vista el campo magnético, pero si se usa un elemento como la limadura de hierro estas líneas cobran vida y son observables. Según el texto “Sobre algunos puntos de filosofía magnética de Michael Faraday” “la acción magnética presenta las siguientes propiedades de una naturaleza dual como cantidad y dirección del poder magnético tanto dentro como fuera de los imanes” pero al ampliar la experiencia podemos observar que este poder magnético cambia igualmente al cambiar la permeabilidad magnética. A demás en este carácter dual la superposición de polaridades dentro de un miembro permeable le permite caracterizar estos cambios como efectos vectoriales, pero más allá como hechos físicos.

Dentro de la ideas de flujo magnético de las polaridades el poder magnético de este flujo se representa como líneas físicas “Aceptando el imán como un centro de poder rodeado por líneas de fuerza, las cuales como representantes del poder están ahora justificadas por un análisis matemático (3302) ella (mi noción) ven estas líneas como líneas físicas de poder esenciales tanto para la existencia de la fuerza dentro del imán como para el transporte a y ejercicio sobre los cuerpos magnéticos a distancia. Aquellos que abriguen en algún grado la noción de éter pueden

considerar estas líneas como corrientes o vibraciones progresivas o como ondulaciones estacionarias o como un estado de tensión.” La permeabilidad magnética ofrece más elementos a los sujetos para recontextualizar los diferentes saberes que llevan hasta el momento la permeabilidad magnética.

En el estudio histórico crítico de la permeabilidad magnética “no hacen enteramente dependiente la polaridad del imán dominante sino de las sustancias vecinas o de alrededor y yo propongo, si la líneas físicas de fuerza deben en lo sucesivo ser justificadas, hacer que los que es común mente llamado polaridad en distinción de la verdadera polaridad (3307) dependa de las curvaturas de las líneas de fuerza debido al mejor o peor poder de conducción magnética de las sustancias que presentan los fenómenos polares usuales (2818).” Esta afirmación de los cambios de curvatura de la líneas de fuerza nos siguen dando bases para la clasificación magnética de los cuerpos desde la concepción de permeabilidad magnética, no como una constante vectorial ni una relación algorítmica si no como la definición de estados de propiedades variables atributos o cualidades que se pueden comparar, ordenar, clasificar, Romero y Rodríguez, 2001, y explicar cómo los cambios de éstas líneas de fuerza en las cercanías de interacción depende de la permeabilidad magnética y sus posibles representaciones por cifras y cuantificación.

Según Campbell pp. 190 se refiere a “la medición como a la asignación de cifras a propiedades para representarlas, y señala, en un primer análisis, que las propiedades que pueden ser representadas por cifras, es decir, susceptibles de ser medidas son aquellas que cambian por la combinación de cuerpos semejantes”

Por tal motivo la permeabilidad magnética se puede tomar también como una magnitud medible desde las observaciones susceptibles de los estados magnéticos que conforman elementos de permeabilidad alta, media y baja; estos cambios susceptibles se pueden observar en los cambios angulares en la brújula.

En la afirmación que las magnitudes y las formas de medida no son externas al fenómeno, instrumentos de medida como la brújula, toma vital importancia como indicador del cambio angular o de dirección de las afectaciones de los estados magnéticos, que se presentan tanto en una permeabilidad magnética baja como en alta. La brújula puede jugar el mismo papel que las limaduras de hierro cuando es afecta por acciones magnéticas. Además, éste indicador o instrumento “Es un producto de la comprensión de un campo fenoménico, de modo que una red teórica transforma un conjunto de medios externos e internos, cuerpos magnetizados y relaciones angulares en un instrumento de medida convirtiendo marcas y coincidencias en números con una significación, la de las relaciones entre ciertas magnitudes; siendo un instrumento de medida la concreción de la teoría en que se basa” (Malagón, J. F., 2002) y esta ideas son la base para la construcción del permeabilímetro magnético.

Como el hierro y el acero se usaron en la brújula para protegerla contra perturbaciones de campos magnéticos externos intensos, a continuación, se ilustra la protección de una brújula con hierro, uno de los blindajes de permeabilidad alta más común en los que se emplea este material. Sin la protección, la brújula proporcionaría una lectura incorrecta o se vería afectada por el efecto del campo magnético externo, por tal motivo como se observa, un blindaje perfecto implicaría un material de permeabilidad magnética infinita.

Propiedades que pueden ser representadas por valores numéricos, al ser susceptibles de ser medida sus formas, cantidades y densidades, además, por medio de un instrumento de la misma clase como la brújula posibilita medir los cambios angulares que sufren cuando se encuentra permeado por diferentes medios físicos, por tal motivo puede ser medible los cambios de las cualidades magnéticas del medio-espacio, se debe tener en claro, “si el hecho de ser magnitud está estrechamente relacionado con la estructura con los números que sirven para representarla, es necesario percatarse de que a las magnitudes intensivas no se le puede atribuir una estructura adictiva” (Romero y Rodríguez. 2005) característica de la magnitud de la permeabilidad magnética. “No obstante, si es posible atribuirle una lógica de las relaciones de orden, hecha operativa a través de comparaciones entre situaciones físicas donde tales magnitudes se hacen relevantes” (Guidoni et al. 1987).

Por consiguiente, se harán comparaciones entre los resultados que indica la cinta métrica que varía al cambiar el medio magnético y las condiciones conceptuales de la permeabilidad magnética de los medios físicos. En este proceso experimental se construyeron tres diferentes permeabilímetros como de evidencia en la imagen 67, debido a que cada uno de estos instrumentos es base para la construcción del siguiente hasta llegar al permeabilímetro magnético implica situaciones y problemas que orienta a la permeabilidad esta magnitud a nuevos criterios de medición.

Se puede decir hasta el momento que la actividad experimental transforma el conocimiento a un nuevo lenguaje para comprender y explicar los fenómenos magnéticos y el comportamiento magnético de los materiales. Permite al sujeto experimental no solo poder realizar una

clasificación y una ordenación, sino que desde el análisis cualitativo-experimentales de los efectos de interacción de materiales o medio magnéticos, poder construir un ente que me permita decir cuánto es más magnético un material que otro o cuanto es más permeable un medio que otro, el cual se constituye en una magnitud física, palpable, manipulable que permita a los sujetos describir e interpretar la Magnetización de la Materia, además con la evidencias experimentales que arrojaron no solo la relación de los fenómenos magnéticos con los eléctricos, sino que llevo a la comunidad científica a realizar un trabajo teórico excepcional en el cual permite a los sujetos a conocer ese mundo físico cambiante y recontextualizar sus saberes, por tal motivo fue necesario comenzar a experimentar y reconstruir explicaciones físicas del magnetismo, poder o capacidad que no solo poseía los imanes sino que por evidencias experimentales cualquier medio o material puede ser Magnetizado, ¿podría la Magnetización ser la variable del estado magnético de los medios? además se encuentra en la permeabilidad magnética como una cualidad de explicación y que me permite trazar el camino *¿Cuánto es más permeado o permeable un medio que otro?*

Para poder responder a estos cuestionamientos, se estableció una relación directa con el formalismo eléctrico que se venía construyendo, con las ideas desde aquel viejo que su bastón fue atraído por un cuerpo extraño hasta los que se considera los padres del electromagnetismo Oersted, Maricourt, Gilbert, Ampere, Faraday, Maxwell, Webber y la construcción física de cuatro ecuaciones llamadas Las Ecuaciones de Maxwell, que describe el comportamiento electromagnético de la luz y analogías entre los fenómenos eléctrico y magnéticos como posibles causas del fenómeno, igualmente se puede tomar como postura una visión ondulatoria o una versión corpuscular donde la acción a distancia puede ser la explicación más evidente o la visión

ya sea una o la otra se defiende desde las intencionalidades del observador, pero la cual los análisis experimentales y las formas de explicar toma dificultades ¿Qué es medir la permeabilidad magnética? ¿Cómo se mide la permeabilidad magnética de los materiales y en la interacción con otros medios? por falta de criterios de los referentes bibliográficos y pedagógicos, el que hacer docente lo asume como una verdad, producto de una comunidad científica ajena a los sujetos escolares, imposibilitando al educando a llegar a poder tener criterios experimentales-teóricos para entender su mundo físico y magnético. Entonces, qué relaciones encontramos que nos pueda establecer una organización experimental que me permita ampliar la experiencia y permitir su comparación con sistema instrumental que me permita una observación más o más factible (metro, voltímetro u osciloscopio). Cuando se hace un estudio a los referentes bibliográficos nos encontramos dos afirmaciones:

- Los campos magnéticos estáticos son caracterizados por  $H$  o  $B$ , el primero nos habla de la intensidad del campo aplicado y la segunda densidad del flujo magnético.
- El campo magnético en el medio circundante del material es directamente proporcional a la intensidad del campo magnético aplicado.

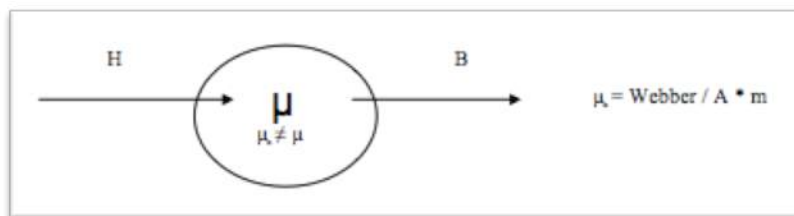
Las cuales permitieron construir no solo un algoritmo matemático sino uno de los inicios de la teoría electromagnética, encontramos en esta relación que entre el flujo magnético que atraviesa los materiales y la intensidad de campo aplicado surge una constante de proporcionalidad, la cual me habla del medio o del material y se asume como la permeabilidad en el vacío.



$$B = \mu_0 H$$

$\mu_0$  Propiedad específica del medio en donde se realiza las mediciones. Pero especificando que esta propiedad debe cumplir que el medio permita la magnetización en todas las direcciones sin importar el punto de contacto, es decir que no existe ninguna dirección privilegiada y el medio queda permeado de forma homogénea ya que la magnetización es constante en todos los lugares del mismo, pero si el medio no permite esa homogenización, si no que privilegia la magnetización en una sola dirección la permeabilidad cambiara para algunas direcciones, es por eso que debemos entrar a cuestionarnos acerca de esta propiedad que no solo nos revela en significado al comportamiento magnético de los medios y al interaccionar varios medios, sino al llegar a saber cuánto es más magnético un material que otro. Como en aquel entonces que se debatía en la comunidad científica por la aceptación la idea del “éter” como el medio de la interacción electromagnética, nos preguntamos cambiara esta propiedad cuando las interacciones magnéticas no son en el vacío, pero donde queda la actividad experimental que es la que ha permitido llegar a nuevas problemáticas del mundo físico y a comprender los fenómenos, desde cada sujeto en sus formas de argumentar las causas de los efectos magnéticos y las imágenes que interpreto y represento de un modelo de explicación.

Se llega a las anteriores reflexiones porque a la hora de variar los medios de interacción con mayor afinidad magnética o con los de menos afinidad los efectos cambian entonces esta propiedad puede ser de los materiales o de los medios de interacción. Cuando (Callister, 1996)

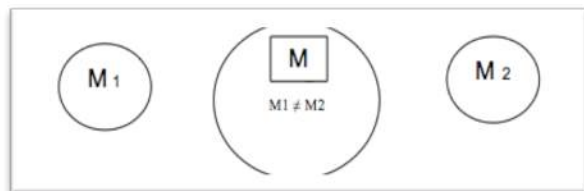


**Diagrama 5** Modelo de la relación de las magnitudes magnéticas. Autoría del docente investigador.

Es decir, la permeabilidad en el vacío es directamente proporcional a  $B$  e inversamente proporcional a Ampere y superficie. Pero que sucede cuando se cambia la región medida, es decir se cambie de naturaleza del material o ponga varios materiales conjuntamente que forma un medio, como se comporta la permeabilidad y que fenómeno mide la permeabilidad. Pues es aquí cuando debemos comprender que fenómeno físico describe los comportamientos magnéticos en los materiales, se tiene la permeabilidad magnética, pero es una propiedad del fenómeno. Por tal motivo se afirma y contextualiza la idea que la Magnetización  $M$  (diagrama 5) es el fenómeno magnético que sufre los materiales en interacción con una acción magnética externa, afectado directamente el comportamiento magnético interno de los materiales, es decir “no hay medios magnéticos o no magnéticos” todos los medios pueden ser Magnetizados uno más que otros y cada material es capaz de mantener un campo magnético, sin necesidad que el campo externo este presente, por tal motivo  $M$  es la facilidad que tiene un material de ser magnetizado y depende de:

1. Intensidad magnética  $H$
2. Flujo magnético  $B$
3. Permeabilidad magnética  $\mu$

No era el campo magnético la explicación de las causas de los efectos magnéticos, no es reemplazar sino nutrir de cualidades a los fenómenos magnéticos y ampliar la experiencia con las interacciones magnéticas, los cuales deslumbra que cualquier medio puede ser Magnetizado.



**Diagrama 6** Relación entre la magnetización  $M$  y cantidad. Autoría del docente investigador

Es decir, en los medios, independiente de una acción externa magnética ya presenta una disposición estructural magnética llamada Magnetización la cual es afectada ya sea por inducción o conducción magnética de una acción magnética externa o al variar en proximidades el flujo magnético inducido. Asumiendo las afirmaciones de los textos científicos, donde la Magnetización se constituye como un momento magnético por unidad de volumen del material, sin poder establecer nuevas interpretaciones, cuestionamientos y organizaciones, descontextualizando a los sujetos de que son los fenómenos magnéticos. Diagrama 6.

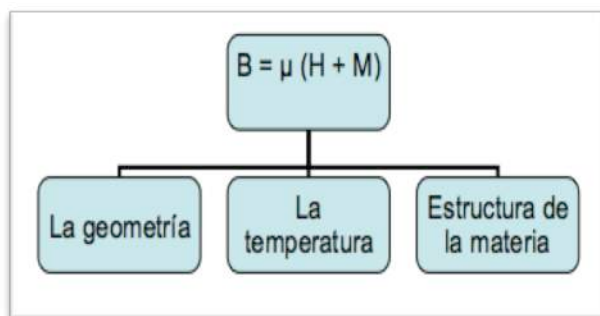
Que implicación física permite relacionar el momento magnético con la Magnetización de los medios y con qué criterio teóricos asocian  $M$  y  $\mu_0$

$$M = \partial \Phi / \partial V$$

Aquí la magnetización nuestro camino se puede diversificar en dos posturas; una postura en construir un algoritmo matemático que me permita expresar la relación entre ellas. Conjuntamente ahí un momento en la historia donde las explicaciones a los efectos de los fenómenos magnéticos se asumen como una relación directa con los fenómenos eléctricos y viceversa, las cuales, por medio de las cuatro ecuaciones de Maxwell, nos describe la naturaleza electromagnética de la luz, pero cuando nos cuestionamos ¿cómo se llegaron a estas relaciones? ¿Cómo se llega de los efectos magnéticos de los materiales a las teorías del electromagnetismo? Sin antes entrar a cuestionar que criterios experimentales, me permite construir las cualidades magnéticas. Faraday en su libro asume los comportamientos magnéticos de la materia debido fuerzas presentes, como menciona Maxwell “sí, por otro lado adoptamos la concepción de la acción a través de un medio, somos llevados a averiguar la naturaleza de esa acción en cada parte del medio” (Ayala, 2002, p.107)

Igualmente, las siguientes afirmaciones subyacen del trabajo de que se hace a los textos científicos como libros, trabajos de grado y artículos del cómo se aborda los conocimientos teóricos y experimentales de la permeabilidad magnética, donde se ya es una verdad construida a base de las teorías y sus relación matemática de las variables físicas presentes, pero sin entrar a reflexionar como desde la recontextualización de la construcción del campo magnético y los comportamientos magnéticos de los materiales, revela nuevas problemáticas en torno a sus representaciones, organización y perspectiva fenomenológica, permitiendo hablar más afinado de la permeabilidad magnética como cualidad medible de la naturaleza magnética de los materiales.

Según referentes bibliográficos<sup>7</sup> universitarios el magnetismo presenta una relación directa con los comportamientos eléctricos de la materia. Coulomb demuestra la importancia de la noción de corriente magnética (Vol. II Pág. 599), mientras Ampere y Poisson comienza con las primeras



**Diagrama 7** Relaciones fenomenológicas. Autoría del docente investigador.

clasificaciones de los materiales magnéticamente y comienza con los más afines a los efectos magnéticos como fueron los Ferromagnéticos, los cuales los encontramos muy común en los objetos elaborados con acero y hierro dulce. Aquí se desconoce que montajes experimentales y qué relación establecieron para llegar a tal organización.

Y la segunda postura en la cual no se debe abandonar el estudio a todas las problemáticas fenomenológicas por medio de la actividad experimental que se evidencio en el quehacer científico, para poder establecer mecanismos experimentales los cuales les permitió el descubrimiento de nuevos efectos magnéticos, de nuevas razones y proporciones de las cualidades magnéticas y eléctricas de los medios continuos, caracterizando a los medios de propiedades magnéticas, diagrama 7. Según Paolo Guidoni (1985) “Las variables son, de hecho, aquellas que describen los espacios abstractos en los cuales los sistemas internos pueden cambiar de configuración; ejemplo la forma. Los parámetros, que son a su vez variables continuas, tienen en cambio una semántica distinta porque habitualmente caracterizan, con sus valores particulares, sistemas en el interior de una clase”

“La interacción entre cuerpos magnéticos y no magnético se considera ya no como cuerpos ajenos. Sino como la interacción entre medios de diferente naturaleza, generando efectos magnéticos y cambios de configuración de sus polaridades. Además, permite una organización y clasificación de los diferentes medios por su permeabilidad magnética. Evidenciando y ampliando la experiencia del campo magnético, dependiendo la naturaleza de la interacción magnética” (Niño, 2021). Por tal motivo la caracterización fenomenológica de la permeabilidad magnética durante su proceso de organización de las experiencias sensibles y la construcción de esta magnitud, donde todos los cuerpos, sistemas o fenómenos presenta una relación muy estrecha conceptual experimental recontextualizar las formas de observar el mundo que, al ser organizadora de las experiencia sensible de los sujetos y del objeto determina y reconstruye aspectos del mundo que son mirados desde la diferenciación entre su conocimiento cotidiano y su saber científico los cuales son dinámicos y complejos.

## CAPITULO 4

### 4. LA PERMEABILIDAD MAGNÉTICA, DESDE LA EXPLICACIÓN DE LOS EFECTOS OBSERVADOS EN LA PRÁCTICA

Una vez construida la ruta de trabajo experimental y conceptual, desde el análisis histórico-crítico se estructuraron diferentes montajes experimentales en los que se trabajan distintas situaciones problemáticas, que permite en los estudiantes ir elaborando una conclusión con mayores argumentos, tanto conceptuales como experimentales. El trabajo en el aula se caracteriza por ser trabajo colaborativo con juego de roles, donde cada integrante cumple una función, se generan debates que los lleven a plantear nuevas preguntas y rutas de trabajo que le permiten al grupo aprovechar los talentos individuales para llegar a un bien común, que en este caso es el desarrollo de la unidad didáctica de análisis.

Para dar respuesta a la pregunta de ¿Cuál es la intervención de los docentes en la recontextualización de los saberes de los estudiantes? Se puede decir que en esta actividad experimental, desde una perspectiva fenomenológica, no solo participan los estudiantes, sino que también el mismo docente, esto es, antes, durante y después de la aplicación de la unidad de análisis; el rol desempeñado por el docente es fundamental para romper con las estructuras de enseñanza tradicional que se basan en la aplicación y comprobación de ecuaciones o ver que el experimento que se hizo hace mucho tiempo sea verdad; esto se realiza partiendo de lo vivido por cada estudiante y de su mundo construido, y se pone en comunicación con lo vivido y el mundo construido del docente, es aquí que los procesos de enseñanza-aprendizaje encaminan pedagógicamente todas estas experiencias y las transforman en conocimiento sobre la

permeabilidad magnética, sus diferentes clasificaciones y la construcción del artefacto de medida (permeabilímetro).

Aunque el colegio cuenta con un espacio de laboratorio, no se puede usar constantemente ya que se debe compartir con los diferentes niveles, por esto en muchas ocasiones no se podrán realizar actividades experimentales que requieran este lugar en específico. Sin embargo, consideramos que, a través de desarrollar estas actividades en el salón de clase o patio, se pueden generar ambientes de aprendizaje de las fenomenologías de las que hemos hablado.

Se organizan distintas prácticas experimentales que permiten a los estudiantes desde sus propias explicaciones desarrollar la unidad de análisis que lleva como nombre: La permeabilidad magnética, desde la explicación de los efectos observados en la práctica experimental. Tiene como base el análisis de las lecturas de los científicos, en particular las investigaciones experimentales de Faraday y también tiene en cuenta los desarrollos experimentales realizados por el docente, se inicia por distinguir los efectos, detallar las configuraciones del espacio y la disposición de los indicadores magnéticos a utilizar, la construcción de las representaciones geométricas de los efectos y la medición de la permeabilidad magnética cuando se modifican los medios y así realizar una clasificación y ordenamiento de los medios físicos, desde los efectos observables en el permeabilímetro.

La puesta en juego de las actividades experimentales diseñadas es lo que posibilita evidenciar, comprobar y comprender como desde un montaje, un procedimiento y una



explicación, el estudiante realiza su propia comprensión de la fenomenología; estableciendo relaciones entre sujeto, objeto y enseñanza-aprendizaje de las ciencias en la que se presentan eventos de la naturaleza que no son de fácil entendimiento para el estudiante, donde el docente no tiene la obligación de reducir a la simplicidad la enseñanza sino más bien propiciar la comprensión de esta complejidad; debido a que desde un análisis crítico se visualiza las problemáticas, incertidumbres, debates, contradicciones y conflictos los cuales permiten que los estudiantes duden de sus propias concepciones (Jordán & Vecchi, 1995) acerca de lo que consideran como un mundo magnético. La experiencia como docente permite afirmar que los estudiantes se refieren a lo magnético como una palabra que asocian con los imanes, con la atracción terrestre, con la brújula, e incluso con poderes mágicos, pero aquí se colocan frente a situaciones de estudio de las relaciones entre los objetos y el medio, la diferenciación de efectos magnéticos, la clasificación de comportamientos magnéticos, la construcción de formas y aparatos de medida, que amplía la curiosidad, percepción y comprensión de esta fenomenología.

Con la propuesta de trabajo experimental expuesta en este trabajo de grado, se pretende construir la permeabilidad magnética mediante un análisis crítico-reflexivo de posibles efectos magnéticos entre cuerpos y medios que permitan evidenciar los fenómenos magnéticos y describir la permeabilidad de algunas sustancias variando su medio de interacción, lo que permitirá crear argumentos para sustentar los efectos mediante las representaciones gráficas de cada experiencia, con su respectiva explicación escrita aclarando los materiales usados, por último, analizar el artefacto que permita observar, ordenar y medir la permeabilidad con mayor precisión.

## 4.1. Cuadro de fases de la práctica experimental.

A continuación, se presenta la tabla 10 de actividades de la propuesta del trabajo experimental - conceptual.

FASES	INTENCIONALIDAD	ACTIVIDADES PEDAGOGICAS	USO DE RECURSOS	DIARIO DE CLASES
<p><b>Propiedades de los cuerpos magnéticos</b></p> <p><i>¿Qué conocemos de nuestro mundo magnético?</i></p>	<p>Se realizarán algunas experiencias con imanes, que formen en el estudiante unas primeras ideas del fenómeno magnético, reconociendo la propiedad de atracción y repulsión, las cuales, en sesiones de socialización con el semillero, permitan iniciar una ruta explicativa, desde la interpretación de los efectos analizados.</p> <p>La idea es que los estudiantes comiencen a evidenciar que sin haber contacto los diferentes cuerpos exhiben comportamientos magnéticos.</p>	<p>Realizar una lluvia de ideas, desde las diferentes descripciones de las experiencias de cada estudiante y en grupo</p> <p>Identificar las propiedades magnéticas de objetos cotidianos.</p> <p>Clasificación magnética de diferentes cuerpos y sustancias y compararla con la forma de clasificación que usaban antiguamente.</p> <p>Caracterización física del imán como un cuerpo magnético (polaridad) y su relación con otros cuerpos.</p> <p>Construcción de la brújula y su relación con las características magnéticas de la tierra y realizar registros de mapeo sobre el imán y su orientación magnética.</p> <p>Realizar un análisis del contexto histórico, desde la visión de Gilbert como un inicio de la construcción de la propiedad de permeabilidad magnética.</p>	<p>Registros escritos: Diario de campo</p> <p>Registros audiovisuales: Videos de apoyo Proceso experimental.</p> <p>Discusiones, reflexiones y conclusiones</p>	<p>SEMANA I</p> <p>Sesión 1 y 2</p>
<p><b>Repulsión como efecto para identificar la permeabilidad magnética</b></p> <p><i>¿Qué efectos describen la repulsión y atracción entre las polaridades magnéticas de los cuerpos?</i></p> <p><i>¿Cómo podemos representar geoméricamente los efectos magnéticos observados sobre una superficie?</i></p>	<p>Identificar que la idea de permeabilidad magnética no tiene como base las propiedades de los imanes, sino que deben existir otras organizaciones y comportamientos que amplie la experiencia.</p>	<p>Descripción espacial de las líneas en la interacción de los diferentes imanes con la limadura de hierro.</p> <p>Construcción de representaciones geométricas de los efectos observados entre diferentes imanes.</p> <p>Realizar un análisis del contexto histórico, desde la visión de Faraday como un inicio de la construcción de la propiedad de permeabilidad magnética</p>	<p>Registros escritos: Diario de campo</p> <p>Registros audiovisuales: Proceso experimental.</p> <p>Discusiones, reflexiones y conclusiones</p>	<p>SEMANA II</p> <p>Sesión 3 y 4</p>

<p><b>Medio-Espacio como agente activo de las interacciones magnéticas</b></p> <p><i>¿Cómo se caracteriza los efectos al variar los medios entre las interacciones polares?</i></p> <p><i>¿Cómo se pueden interpretar las formas de la limadura de hierro en</i></p>	<p>Convertir el aire como un referente inicial en la descripción de los efectos observables. Por tal motivo, en primera instancia se realizan las observaciones con el aire, para tener el punto de partida para los otros medios y realizar la comparación.</p> <p>Describir y argumentar la acumulación y distribución espacial de las partículas de las limaduras de hierro en</p>	<p>Diagramación de las diferentes formas en el espacio al cambiar el medio entre el imán y la limadura de hierro, donde se presenta el fenómeno de repulsión y atracción.</p> <p>Descripción cualitativa de las diferentes concentraciones de la distribución de la limadura de hierro de efectos observables cada vez que se cambie el medio</p> <p>Realizar un cuadro comparativo entre los efectos del aire y los otros medios, revisando la forma, la cantidad y la concentración de la distribución de las líneas observadas.</p>	<p>Registros escritos: Diario de campo</p> <p>Registros audiovisuales: Proceso experimental.</p> <p>Discusiones, reflexiones y conclusiones</p>	<p>SEMANA III</p> <p>Sesión 5 y 6</p>
--	---	--	---	---------------------------------------

<p><i>diferentes interacciones?</i></p>	<p>cercanía a cuerpos imantados y no imantados, además de cuerpos que, en contacto con el imán, adquieren comportamientos similares y cambian al alejarlos del imán.</p>			
<p><b>Clasificación y ordenación desde los efectos observables en el permeabilímetro</b></p> <p><i>¿Cuáles son los criterios experimentales para establecer una ordenación de los cuerpos desde su permeabilidad magnética?</i></p>	<p>Descripción de los comportamientos de los indicadores cuando se varía el medio de interacción magnética.</p> <p>Clasificar de los cuerpos y las sustancias según su permeabilidad magnética.</p> <p>Generar reflexiones globales de los efectos y sus posibles explicaciones, permitiendo construir su propia ruta explicativa de los fenómenos magnéticos y la concepción de la permeabilidad magnética</p>	<p>Explicación y construcción de diferentes instrumentos para explicar la permeabilidad magnética.</p> <p>Clasificación de los materiales en permeabilidad alta, media o baja, desde las mediciones escalares de la repulsión entre dos imanes al cambiar el medio entre ellos.</p> <p>Establecer el criterio que permite ordenar de mayor a menor permeabilidad, mediante la explicación de la siguiente pregunta</p> <p><i>¿Cuál es la relación que existe entre la permeabilidad magnética y las diferentes variables espaciales?</i></p>	<p>Registros escritos: Diario de campo</p> <p>Registros audiovisuales: Proceso experimental Discusiones, reflexiones y conclusiones</p>	<p>SEMANA IV</p> <p>Sesión 7 y 8</p>

**Tabla 10** Cuadro de fases de la práctica experimental.

## 4.2. Contexto escolar.

### **COLEGIO REPÚBLICA DE COLOMBIA I.E.D**

Localidad: Décima de Engativá

Grado: Noveno

Estudiantes: entre los 11 y los 13 años.

El Colegio República de Colombia se encuentra ubicado en la localidad de Engativá (10), UPZ las ferias, este barrio se caracteriza por ser un sector comercial variado. Particularmente la institución ofrece la educación básica y media desde jardín hasta grado undécimo distribuido en tres sedes, con jornada única desde jardín a grado quinto y grados décimos y once, jornada mañana y tarde de sexto a noveno y jornada nocturna de educación formal para adultos por ciclos.

Aunque la mayoría de la población pertenecen a las localidades de Engativá y Suba, también se cuenta con estudiantes de localidades colindantes, en la institución se encuentra población Afro descendiente, raizales, indígenas, estudiantes con necesidades educativas especiales transitorias o permanentes y/o talentos excepcionales, y estudiantes de otras nacionalidades, lo que hace que la población sea diversa y que la práctica docente siempre este atenta a cubrir las necesidades que requiere la población a trabajar.

El Proyecto Educativo Institucional (PEI) “Educación en valores para la convivencia y la productividad”, basa su formación en valores bajo un modelo pedagógico constructivista con un enfoque de aprendizaje significativo y profundización en la media especializada en biotecnología, gestión empresarial y arte y diseño. El currículo institucional en Física pretende que los cursos de sexto a noveno trabajen la parte interpretativa y conceptual de los ejes temáticos y en décimo y once se realiza una profundización más formal de éstos. Busca con este tipo de ambientes de aprendizaje científicos, la implementación de estrategias como la unidad didáctica de análisis y las prácticas experimentales que permiten acercar a los educandos a establecer una imagen propia de las ciencias y a construir de forma crítica y reflexiva sus conocimientos, en este caso en el ámbito del electromagnetismo.

Desde nuestra experiencia e interacción con la comunidad educativa del Colegio República de Colombia IED, se ve necesario generar alternativas experimentales y conceptuales para la concepción del concepto de fuerza, permeabilidad y campo magnético, en la que no solo el estudiante se involucre, sino también su núcleo familiar cercano, debido a que una de las consecuencias de la pandemia del COVID-19 obligó a migrar la metodología de trabajo a la virtualidad y luego de año y medio a la semipresencialidad, es en este periodo en el que los padres, acudientes y/o familiares que conviven con el estudiante, asumieron un papel fundamental para la realización de las actividades experimentales y para la construcción de explicaciones del fenómeno trabajado.

#### 4.3. Criterio de sistematización de la unidad didáctica de análisis.

Para la comprensión de los fenómenos se propone repensar el vínculo entre comprensión y percepción, el cual se constituye en un criterio cognitivo y pedagógico, pues lo sensible este cruzado por construcciones y organizaciones teóricas precedentes, o formas lógicas de organizar, y remitir a las comprensiones que se tienen sobre el fenómeno cuando la percepción es intencionada. La percepción se modifica debido a que se opera diferentes asociaciones, de ahí que el fenómeno no sea estático (Mach, 1925).

La experiencia sensorial procura una primera aproximación al mundo fenoménico, esta hace aparecer ante nosotros. “Cuerpos que son posibles de describir en términos de formas, colores, tamaños, texturas, o disposición de sus partes” (Valencia, Méndez y Jiménez, 2006, citado por Sandoval, 2008), lo que posibilita la pregunta, la proyección de la hipótesis y la construcción del problema.

Algunos autores afirman que el conocimiento no se percibe pasivamente, ni a través de los sentidos, ni por medio de la comunicación, sino que es construido activamente por el sujeto cognoscente. La función de la cognición es adaptativa y sirve a la organización del mundo experiencial del sujeto, no al descubrimiento de una realidad ontológica objetiva (Von Glasersfeld, 1996).

En conclusión, acudir a la percepción no es quedarse en el primer aspecto que algo ofrece, es un proceder interpretativo. Por tal motivo, se plantearán diversas fases donde el estudiante jugará, evidenciará, interpretará, argumentará y sobre todo construirá su propia ruta explicativa del fenómeno posibilitando “el conocer” de los fenómenos magnéticos y su idea de campo. Las cuales tendrán cada una su intencionalidad sustentada en integración de los anteriores contextos mencionados. Cada fase tendrá la responsabilidad de orientar al estudiante a ir construyendo a partir de las interacciones una propia ruta y su propia organización de sus explicaciones, pero a partir de una práctica ya establecida, aunque siempre privilegiando la construcción de sus representaciones que le podrá permitir en los espacios de trabajo establecer nuevas relaciones y nuevas formas de interactuar entre los instrumentos y cuerpos.

#### 4.4. Interpretación de los talleres experimentales y niveles de comprensión.

Se conformaron los grupos de trabajo donde cada integrante asumía un rol de acuerdo con sus habilidades, para contribuir al trabajo colaborativo y al proceso de formación de conocimientos científicos de los fenómenos magnéticos. Todos los grupos de trabajo inicialmente presentaron interés por este tipo de actividades para enseñar los fenómenos físicos, sin embargo, se distinguen los siguientes niveles para el análisis, tabla 10.

<b>GRUPO</b>	<b>INTEGRANTES</b>	<b>ROL</b>
<b>1</b>	Henry Salazar Brayan Vargas Juana Valero	Expositor Instrumentalista Registro de datos
<b>2</b>	María Alejandra Carrillo María Valentina Carabalí Ana Sofía Cortes Flores	No se asignaron roles, se evidencia poco entusiasmo frente a la actividad y no hay seguimiento de instrucciones.
<b>3</b>	Jesús Alegría Nazareth Fernández Mateo López Valery Domínguez	Instrumentalista Instrumentalista Instrumentalista expositor Registro de datos
<b>4</b>	Natalia Vanegas Oliveros Michelle Peñaranda	No se asignaron roles, se evidencia poco entusiasmo frente a la actividad y no hay seguimiento de instrucciones.
<b>5</b>	Sin marcar	Los estudiantes no marcaron el trabajo a pesar de haberles dado dicha indicación, no hay seguimiento de instrucciones.
<b>6</b>	Sara Zamora Juan Romero Samuel Vásquez	Registro de datos Expositor instrumentalista

Es de aclarar que aunque el grupo 6 se incorporó al inicio de la segunda fase de manera virtual, realizaron las actividades correspondientes a la primera fase.

**Tabla 11** Grupos de trabajo de la práctica grado noveno. Autoría del docente investigador.

Nivel 1 Se observa que los grupos 1, 3 y 6 identifican sus roles desde sus habilidades en el trabajo colaborativo.

Nivel 2 Los grupos 2 y 4 muestran interés por el tema, pero se preocupan más por su proceso evaluativo que por ampliar sus conocimientos.

Nivel 3 Se identifica que el grupo 5 presenta dificultades con la propuesta de trabajo y el trabajo en equipo.



En los siguientes niveles de comprensión del fenómeno desde la actividad experimental, corresponden a la sistematización de resultados que surgen de la unidad didáctica de análisis que busca en esta primera parte evidenciar la importancia del trabajo colaborativo y la identificación de los roles que cada persona puede hacer en un trabajo, ya que la percepción del mundo es diferente en todos y tampoco tenemos las mismas habilidades. A continuación, para cada una de las fases de la unidad didáctica de análisis, vamos a hacer uso de estos niveles para mostrar y caracterizar el trabajo realizado con los estudiantes. Recordemos que son cuatro fases descritas en el cuadro 1.

### Fase I.

Propiedades de los cuerpos magnéticos

¿Qué conocemos de nuestro mundo magnético?

¿Cuáles objetos del mundo real presentan cualidades magnéticas y cuáles no?

La fase I pretende que los estudiantes identifiquen que no solo los imanes tienen comportamientos magnéticos, si no que existen cuerpos y sustancias que presentan estos comportamientos en un mayor o menor grado y otros que no presentan ninguna afinidad en presencia de un imán, para luego construir tablas de clasificación de diferentes materiales desde su afinidad magnética en presencia de un imán o un campo magnético.

A continuación, se presentará la aclaración sobre el método de clasificación que se trabajó en la fase I (taller experimental 1), tiene tres situaciones problemáticas (1, 2 y 3), con tres niveles de comprensión (A, B y C); donde A es el nivel en el que se evidencian respuestas más elaboradas y ampliación de sus conocimientos; B, evidencia una explicación intermedia del conocimiento y C una explicación baja del conocimiento.

### **Taller Experimental 1**

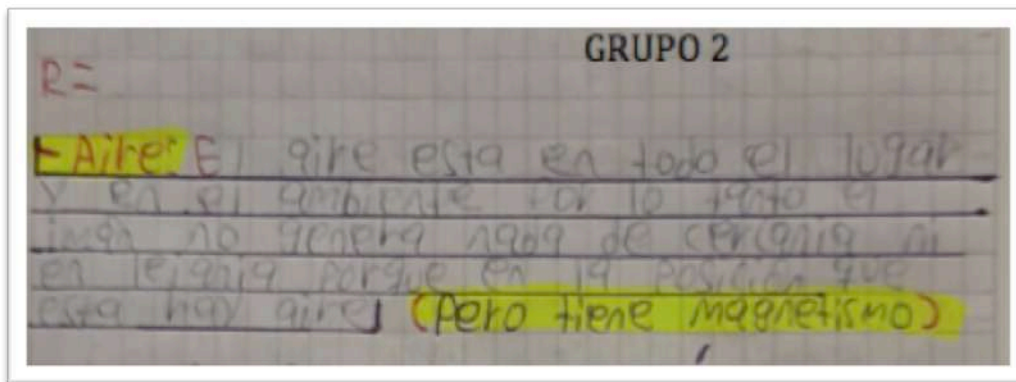
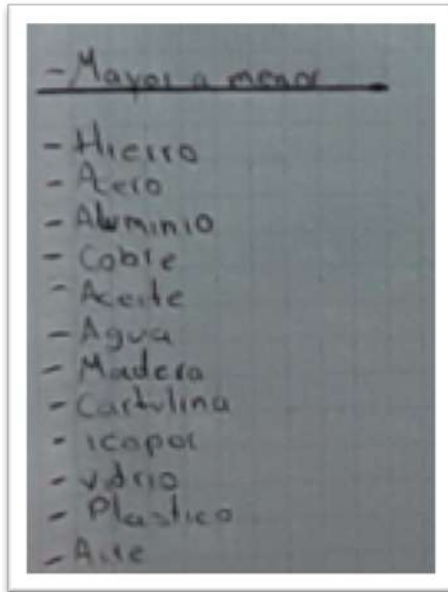
Indicador magnético: cuerpos y sustancias

Se analiza cualitativamente los resultados de los grupos de trabajo, donde se puede identificar hasta donde llegaron en sus análisis, imágenes y argumentos. Como los siguientes:

Situación problemática 1: Construir tablas de clasificación de diferentes cuerpos desde sus cualidades magnéticas.

Nivel I. 1. A Los grupos de trabajo 1, 2, 3, 5 y 6 logran realizar tablas de clasificación de los cuerpos y sustancias, desde las cualidades magnéticas presentes en un campo magnético externo y logran argumentar que algunos presentan mayor atracción que otros y los que no presenta tal afinidad. Sin embargo, el grupo 5, en sus análisis utiliza gráficas y comparaciones más amplias y con mayor claridad. (Imágenes 77, 78, 79 y 80)

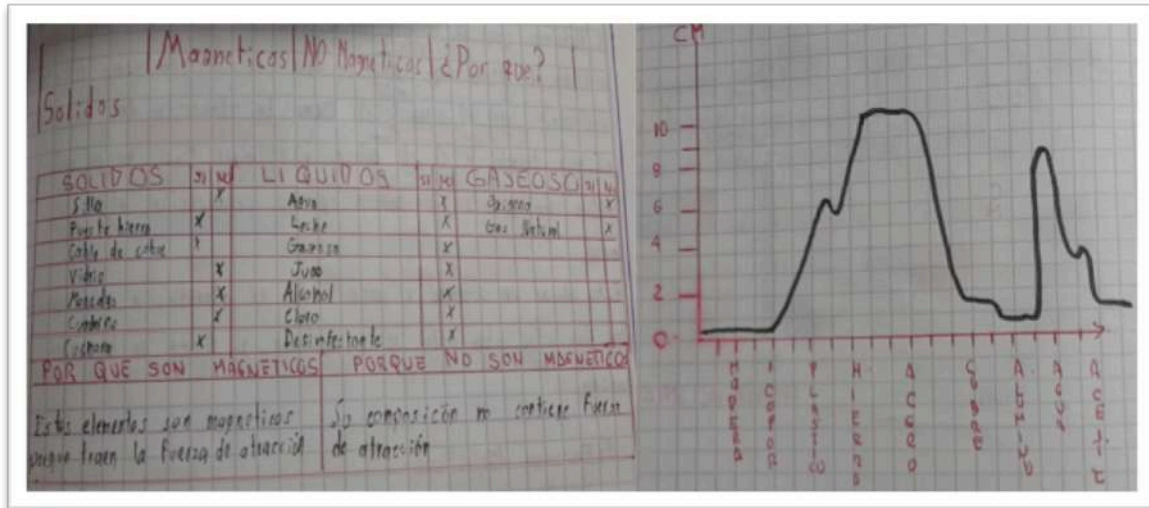
**Imagen 77** Resultados y análisis de los efectos. Grupo 1



**Imagen 78** Resultados y análisis de los efectos. Grupo 2

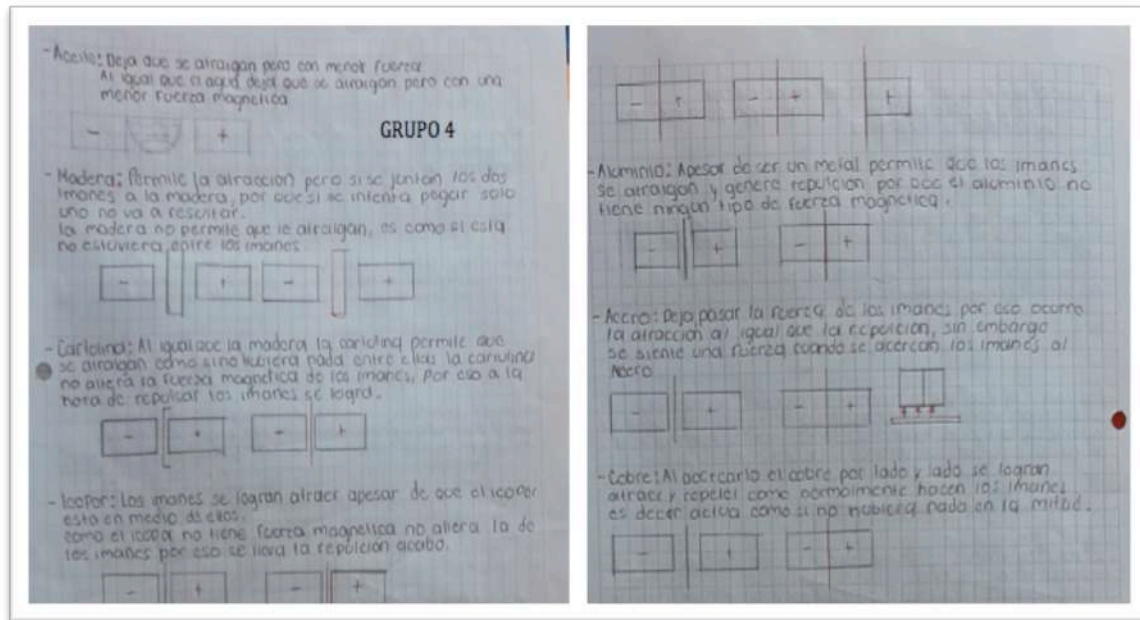
metales magnéticos	metales no magnéticos	objetos no magnéticos
* Hierro	* Acero	* Plástico
* Hierro Galvanizado (menor fuerza de atracción)	* Aluminio	* Cerámica
* Hierro Oxidado	* Cobre	* Madera
		* Icopor

**Imagen 79** Resultados y análisis de los efectos. Grupo 3



**Imagen 80** Resultados y análisis de los efectos. Grupo 5

Nivel I. 1. B El grupo de trabajo 4 y 6 identifican que los cuerpos y sustancias siguen presentando su cualidad magnética de atracción en presencia de un imán y sin él. (Imágenes 81 y 82)



**Imagen 81** Resultados y análisis de los efectos. Grupo 4

	EXPERIENCIA	CON SOLO UN IMAN
SEMEJANZAS	- la igualdad que obtienen estas dos comportamientos es que en los dos hubo atraccion y obtienen la misma atraccion entre la limadura y el iman	
DIFERENCIAS	- La forma que coge es diferente en este caso ya que hay mayor atraccion y repulsion ya que hay mas imanes.	- Se obtiene una forma diferente, a como si fuera con dos imanes

**Imagen 82** Resultados y análisis de los efectos. Grupo 6

Nivel I. 1. C El grupo de trabajo solamente identifica cuerpos como magnéticos y no magnéticos, sin lograr un argumento de lo observado. En este nivel no se ubicó ninguno de los grupos de trabajo.

- **OBSERVACIÓN:** Los estudiantes se ven sorprendidos cuando se trabaja con sustancias que habitualmente manipulan como el agua, el aceite y para las niñas la cetona.

Desde la clasificación que los estudiantes lograron establecer, se puede identificar que materiales van a utilizar y que utilidad tendrán en el proceso experimental, pero antes de esto, es necesario que sin conocer la polaridad de los cuerpos y sustancias magnéticas se puedan identificar al ponerlo en interacción con la brújula, debido a que esta presenta una orientación magnética debido a la fuerza magnética de la polaridad de la Tierra.



*Indicador magnético: Brújula*

Situación 2: Construir la brújula e identificarla como indicador de orientaciones magnéticas respecto a las polaridades magnéticas de la Tierra.

Nivel I. 2. A El grupo logra construir la brújula e identificar la polaridad de imanes y de algunos cuerpos magnéticos, igualmente evidencian que los imanes desde su forma presentan mayor o menor poder magnético. En este nivel no se ubicó

**Imagen 83** Resultados y análisis de los efectos. Grupo 5

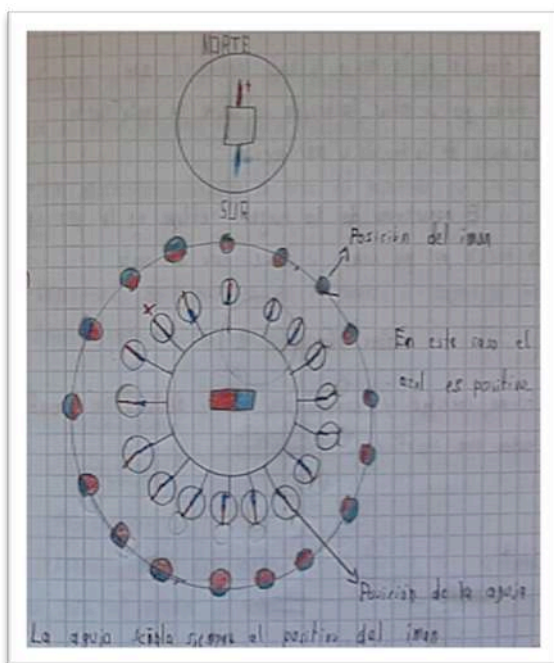
ninguno de los grupos de trabajo.

Nivel I. 2. B En este nivel los seis grupos de trabajo se ubican, ya que lograron construir la brújula, imagen 83, como un procedimiento instrumental, pero se les genera dificultad en identificar las polaridades de cuerpos y sustancias.

Nivel I. 2. C No logra construir la brújula por no seguir las instrucciones del procedimiento y no toma en cuenta las propiedades de las partes involucradas, por tal motivo se dificulta identificar las polaridades de los cuerpos y las sustancias. En este nivel no se ubicó ninguno de los grupos de trabajo.

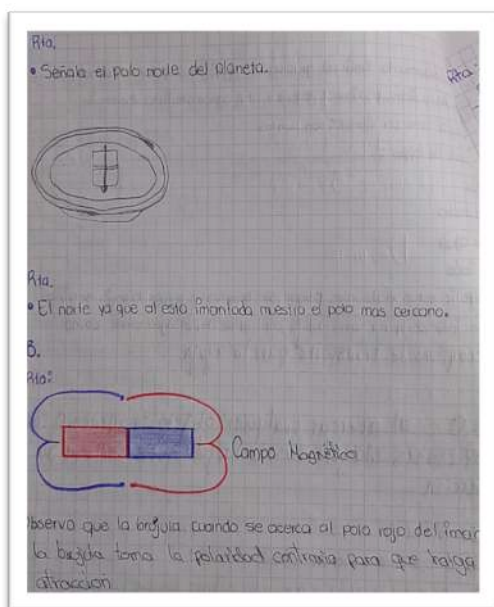
Al describir las orientaciones y direcciones de las líneas de fuerza magnética, en cercanía a un imán, la brújula, se toma como indicador de las polaridades del campo magnético terrestre; que permite identificar por medio de la repulsión y la atracción las polaridades del campo magnético de los diferentes cuerpos y sustancias. A demás, utilizando los indicadores se podrá realizar un mapeo desde el polo norte magnético al polo sur magnético de los imanes.

Situación 3: Comprender la orientación magnética de las líneas de fuerza magnética que se forman alrededor de los imanes de un polo magnético hacia otro, mediante un mapeo de direccionalidad con la brújula alrededor de un imán.



Nivel I. 3. A Los grupos de trabajo 3, 4 y 6 logran identificar las direccionalidades y sentidos de las líneas de fuerza magnética cuando ocurren los fenómenos de atracción y repulsión entre el imán y la aguja imantada de la brújula. Es de aclarar que el grupo 6, construye argumentos con claridad y utiliza el lenguaje hasta ahora trabajado, imagen 84.

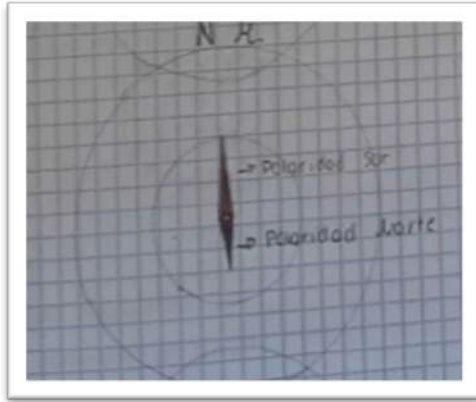
**Imagen 84** Resultados y análisis de los efectos. Grupo 6



Nivel I. 3. B Los grupos de trabajo 1 y 2 solo ubicaron la brújula alrededor del imán y realizaron el mapeo, pero no identificaron la intención de la actividad para hallar las direcciones de las líneas de fuerza magnética alrededor de un imán desde un montaje experimental sencillo. Es de resaltar que el grupo 2 no relaciona los efectos de la brújula, pero sí explica el procedimiento con los conceptos aprendidos. Imagen 85.

**Imagen 85** Resultados y análisis de los efectos. Grupos 1 y 2.





**Imagen 86** Resultados y análisis de los efectos. Grupo 5 alrededor del imán.

Nivel I. 3. C El grupo de trabajo 5, ubica la brújula únicamente en un espacio físico determinado, por este motivo la imagen 86 evidencia que la orientación es única y desconocen las causas y la intención del mapeo

- **OBSERVACIÓN:** Solo se logra trabajar con la brújula construida por ellos en la primera parte de la actividad, por tal motivo se recurrió a una brújula ya construida y se realiza la socialización de las semejanzas y diferencias, entre ellas.

## Fase II.

Repulsión como efecto para identificar la permeabilidad magnética

¿Qué efectos describen la repulsión y atracción entre las polaridades magnéticas de los cuerpos?

¿Cómo podemos representar geoméricamente los efectos magnéticos observados sobre una superficie?

A continuación se presentará la aclaración sobre el método de clasificación que se trabajó en la fase II (taller experimental 2), tiene tres situaciones problemáticas (1, 2 y 3),

con cuatro niveles de comprensión (A, B, C y D); donde A es el nivel en el que se evidencian respuestas elaboradas y ampliación de sus conocimientos; B, evidencia una explicación medianamente elaboradas del conocimiento, C evidencia una explicación intermedia del conocimiento y D una explicación básica de la actividad realizada.

## **Taller Experimental 2**

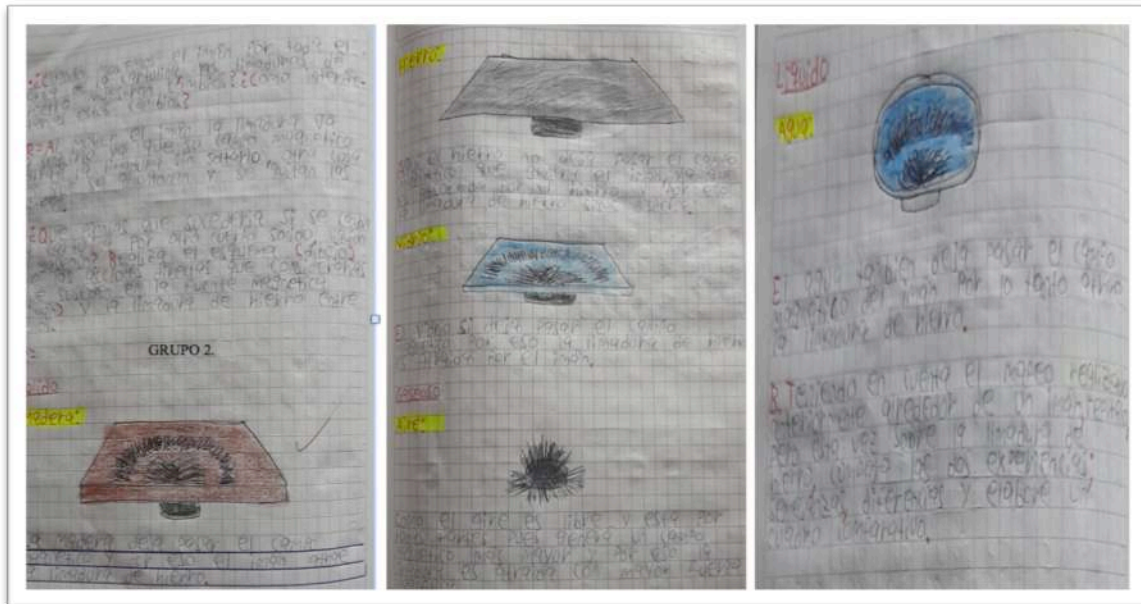
*Indicador magnético: Las curvas de la limadura de hierro y las orientaciones de la brújula*

Se pretende identificar que no solo los imanes presentan la cualidad magnética de atraer o repeler en presencia de otro imán, cuerpos y/o sustancias magnetizadas, sino observar directamente que el espacio también presenta cualidades magnéticas, que los cuerpos como la limadura de hierro permite identificar, las líneas físicas de fuerza magnéticas, la cantidad de líneas o sus densidades distribuidas en el espacio, la dirección y la representación en el espacio de las líneas de fuerza magnética por medio del análisis de los efectos observados, por tal motivo, es necesario poner en situaciones experimentales que permitan describir en forma comprensible las cualidades magnéticas del espacio al poner a interactuar distintos imanes.

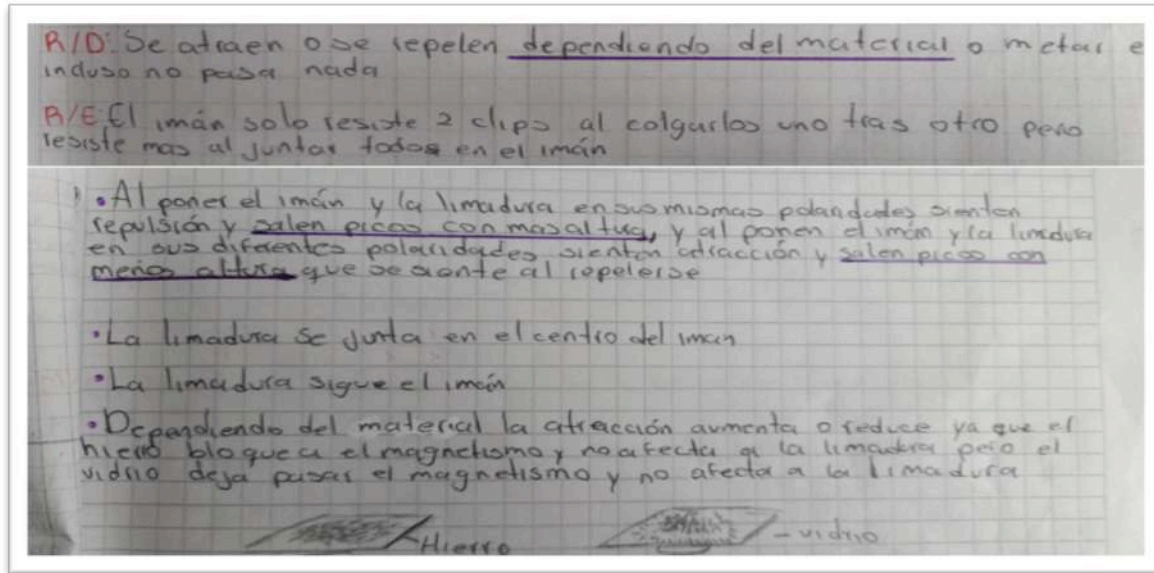
Situación problemática 1: Comprender que la forma, cantidad y densidad de las limaduras de hierro son parte de los efectos de las propiedades magnéticas del medio-espacio

Nivel II. 1. A Los grupos de trabajo 1 y 2 logran identificar la forma, cantidad y densidades en la distribución magnética sobre las superficies como cualidades magnéticas del espacio y parte de los efectos.

Por ejemplo el grupo 2, imágenes 87 y 88



**Imagen 87** Resultados y análisis de los efectos. Grupo 2



**Imagen 88** Resultados y análisis de los efectos. Grupo 1



**Imagen 89** Resultados y análisis de los efectos. Grupo 4

relaciones con el espacio físico. Imágenes 89, 90 y 91.

Nivel II. 1. B Los grupos de trabajo 3, 4 y 6 logran identificar la forma, cantidad y densidades en la distribución magnética sobre las superficies, pero únicamente desde una representación gráfica sin identificar las

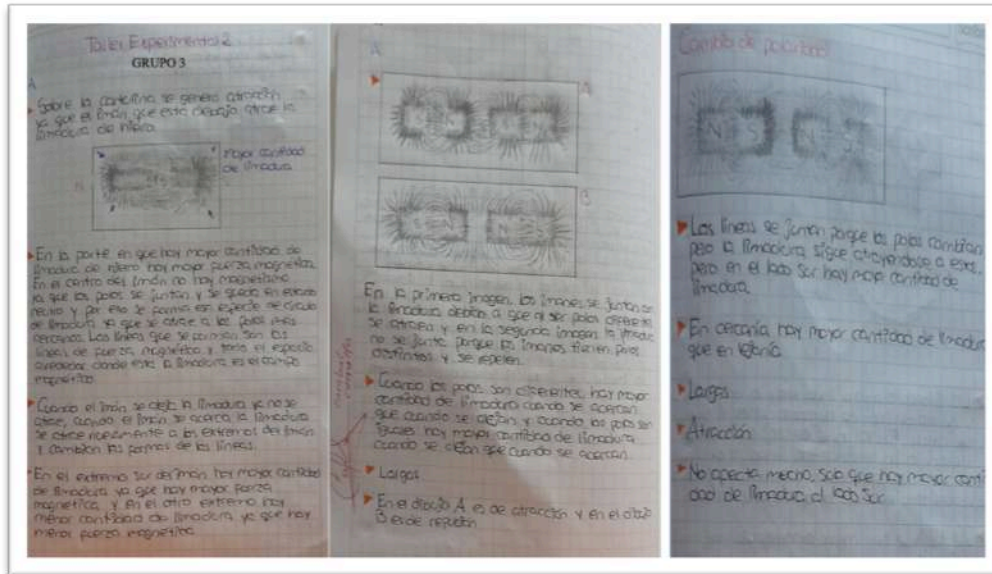


Imagen 90 Resultados y análisis de los efectos. Grupo 3

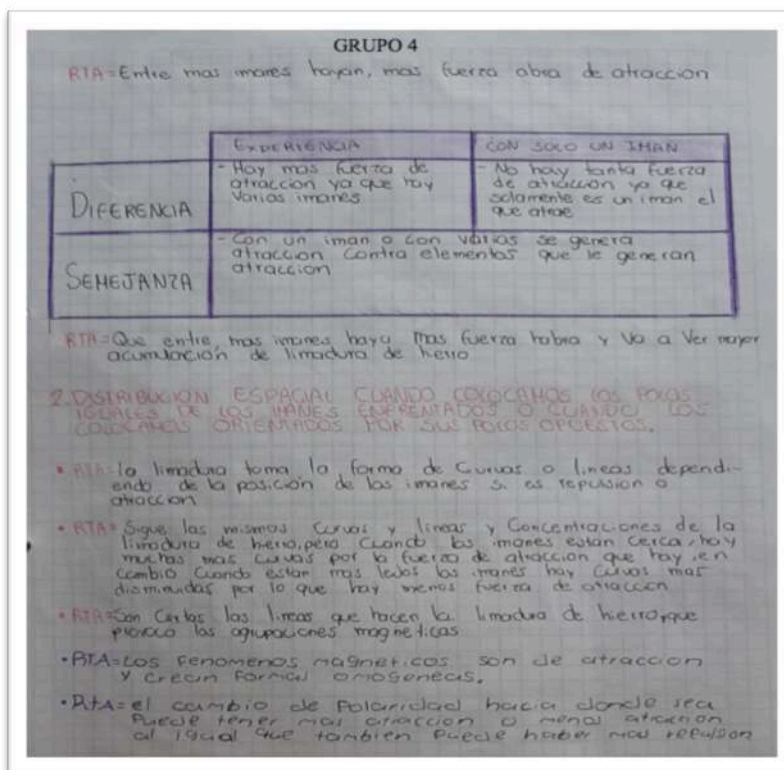


Imagen 91 Resultados y análisis de los efectos. Grupo 4

Nivel II. 1. C El grupo 5 de trabajo logra identificar únicamente la forma en la distribución de las limaduras de hierro sobre las superficies, pero se dificultad representar y describir las cantidades, densidades, y orientaciones de la limadura de hierro. Imagen 92

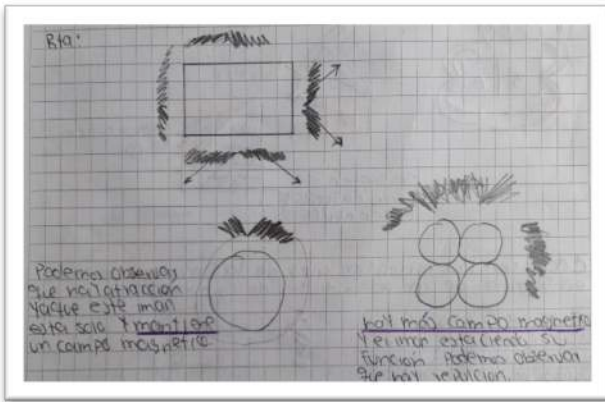


**Imagen 92** Resultados y análisis de los efectos. Grupo 5

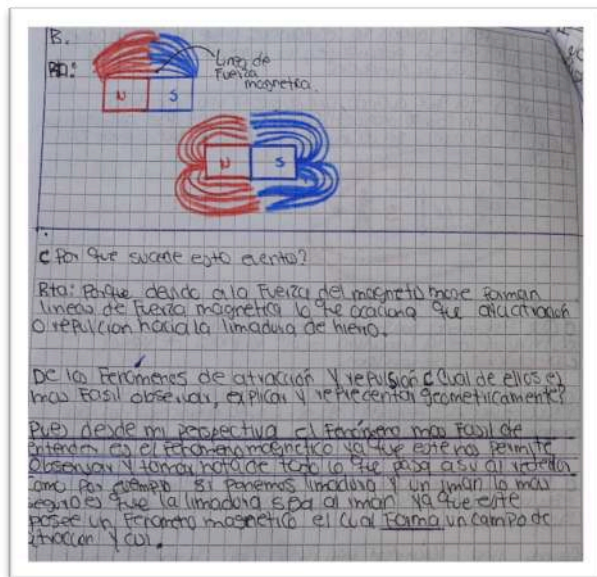
La orientación de la aguja imantada de la brújula igual que en la actividad anterior, también va a ser indicador magnético de las cualidades magnéticas y de las limaduras de hierro, identificando los cambios de la orientación en cercanía y lejanía de polaridades; es decir, podemos identificar la orientación final de las interacciones de las líneas de fuerza magnética al poner en interacción entre varios imanes.

Situación 2: Realiza mapeo magnético con la brújula alrededor de varios imanes con distinta y similar polaridad magnética.

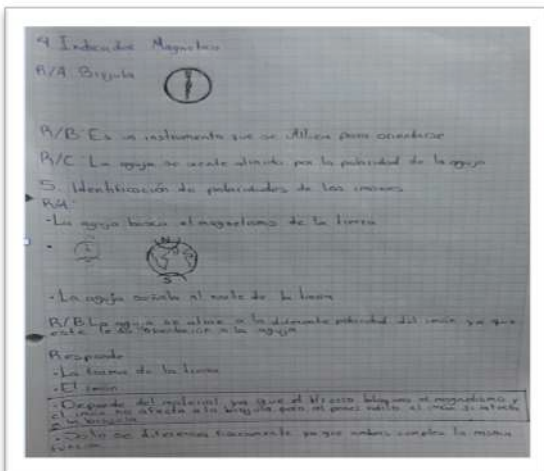
Nivel II. 2. A Los grupos de trabajo 2, 3 y 4 argumentan e identifican la orientación magnética final de las interacciones de las líneas de fuerza magnética al poner en interacción varios imanes. Imágenes 93 y 94.



**Imagen 93** Resultados y análisis de los efectos. Grupo 3



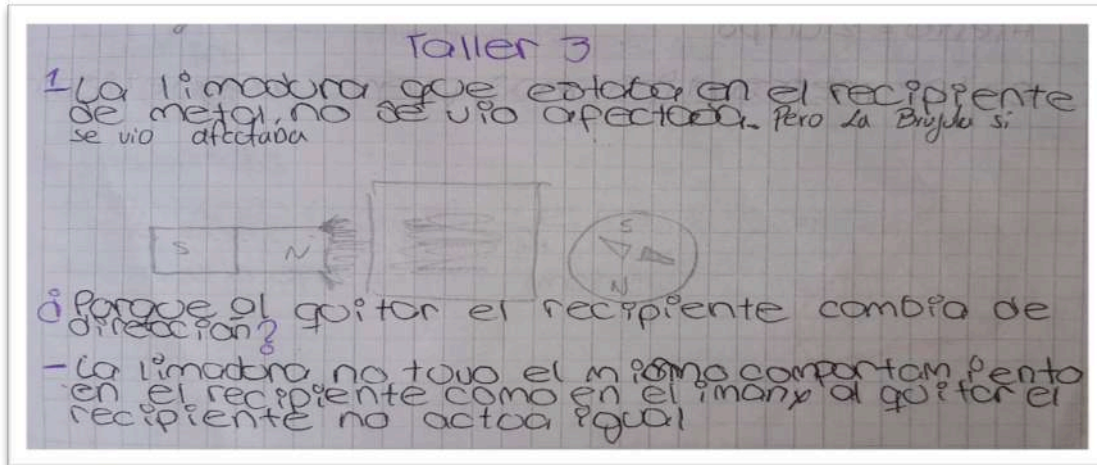
**Imagen 94** Resultados y análisis de los efectos. Grupo 2



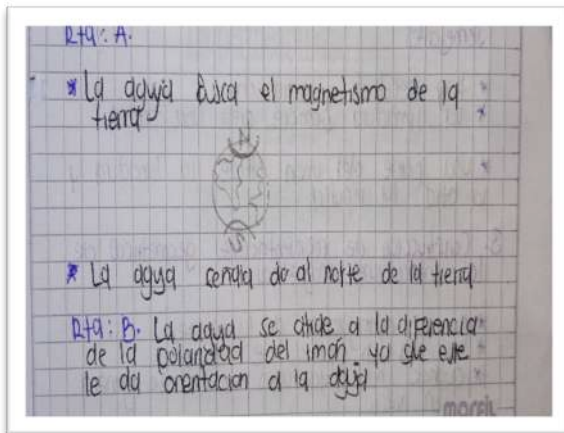
**Imagen 95** Resultados y análisis de los efectos. Grupo 1

Nivel II. 2. B En los grupos de trabajo 1 y 6 describe las configuraciones

gráficas y argumentativas de los efectos en el espacio en cercanías varios imanes utilizando distintos indicadores; la brújula y la limadura. Imagen 95 y 96.



**Imagen 96** Resultados y análisis de los efectos. Grupo 6

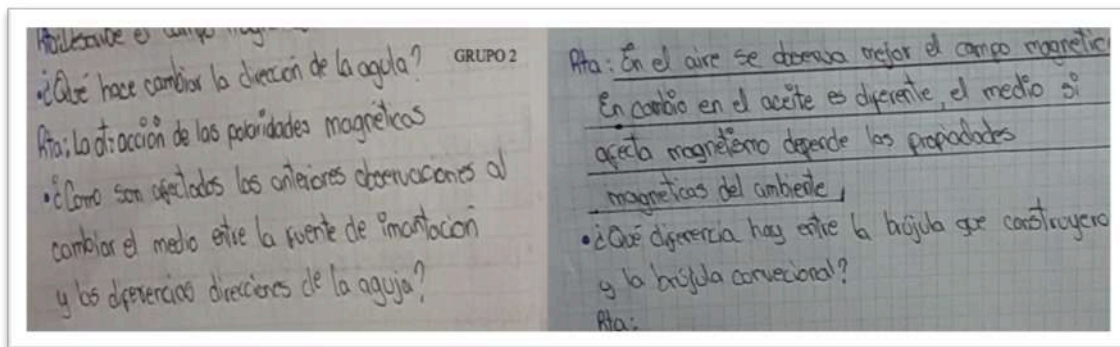


Nivel II. 2. C El grupo de trabajo 5 solamente diferencia los fenómenos de repulsión y atracción, por medio de gráfico para describir los efectos magnéticos en la limadura de hierro y brújula. Imagen 97.

**Imagen 97** Resultados y análisis de los efectos. Grupo 5

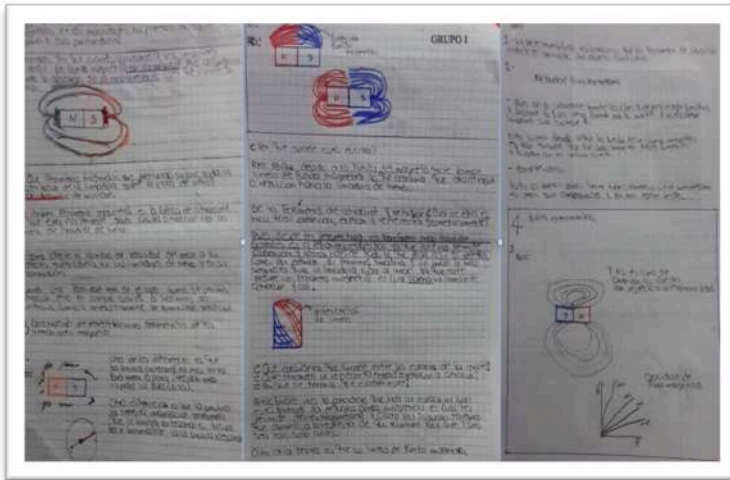
Todos los grupos de trabajo tienen claro la dualidad de la polaridad de los cuerpos y sustancias magnéticas desde la clasificación que realizaron. Imagen 98





### Imagen 98 Resultados y análisis de los efectos. Grupo 2

Situación 3: Construir representaciones geométricas espaciales de los efectos observados entre imanes, cuerpos y sustancias.



**Imagen 99** Resultados y análisis de los efectos. Grupo 1

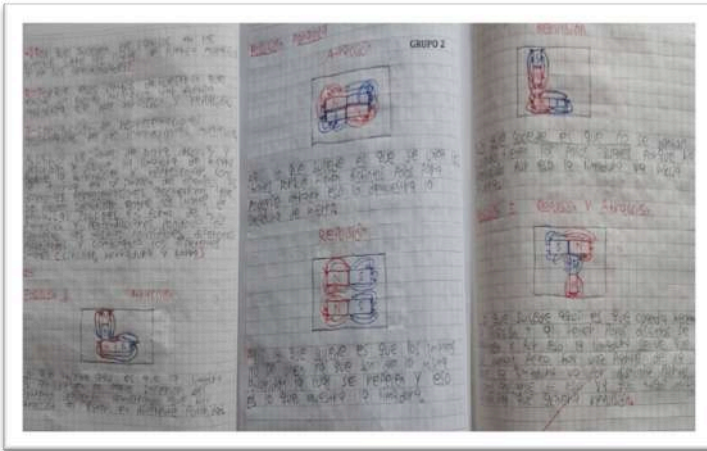
Utilizando

construcciones geométricas de las representaciones de las líneas de fuerza magnética como un vector; con una dirección, cantidad y orientación, se evidencian otras

formas de representar los efectos espaciales de las

limaduras de hierro, cuando se tienen polaridades iguales, diferentes y cuando se presenta superposición de las líneas de fuerza, permitiendo en los estudiantes construir nuevas formas de explicar los efectos observados en el espacio entre las polaridades. Para esto, vamos a usar la superposición de líneas para representar las acciones magnéticas de las curvas formadas en la limadura, al estar en cercanía de los imanes y con distintas distribuciones. Para ello, se va a diferenciar con colores las polaridades rojo (norte), azul (sur) y de color negro (el fenómeno resultante entre la interacción de las polaridades, si es en atracción las flechas van hacia adentro y si son repulsión las flechas van hacia fuera.

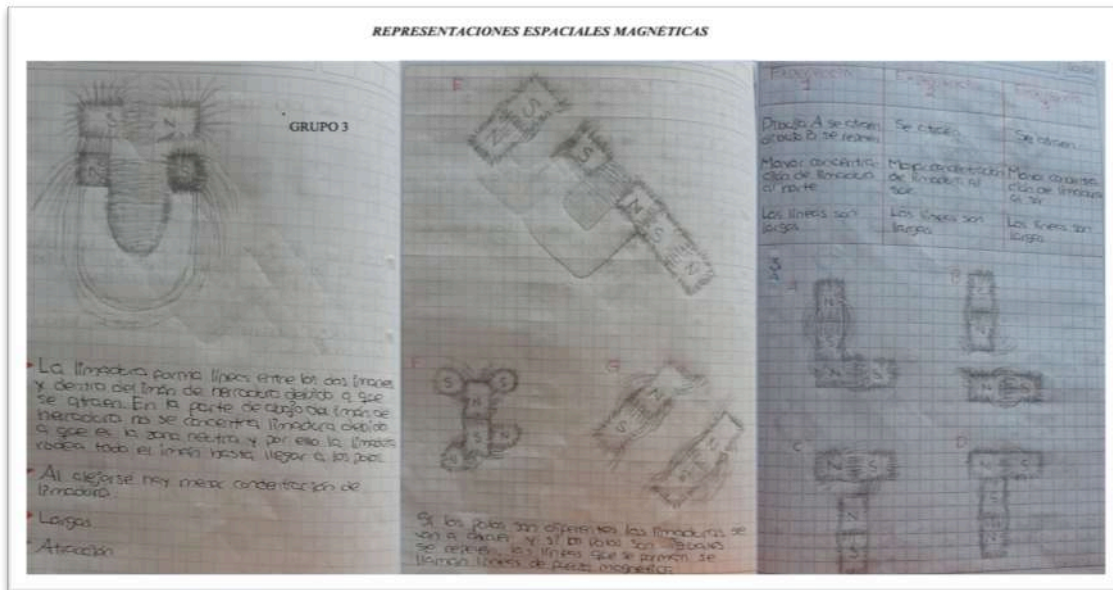
Nivel II. 3. A Los grupos de trabajo 1 y 2 construyen explicaciones y representaciones con un lenguaje geométrico-espacial de las interacciones de las líneas de fuerza magnética entre imanes y/o cuerpos magnéticos, cuando se ubican entre polaridades similares y distintas. Imágenes 99 y 100.



**Imagen 100** Resultados y análisis de los efectos. Grupo 2

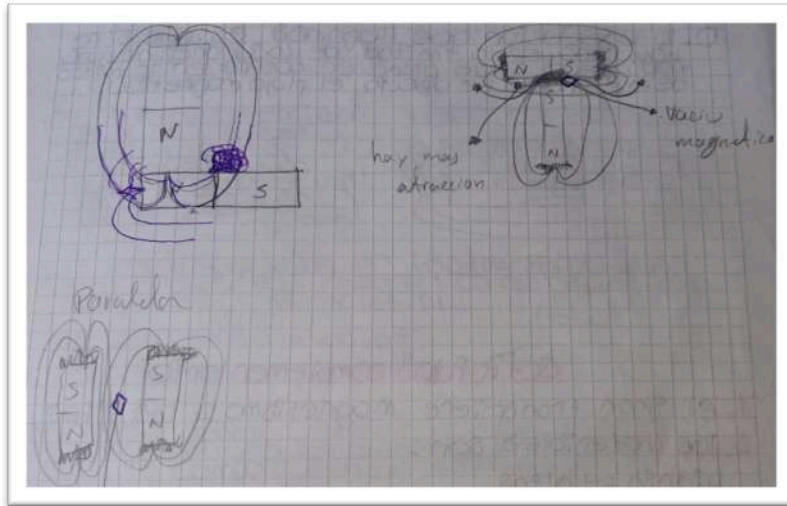
Nivel II. 3. B El grupo de trabajo 3 explica las direcciones, cantidades y orientaciones utilizando un lenguaje más sencillo, de los efectos de las líneas de fuerza y las causas de la distribución geométrica de los efectos observados en la limadura de hierro.

Imagen 101.



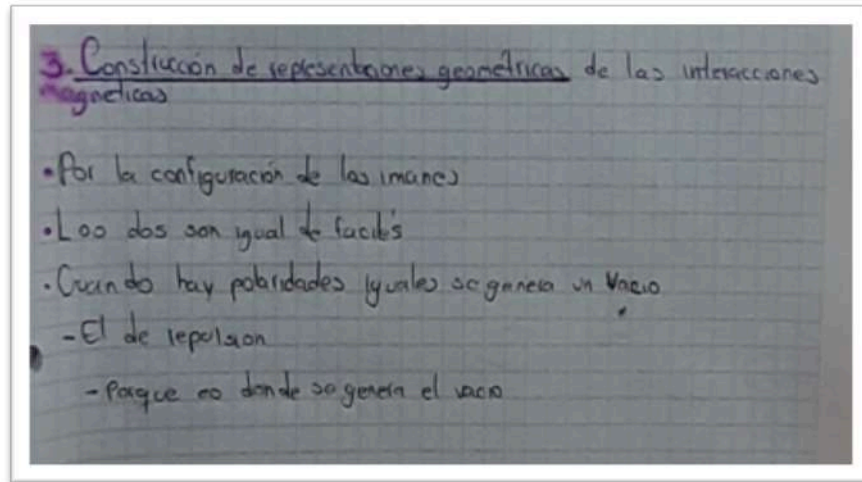
**Imagen 101** Resultados y análisis de los efectos. Grupo 3.

Nivel II. 3. C El grupo 6 de trabajo relaciona las orientaciones de la brújula con las direcciones angulares de las líneas de fuerza magnética en presencia de imanes, cuerpos y sustancias. Imagen 102.



**Imagen 102** Resultados y análisis de los efectos. Grupo 6

Nivel II. 3. D El grupo de trabajo 4 y 5 relacionan los cambios de orientación de la brújula con las acciones magnéticas entre imanes con diferentes cuerpos, pero se le dificulta explicar las causas de estos cambios, por tal motivo no realizaron la actividad de representaciones geométricas, pero en la retroalimentación los grupos en general comprendieron las relaciones espaciales, geométricas y magnéticas. Imagen 103.



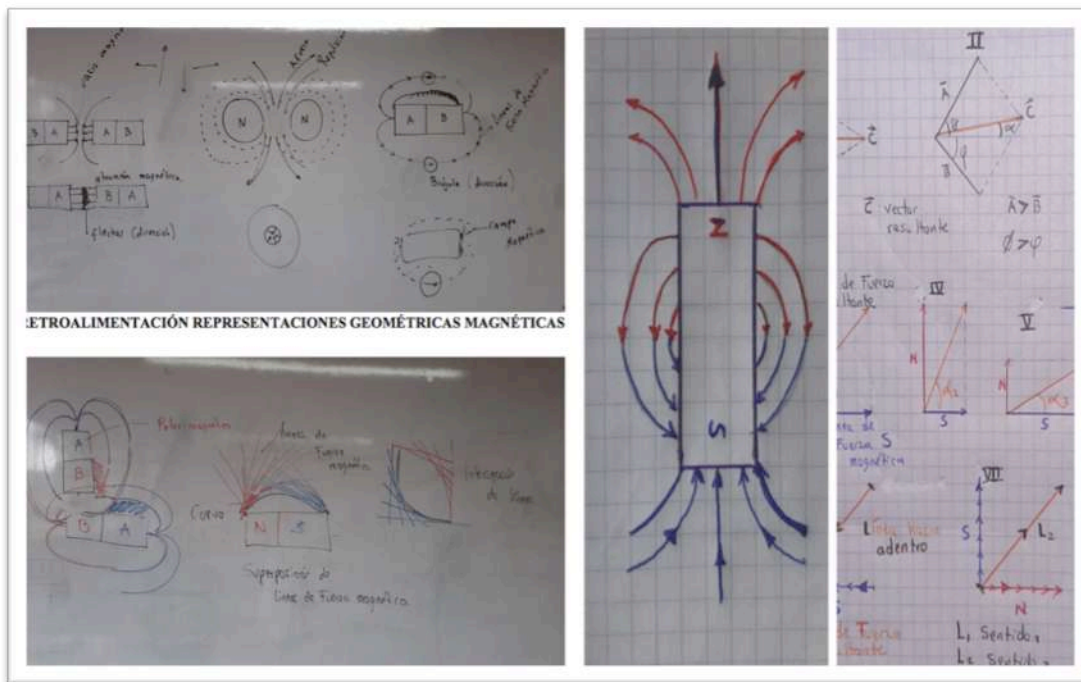
**Imagen 103** Resultados y análisis de los efectos. Grupo 4

- **OBSERVACIÓN:** Al recontextualizar el saber que se tiene de los efectos magnéticos, se genera en los estudiantes relaciones de sus explicaciones con representaciones geométricas de las líneas de fuerza magnética, es una intención significativa para ampliar la experiencia y comprender los efectos observados. Pero se identifica que presentaron dificultades al construir estas representaciones, pero si se evidencia que las formas de las limaduras y las formas de orientar la brújula son parte de las representaciones geométricas de los efectos magnéticos.

### **Conclusiones de los talleres experimentales 1 y 2**

En la siguiente imagen 104 y tabla 12, se presenta la retroalimentación de las actividades de los talleres 1 y 2, en la imagen, se evidencian las representaciones de los efectos y los resultados obtenidos por cada grupo de trabajo, comparado con la explicación del docente después de la revisión de las carpetas de la unidad didáctica de análisis, esto

permite que los estudiantes participen con sus resultados, aclaren dudas y que puedan evidenciar la relación entre el conocimiento, la experiencia y el lenguaje. En la tabla, después del análisis de los trabajos presentados y lo realizado en la retroalimentación se realizó el análisis y se elaboró dicha tabla con el nivel de comprensión en el que se encuentran los grupos de trabajo.



**Imagen 104** Construcciones colectivas de las representaciones geométricas de los efectos magnéticos. Curso 904

<b>GRUPO DE TRABAJO</b>	<b>NIVEL DE COMPRENSIÓN</b>	<b>RETROALIMENTACIÓN</b>
1 – 2 – 3	<b>NIVEL II. 3. A – B - C</b>	Durante el proceso experimental, las retroalimentaciones con todos los grupos y sus análisis fue significativo para construir explicaciones y posibles representaciones de sus efectos, relacionaron la idea de líneas de fuerza magnética y con cambios geométricos en el espacio circundante a las interacciones con las formas que generan a superposiciones de las acciones magnéticas.
4 – 5 – 6	<b>NIVEL II. 3. D</b>	Sus explicaciones aun no evidencian relaciones de los efectos de las actividades con las representaciones geométricas, pero en la retroalimentación re contextualizan que por todo el espacio ocurren interacciones magnéticas que se pueden representar.

**Tabla 12** Clasificación de grupos de trabajo desde sus niveles de comprensión.

### Fase III.

Medio–espacio como agente activo de las interacciones magnéticas

¿Cómo se caracterizan las variaciones de los efectos de las fuerzas magnéticas al cambiar los medios entre las interacciones polares?

¿Qué relación existen, experimentalmente, entre las fuerzas magnéticas y la permeabilidad magnética?

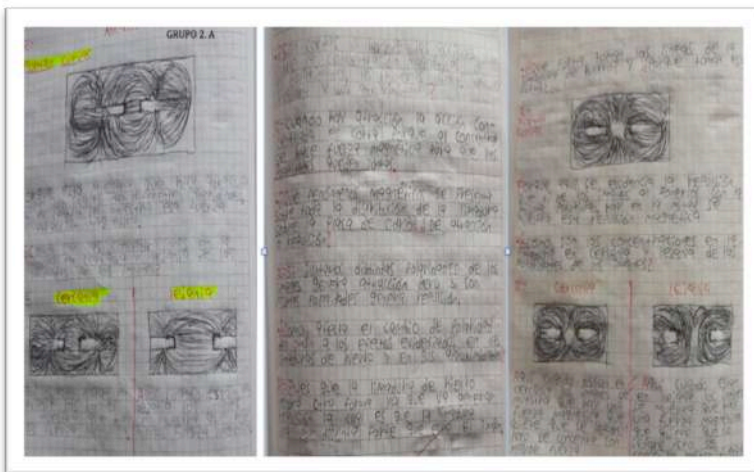
A continuación, se presentará la aclaración sobre el método de clasificación que se trabajó en la fase III (taller experimental 3), tiene situaciones problemáticas (1, 2, 3, 4 y 5), con niveles de comprensión (A, B, C, D y E); donde A es el nivel en el que se evidencian respuestas elaboradas y ampliación de sus conocimientos; B, evidencia una explicación intermedia del conocimiento y C una explicación baja del conocimiento.

### Taller Experimental 3

*Indicador magnético: Los medios físicos: cuerpos y sustancias.*

Se parte desde la construcción geométrica de las líneas de fuerza magnética como función y lenguaje en los estudiantes, permitiendo explicar y comprender el comportamiento magnético de los cuerpos y sustancia cuando lo permea magnéticamente un campo magnético externo, logrando en ellos llegar a explicaciones cualitativas de los efectos representados y/o permitir comprender que los efectos observados son evidencias de la superposición de las líneas de fuerza magnética que formas la curvas que se observan alrededor de los polos de un imán o entre imanes, cuerpos y sustancias, cuando se presentan los fenómenos de repulsión y atracción.

Situación problemática 1: Identificar que las líneas curvas de la fuerza magnética de los imanes al permear cuerpos y sustancias, no siempre los atraviesan o a veces en un menor grado.



**Imagen 105** Resultados y análisis de los efectos. Grupo 2

Nivel III. 1. A En los grupos de trabajo 2, 4 y 5 argumentan y representan, que al ubicar imanes con cuerpos en diferentes configuraciones permite identificar si los efectos cambian o se



mantienen; es decir, los efectos magnéticos dependen de las propiedades magnéticas de su estado. Imágenes 105, 106 y 107.

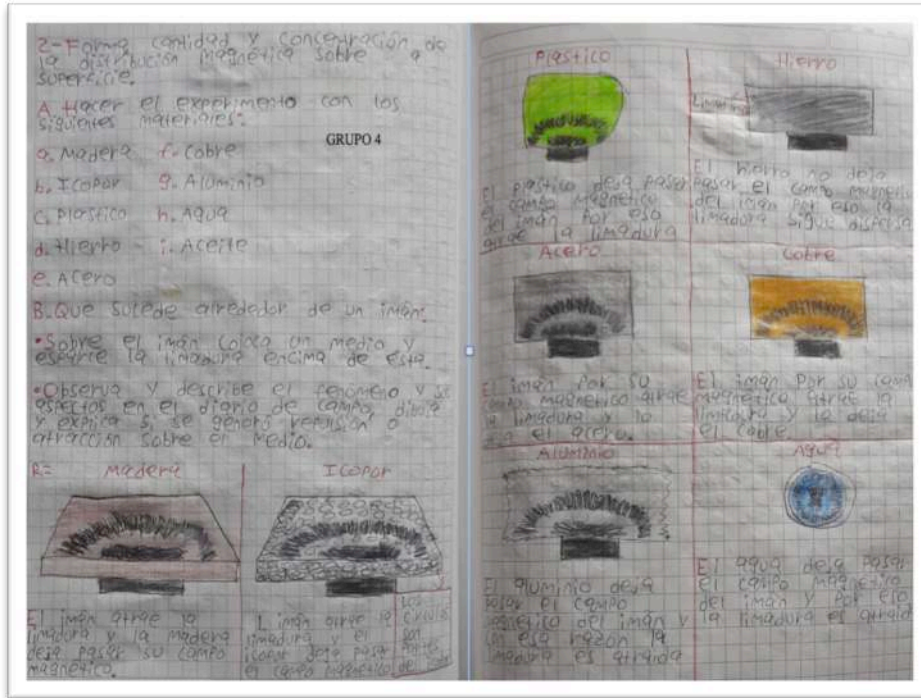


Imagen 106 Resultados y análisis de los efectos. Grupo 4

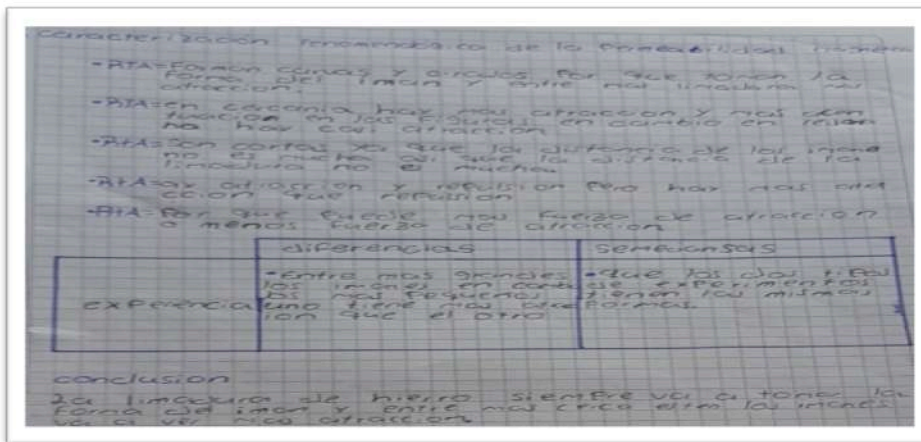
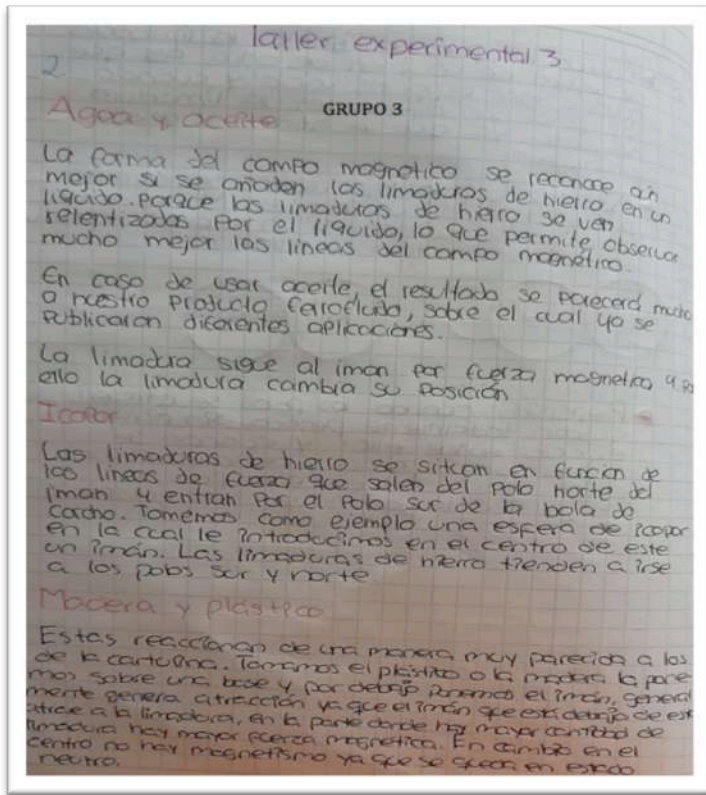


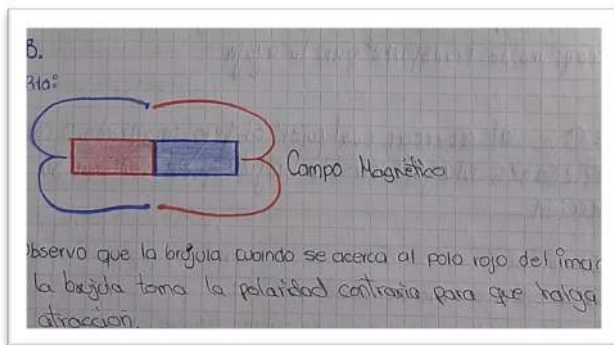
Imagen 107 Resultados y análisis de los efectos. Grupo 5



Nivel III. 1. B En los grupos de trabajo 1 y 3, identifican que existen repulsión y atracción al acercar o alejar imanes con algunos cuerpos y sustancias, sin argumentar porque al estar en cercanía a un imán no sucede ningún cambio. Imagen 108.

**Imagen 108** Resultados y análisis de los efectos. Grupo 3

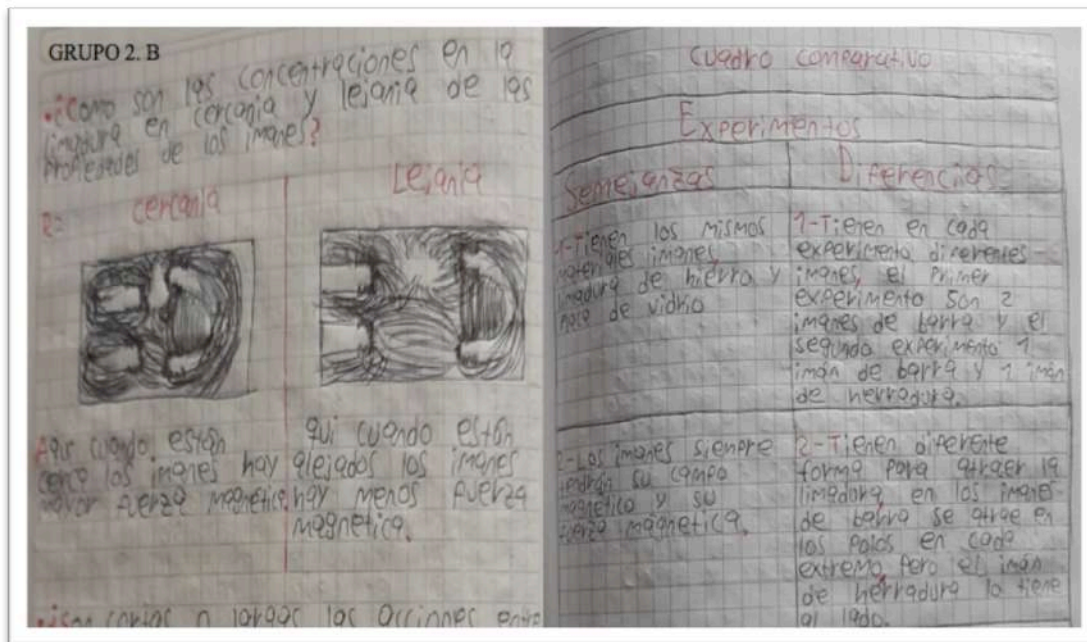
NIVEL III. 1. C El grupo de trabajo 6 solo describe lo observado mediante la afirmación que fue causa de la repulsión y/o atracción magnética. Imagen 109



**Imagen 109** Resultados y análisis de los efectos. Grupo 6

Situación 2: Argumentar que la forma, cantidad y densidad superficial de las acciones magnética que se evidencia en las limaduras de hierro, varían cuando se cambian las propiedades magnéticas del medio-espacio.

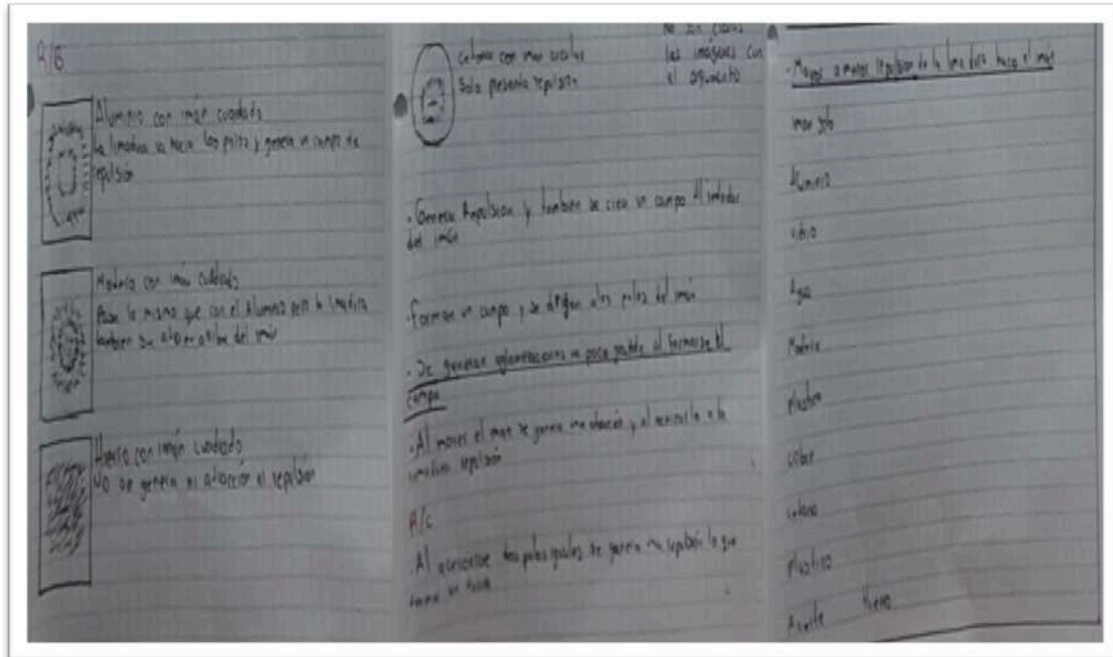
Nivel III. 2. A. Los grupos de trabajo 2 y 4, argumentan que las forma, cantidades y densidades de las limaduras de hierro, evidencia la existencia física y geométrica de las líneas de fuerza magnética y sus cualidades, pero, sobre todo, que estos comportamientos espaciales varían al cambiar el medio de interacción donde ocurre el fenómeno. Imagen 110.



**Imagen 110** Resultados y análisis de los efectos. Grupo 2

Nivel III. 2. B En los grupos de trabajo 1 y 3, logran identificar los efectos magnéticos al describir la forma, cantidad y densidad en la distribución magnética de la

limadura sobre las superficies, pero únicamente desde una representación gráfica sin identificar las relaciones cuando se cambia el medio de interacción. Imagen 111



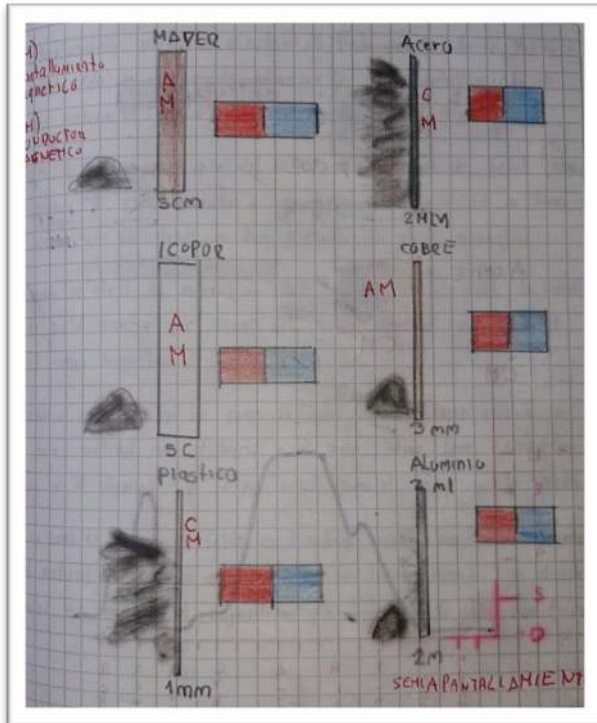
**Imagen 111** Resultados y análisis de los efectos. Grupo 1

Nivel III. 2. C En este nivel todos los grupos logran identificar la forma en la distribución de las limaduras de hierro sobre las superficies, pero se dificulta explicar las causas de las formas, cantidades, densidades, y orientaciones de la limadura de hierro.

La orientación de la aguja imantada de la brújula igual a la de las actividades anteriores también va a ser parte como un indicador magnético de describir si las líneas fuerzas magnéticas de los cuerpos magnéticos realizan cambios al atravesar distintos medios de interacción o tal vez en un menor grado. Para así describir variaciones de las orientaciones de las líneas de fuerza magnéticas al atravesar distintos medios de interacción

y comprender cuales de estos medios permite mayor o menor cambio en la dirección de las curvas de las líneas de fuerza al ser permeado por un campo magnético externo constante.

Situación 3: Argumentar que las variaciones angulares en la brújula y la limadura son debidas a los cambios de los medios-espacio que se encuentra entre las interacciones entre imanes, cuerpos y sustancias.

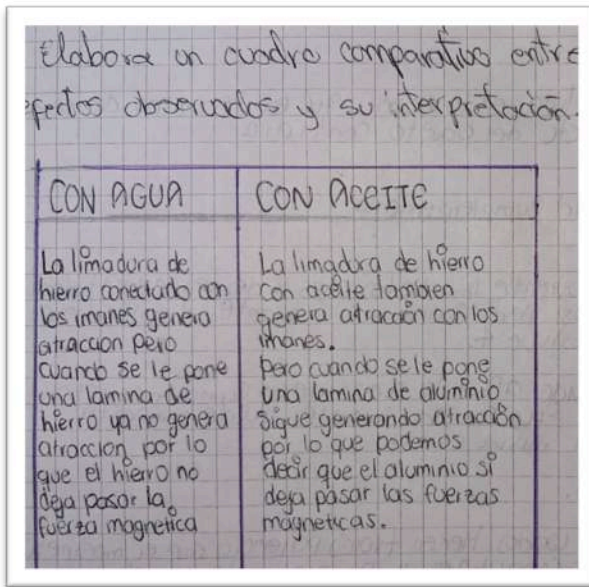


**Imagen 112** Resultados y análisis de los efectos. Grupo 4

Nivel III. 3. A Todos los grupos de trabajo representan las variaciones de la orientación en cercanía y lejanía de polaridades al cambiar el medio de interacción; es decir, explican las orientaciones finales de las interacciones de las líneas de fuerza magnética al poner en interacción varios imanes con distintos cuerpos. Imagen 112

Nivel III. 3. B En este nivel no se clasifica ninguno de los grupos de trabajo, esto debido a que los grupos identifican que al cambiar el medio de interacción se evidencian cambios en las orientaciones de la brújula y las limaduras de hierro, pero evidencian diferentes dificultades al explicar las causas de los cambios.

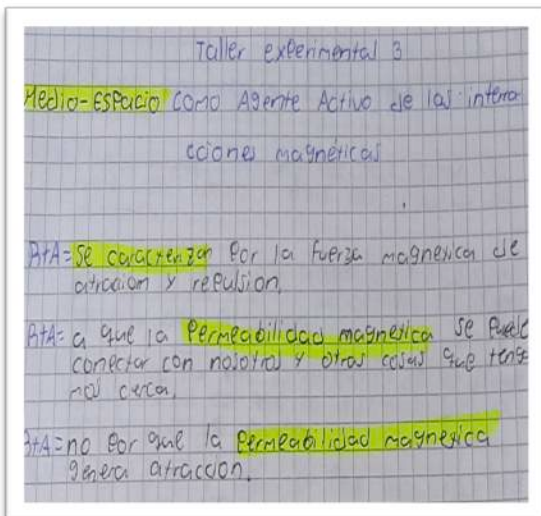
Situación 4: Comprender el comportamiento de las líneas curvas de fuerza magnética en polaridades iguales y distintas en diferente espacio-medio de interacción, cuando son permeadas por un campo magnético externo constante.



**Imagen 113** Argumentos del grupo 2.  
brújula. Imagen 113

Desde un análisis conceptual y teniendo en cuenta los niveles de comprensión, de la tabla 12, se puede llegar a las siguientes conclusiones de la situación 4, teniendo en cuenta características físicas del medio evidenciadas en los indicadores

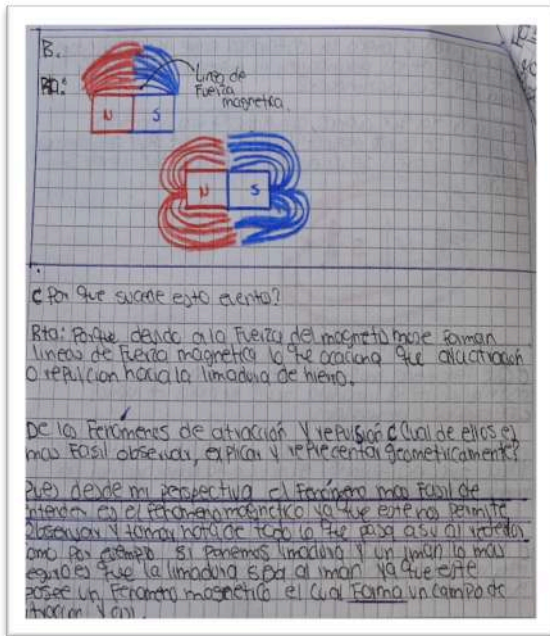
magnéticos: la limadura de hierro y la



**Imagen 114** Argumento generalizado.

Nivel III. 4. A Todos los grupos de trabajo identifican que las variaciones de las propiedades magnéticas del espacio circundante; como su cantidad, configuración y dirección de las líneas de fuerza magnética, depende de la permeabilidad magnética que

genera los cambios de imanes, cuerpos y sustancias. Imagen 114



Nivel III. 4. B Los grupos de trabajo 1, 2 y 3 argumentan las causas de las variaciones de las distribuciones, cantidades y direcciones, utilizando los conceptos geométricos y su aplicación en la superposición de las líneas físicas de fuerza magnética, cuando se cambia el medio de interacción donde ocurren las interacciones magnéticas. Imagen 115

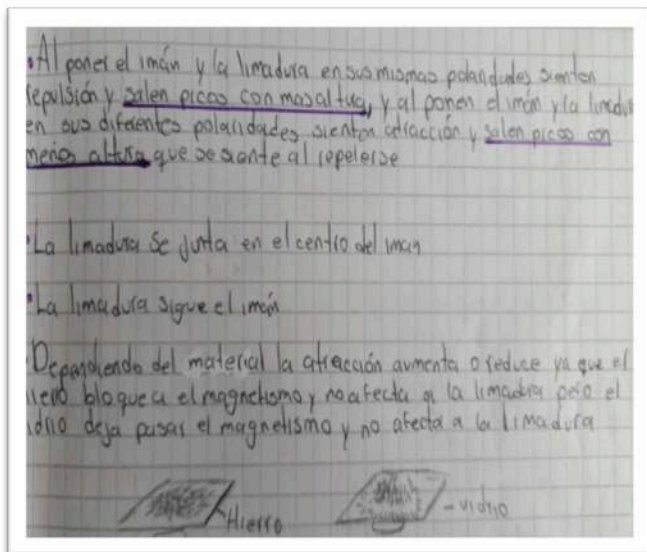
**Imagen 115** Representación geométrica de líneas de fuerza magnética. Grupo 2

**Imagen 116** Argumentos de los efectos observados cuando se varía el medio. Curso 904

Nivel III. 4. C Los grupos de trabajo 1, 2, 3 y 6 presentan aún el mismo lenguaje, que usa para explicar los cambios espaciales al variar el medio de interacción desde descripciones cualitativas de forma, cantidad y agrupación que se generan en las limaduras de hierro, pero si se evidencia la ampliación

Medio-Material	Efecto	Explicación
Aire	La polaridad norte del imán apunta y genera atracción a la polaridad sur de la brújula	Se pusieron los imanes separados de modo que el medio fuera el aire, por eso se pudieron repeler y atraer
hierro	El hierro logra cambiar muy leve la fuerza magnética que existe entre el imán y la brújula	El hierro se puso en medio de los imanes y alar... o los respaldó
Aluminio	Esto no altera la fuerza magnética que hay entre la brújula y el imán, ya que el aluminio aunque repulsion y se sea un metal no tiene ninguna fuerza magnética	Por último se puso el aluminio y se pudo observar ya que el aluminio aunque repulsion y se sea un metal no tiene ninguna fuerza magnética

conceptual, Imagen 116. En cambio, los grupos 4 y 5 describen los efectos únicamente desde los fenómenos repulsión y atracción.



**Imagen 117** Resultados y análisis de los efectos. Grupo 4

Nivel III. 4. D Los grupos de trabajo 4, 5 y 6 interpretan los efectos observados utilizando únicamente diagramas de formas de las concentraciones de la limadura de hierro, sin identificar variaciones de forma, cantidad y densidad al cambiar los medios de interacción. Imagen 117.

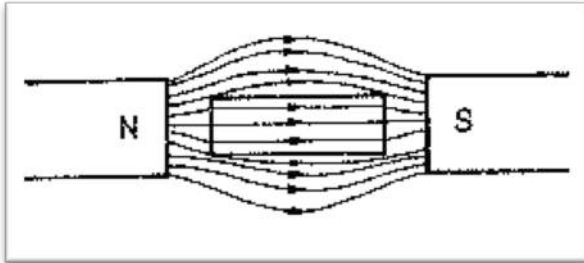


**Imagen 118** Resultados y análisis de los efectos. Grupo 2

Nivel III. 4. E. Los grupos de trabajo 1, 2 y 3 construyen representaciones geométricas de las interacciones entre las líneas de fuerza magnética de los imanes con cuerpos y sustancias magnéticas, cada vez que se cambia el medio físico entre ellos, es repulsión y atracción.



Comparaciones entre las representaciones de Faraday y la actividad experimental de la unidad didáctica de análisis:



Representación de los cambios espaciales de las líneas de fuerza magnética que permean los diferentes medios físicos.

Imagen 119

**Imagen 119** Comportamiento de las líneas de fuerza magnética.

Situación Complementaria: Realizar una comparación entre las representaciones de la fuerza magnética según Faraday, imagen 119, con los efectos y representaciones planteadas por los diferentes grupos de trabajo en los talleres experimentales 1, 2 y 3. Luego, por medio del montaje experimental de los clips (imagen 120), describir e interpretar la interacción de la fuente magnética al cambiar los medios físicos entre ellos.



**Imagen 120** Montaje experimental para determinar los comportamientos de las fuerzas magnéticas al interponer diferentes medios físicos y su representación.

Después de realizar la actividad complementaria, los grupos de trabajo del curso 904:

- Argumentan que las curvas magnéticas que se forman sobre las superficies de los medios magnéticos en presencia de imanes con igual o diferente polaridad, son generadas por la superposición de las líneas de fuerza magnética de un campo magnético externo
- Explican los efectos evidenciados y recopilados en la práctica experimental, cuando se cambia los medios e interacción con la ayuda de las representaciones de Faraday del comportamiento de las líneas y curvas de las fuerzas magnéticas.
- Disciernen las relaciones entre las propiedades magnéticas de los medios de interacción con la representación que ilustra Faraday en sus investigaciones de las

distribuciones superficiales de las líneas de fuerza magnética cuando permea un cuerpo.

- Analizan y concluyen que cada vez que cambia el medio de interacción entre un imán y un cuerpo A (clips), aumenta o disminuye las cantidades de cuerpos A que pueda sostener y depende de las propiedades magnéticas de estos. Imagen 120.

#### 4.5. Criterios de clasificación de los medios físicos que presentan distintos niveles de permeabilidad magnética.

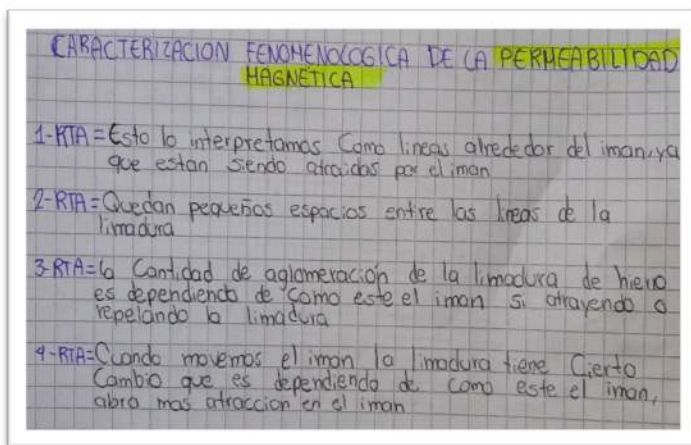
Los estudiantes mediante el análisis de sus observaciones y las comparaciones de sus registros e imágenes, clasificar los distintos cuerpos y sustancias a partir de la forma de las líneas de fuerza de las limaduras de hierro -de la cantidad de las líneas de la limadura de hierro –del grosor de las líneas de fuerza magnética de las limaduras de hierro y los cambios angulares en la brújula.

Los medios de interacción donde la distribución superficial de las limaduras se observa definidas, se forman bastantes líneas curvas de fuerza magnética de la limadura y muy cercanas una de otra y algunas se presentan bastantes gruesas y se evidencia un cambio angular en las orientaciones de la brújula (Permeabilidad Baja)

Los medios de interacción donde la distribución superficial de las limaduras no se observa tan definidas, no son tan visibles líneas curvas de fuerza magnética de la limadura

y algunas se presentan bastantes gruesas como otras delgadas y se evidencia un cambio muy diminuto angular en las orientaciones de la brújula (Permeabilidad Media).

Los medios de interacción donde la distribución superficial de las limaduras no se observa ninguna curva magnética definida, no se forman líneas curvas de fuerza magnética de la limadura, algunas se presentan bastantes gruesas y no se evidencia cambios angulares en las orientaciones de la brújula (Permeabilidad Alta)



**Imagen 121** Caracterización fenomenológica de la permeabilidad magnética curso 904

Ahora, los estudiantes mediante el análisis de sus observaciones y las comparaciones entre sus registros e imágenes en términos de permeabilidad magnética (imagen 121), podrán clasificar los distintos materiales y sustancias desde los criterios que

se muestran a continuación, estos corresponden a las representaciones espaciales generadas desde la sistematización de sus resultados conceptuales, parte izquierda de la imagen 122, y experimentales como se muestra en la parte derecha de la misma imagen:

Los medios interacción que permiten con mayor grado atravesar cantidad de fuerza magnética al sostener más cuerpos A. (Permeabilidad Baja)

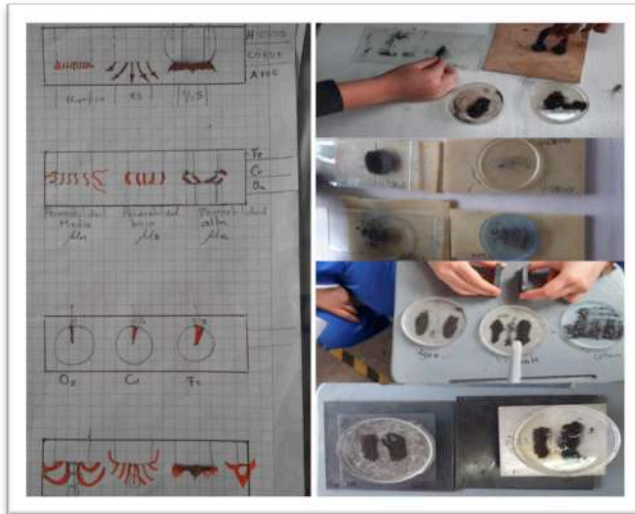
Los medios de interacción que permiten sostener cuerpos A con un menor grado que los que más permitieron sostener cuerpos A (Permeabilidad Media)

Los medios de interacción los que no permiten atravesar la misma cantidad de fuerza la no sostener ningún cuerpo A (Permeabilidad Alta)

### **Conclusiones del taller experimental 3**

En la imagen 122 y la tabla 12, se presenta la retroalimentación de las actividades del taller 3. En la imagen 122, se evidencia el trabajo experimental de los grupos para llegar a la clasificación de los materiales y sustancias, utilizando como indicador la limadura de hierro y la brújula y como variables, las configuraciones de las polaridades de la fuente magnética y el medio físico (Hierro, Cobre y Aire) donde ocurren los efectos.

En la tabla 12, después de la revisión de las carpetas de la unidad didáctica de análisis y de la retroalimentación en clase que permite a los estudiantes participar con sus resultados, aclarar dudas y evidenciar la relación entre el conocimiento, la experiencia y el lenguaje. Se realizó el análisis y se elaboró dicha tabla con el nivel de comprensión en el que se encuentran los grupos de trabajo en el taller 3.



**Imagen 122** Actividad experimental; análisis, comparaciones y clasificaciones.

GRUPO DE TRABAJO	NIVEL DE COMPRENSIÓN	RETROALIMENTACIÓN
2 - 3 - 5	ALTO	Estos grupos de trabajo después de realizar estos 3 talleres experimentales, sus argumentos escritos y gráficos le permitieron identificar y argumentar criterios experimentales de medición cualitativa de las variaciones en la limadura, brújula, en los cuerpos y sustancias de sus comportamientos en interacción con campo magnético, debido a la permeabilidad magnética de espacio-medio.
1 - 4 - 6	MEDIO	Estos grupos de trabajo después de realizar estos 3 talleres experimentales, sus argumentos escritos y gráficos le permitieron identificar y argumentar criterios experimentales de medición cualitativa pero solamente les para realizar una clasificación magnética, pero si identificar y desconociendo que el espacio-medio afecta las interacciones magnéticas.

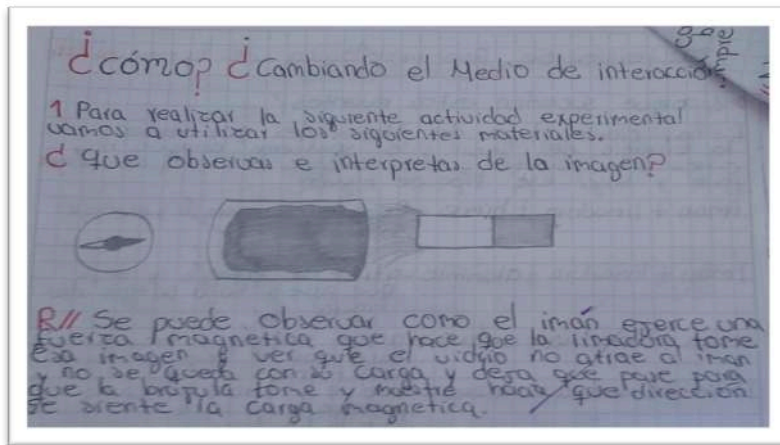
**Tabla 13** Niveles de comprensión de los grupos en el proceso cualitativo de medición.

#### Fase IV

Clasificación y ordenación desde los efectos observables en el permeabilímetro

¿Cuáles son los criterios experimentales para establecer una ordenación de los cuerpos desde su permeabilidad magnética?

A continuación, se aclara el método de clasificación que se trabajó en la fase IV (taller experimental 4), tiene tres situaciones problemáticas (1, 2 y 3), con tres niveles de comprensión (A, B y C); donde A es el nivel en el que se evidencian respuestas más elaboradas y ampliación de sus conocimientos; B, evidencia una explicación intermedia del conocimiento y C una explicación baja del conocimiento.



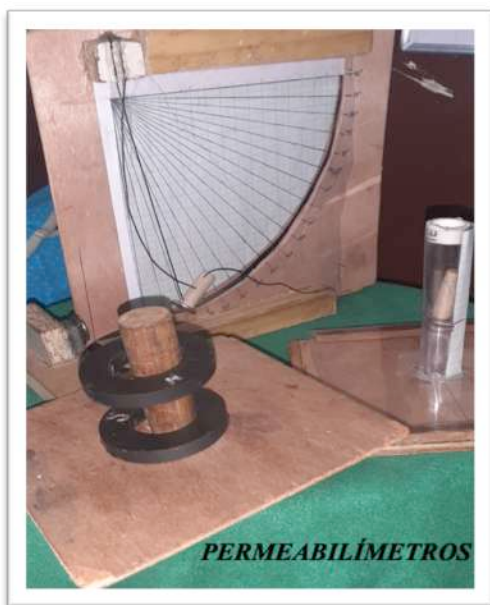
**Imagen 123** Análisis de la situación problemática experimental de la permeabilidad magnética.

Basándonos en el montaje experimental de la imagen 123, en donde se evidencia que las propiedades magnéticas en presencia de un campo magnético no son las mismas en todos los materiales, por ejemplo en la limadura de hierro que se encuentra dentro de un recipiente metálico debería ser atraída por un imán externo, pero no sufre cambio alguno, sin embargo al observar la brújula que se encuentra en el extremo opuesto del imán sufre cambios, es decir las fuerzas magnéticas sufren cambios por todo el espacio de interacción,

para construir la explicación de estos efectos, los grupos se basan en las explicaciones conceptuales y las posibles representaciones que ellos han construido en el desarrollo de los talleres de la unidad didáctica de análisis. El propósito del siguiente taller es permitir que los estudiantes comprendan de una manera más específica los cambios en los efectos magnéticos, las propiedades y cualidades de los diferentes materiales, por medio de la medición de las variables que han venido trabajando, por este motivo se construyó el permeabilímetro magnético, cuyo fin es realizar mediciones cuantitativas de los efectos observados que llevarán a la conceptualización de la permeabilidad magnética.

#### Taller Experimental 4

*Indicador magnético: Permeabilímetros magnéticos*



**Imagen 124** tipos de permeabilímetros magnéticos.

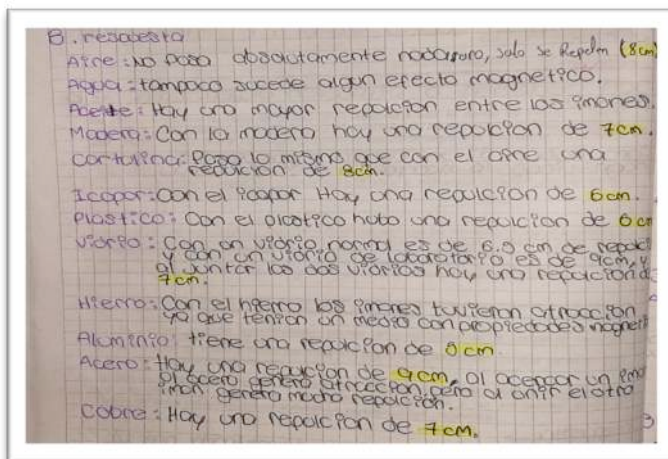
Esta parte final de la actividad experimental pretende posibilitar la construcción de explicaciones de los estudiantes del comportamiento de las propiedades magnéticas del espacio-medio mediante el análisis cualitativo y cuantitativo de las observaciones y la resolución de las situaciones problemáticas que se plantean en esta unidad de análisis, después de reconstruir todo un saber experimental y conceptual de la permeabilidad magnética, conocimientos que se

aplicarán en los distintos procesos de mediciones en los diferentes permeabilímetros como se observan en la imagen 124, cada vez más recontextualizados, sofisticados y complejos,



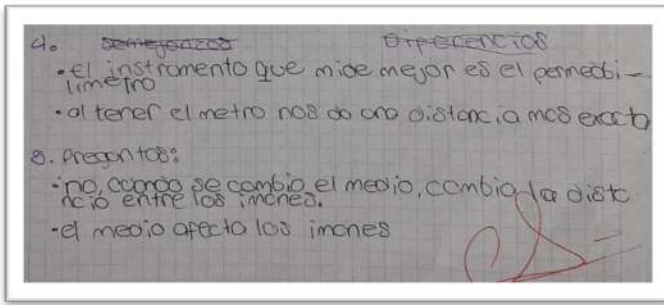
pero buscando la mejor forma de medir la permeabilidad magnética de diferentes medios. Estas mediciones se realizarán comparando los efectos de las distancias que toman dos imanes en repulsión con distintas magnitudes lineales y angulares. Igualmente se pondrá en discusión otro elemento en la actividad experimental, como lo es la construcción de instrumentos de medida y magnitudes físicas para comprender que el permeabilímetro magnético permite clasificar y realizar una ordenación de los cuerpos y las sustancias desde la magnitud física del medio.

Situación problemática 1: El primero de ellos, permite identificar y medir en centímetros la distancia entre dos imanes con igual polaridad, interacciones que se dan en el medio físico como es el aire, pero no permite cambiar el medio de interacción entre los imanes, esto no permite evidenciar las variaciones espaciales cuando se cambia el medio de interacción.

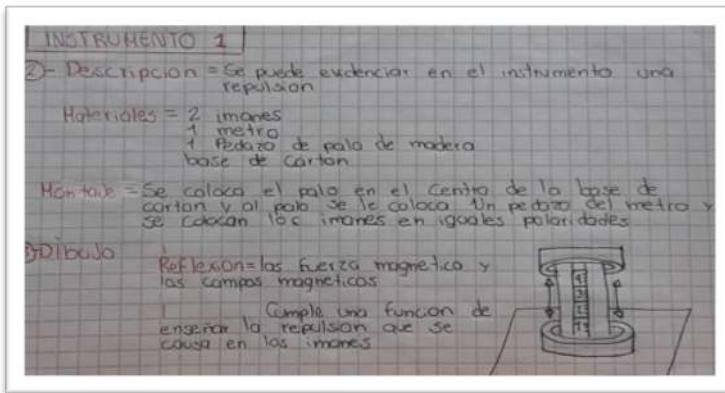


Nivel IV. 1. A Todos los grupos de trabajo argumentan que la distancia que se genera entre los dos imanes es debido a la repulsión magnética en el medio de interacción del aire. Imágenes 125,

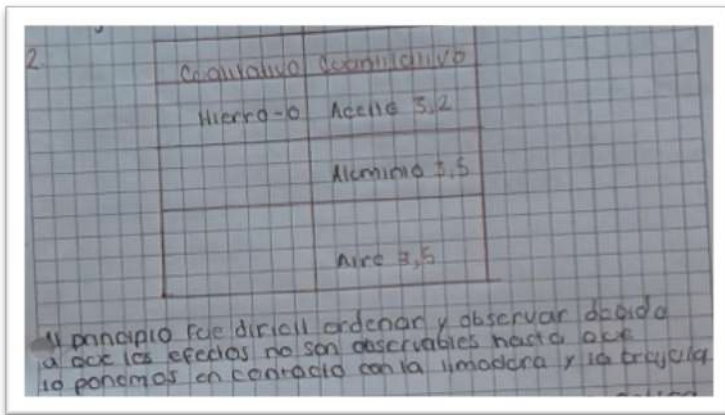
**Imagen 125** Mediciones cuantitativas de las permeabilidades magnéticas. Grupo 4 126 y 127.



**Imagen 126** Mediciones  
 cuantitativas de las  
 permeabilidades magnéticas.  
 Grupo 1



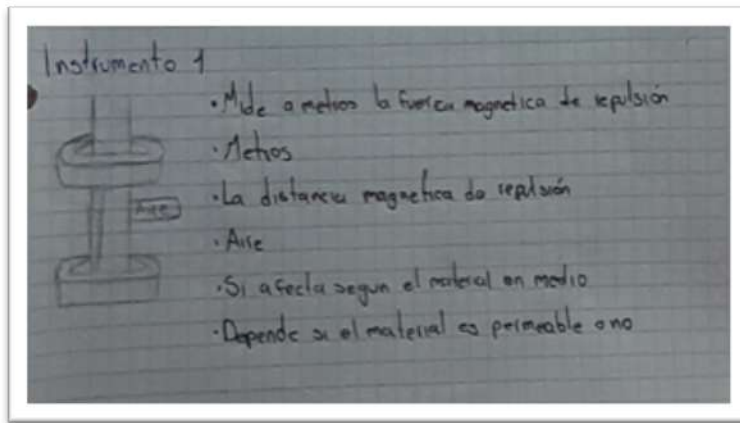
**Imagen 127** Mediciones  
 cuantitativas de las  
 permeabilidades magnéticas.  
 Grupo 6



Nivel IV. 1. B Todos los grupos de trabajo identifican y miden la repulsión entre los imanes, pero no logran percibir que

**Imagen 128** Medición cuantitativa del esta distancia se genera dentro  
 permeabilímetro.

de un medio físico como lo es el aire. Imagen 128



**Imagen 129** Características numéricas del permeabilímetro

Nivel IV. 1. C Todos los grupos de trabajo identifican que la recta numérica permite medir en cierto grado la distancia

entre dos imanes de repulsión. Imagen 129.

Situación problemática 2: El segundo instrumento, permite ahora comparar los cambios espaciales de un imán flotante respecto a otro similar con iguales polaridades con las escalas angulares sobre un plano, en comparación con el primer permeabilímetro, este sí permite el intercambio de los espacio-medio para evidenciar que la variación de los efectos magnéticos angulares depende de la permeabilidad magnética del medio que se interpone entre los dos imanes, pero el instrumento presenta un inconveniente al tener en cuenta la fricción entre el aire y los movimientos del imán flotante debido que sus análisis pueden confundirse con los efectos de otro tipos de fenómenos.



**Imagen 130** Medición de cambios angulares magnéticos.

Nivel IV. 2. Todos los grupos de trabajo argumentan que la distancia angular que se genera entre los dos imanes, varía cuando se cambia el medio de interacción entre ellos, es decir los cambios angulares

entre dos imanes en repulsión depende de la permeabilidad magnética que presenta los diferentes medios físicos; unos más que otros. Imagen 130.

Nivel IV. 2. B Los grupos de trabajo 1 y 2 identifican la repulsión angular entre los imanes, pero no logra percibir que esta distancia angular depende del medio que se ubique entre las interacciones de las fuerzas magnéticas de los dos polos de los imanes y a los grupos 4 y 5 se les dificultad explicar que los cambios angulares en los imanes dependen de la permeabilidad magnética del medio de interacción.

Nivel IV. 2. C Los grupos de trabajo 1, 2 y 3 diferencian los criterios de comparación de los efectos observados con cambios en escalas numérica y/o angulares. Mientras que los grupos 4 y 5 presentan dificultades para argumentar las comparaciones entre los efectos observados y los planos angulares.

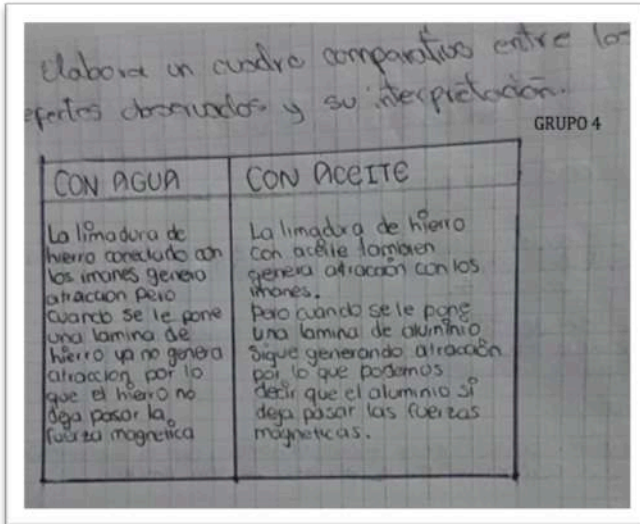
Situación problemática 3:

Semejanzas	Diferencias
Instrumentos 1 y 3 miden la repulsión a metros	Instrumento 2 mide a grados la repulsión
Instrumento 2 y 3 pueden cambiar el material en medio para cambiar la medida	Instrumento 1 no permite cambiar el material entre los imanes así que la medida de repulsión siempre será la misma

**Imagen 131** Comparación cualitativa entre permeabilímetros.

Nivel IV. 3. A Los grupos de trabajo 1, 2 y 3 comprenden que la recta numérica permite medir y evidenciar con mayor facilidad en cierto grado los cambios de las distancias entre dos imanes de repulsión al cambiar los espacio-

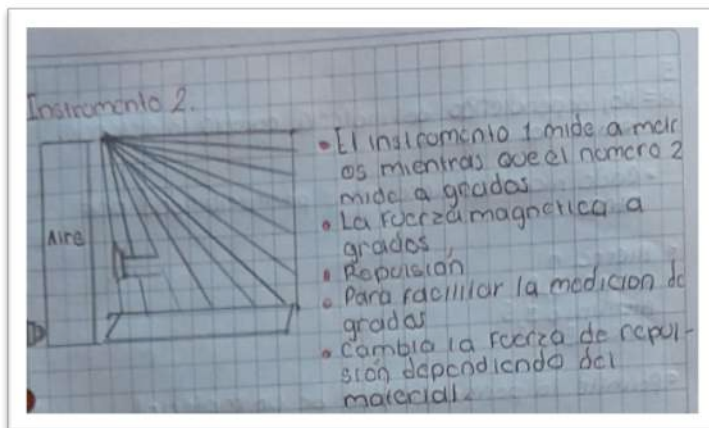
medio. Mientras que los grupos 4 y 5 presentan dificultades para argumentar las comparaciones entre los efectos observados con la cinta métrica.



**Imagen 132** Análisis de las mediciones cuantitativas de las permeabilidades magnéticas. Curso 904.

Nivel IV. 3. B Los grupos de trabajo 1, 2 y 3 utilizan el estado magnético de la interacción final en el aire como patrón de comparación cualitativa y cuantitativa de los efectos. Mientras que los grupos 4 y 5 presentan dificultad para argumentar los efectos observados.

Nivel IV. 3. C El grupo de trabajo relaciona el estado magnético de la interacción final en el aire con las características de los medios a utilizar.

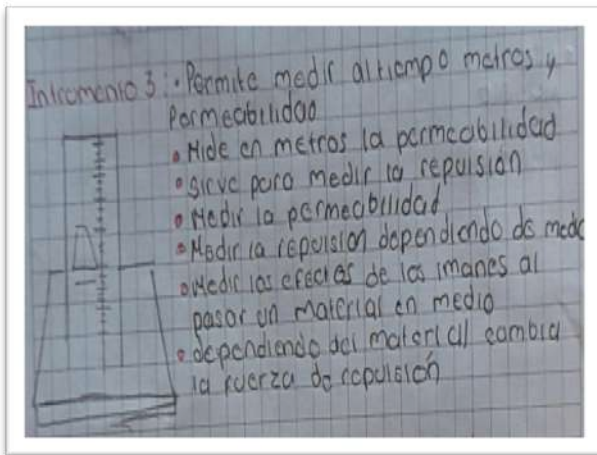


**Imagen 133** Relaciones métricas entre permeabilímetros.

Nivel IV. 3. D En el grupo de trabajo se le dificulta establecer relaciones de la magnitud física de la permeabilidad magnética con magnitudes físicas ya

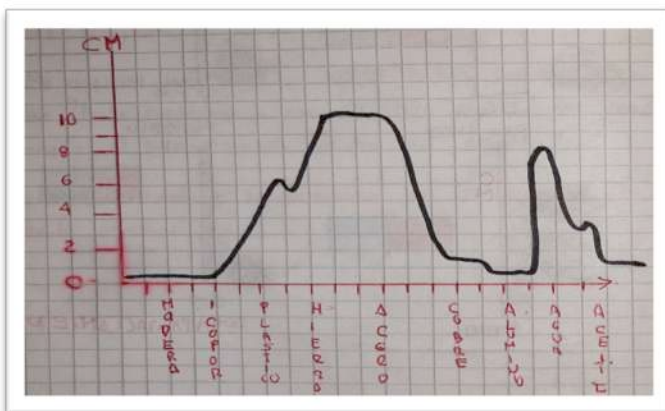
constituidas como las métricas y angulares. Imagen 133.

Cuando nos proponemos construir el permeabilímetro es porque pensamos que esa cualidad se puede ordenar y decir que medio es más permeable que otro. No nos quedamos en este proceso experimental de la permeabilidad magnética con la generalización de atracción o repulsión sino como la oportunidad de comprensión y medición de magnitudes físicas en la enseñanza del magnetismo del espacio, la materia y de sus interacciones.



**Imagen 135** Característica instrumental del magnéticos en el espacio cuando se permeabilímetro magnético.

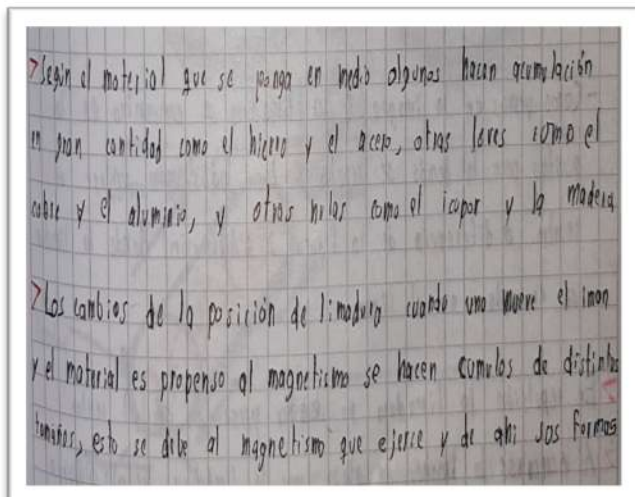
cambia los medios de interacción.



**Imagen 134** Sistematización gráfica de mediciones realizadas por un grupo del semillero.

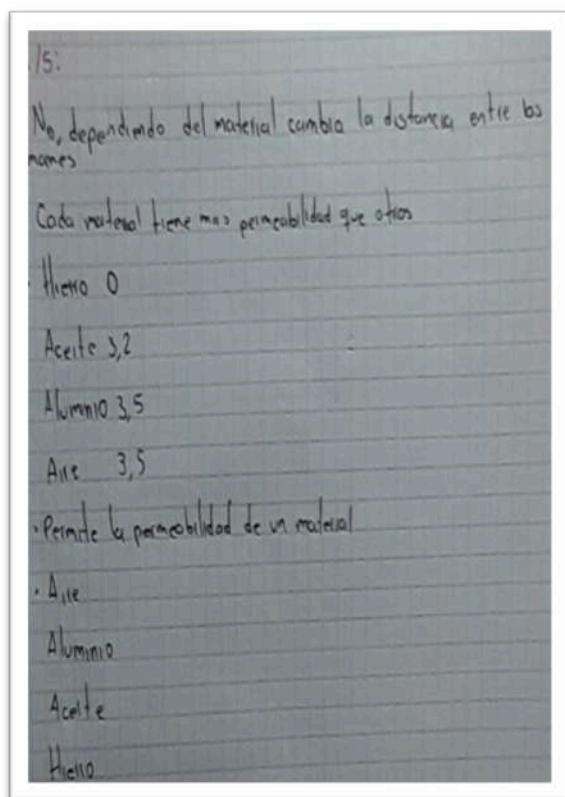
Nivel IV. 4. A. En cada grupo de trabajo del semillero, establecer diferentes criterios que

permiten ordenar de mayor a menor permeabilidad magnética y cuántas veces es más permeable un medio del otro. Imagen 135.



**Imagen 136** Construcción conceptual de la magnitud física.

Nivel IV. 4. B Los elementos conceptuales durante la actividad experimental que cada grupo de trabajo construyo y recontextualizó les permite la comprender de la magnitud física de la permeabilidad magnética, por medio de la comparación entre los efectos al cambiar los materiales. Imagen 136



Nivel IV. 4. C En cada grupo de trabajo ordena de mayor a menor permeabilidad magnética y establecer desde la medición de la fuerza magnética entre imanes con el permeabilímetro y definir cuántas veces es más permeable un medio del otro. Imagen 137, 138 y 139.

**Imagen 137** Mediciones de la permeabilidad magnética.

2.

Cualitativo	Cuantitativo
Hierro - 0	Aire 3,2
	Aluminio 3,5
	Aire 3,5

Al principio fue difícil ordenar y observar debido a que los efectos no son observables hasta que lo ponemos en contacto con la limadura y la brújula.

**Imagen 138** Mediciones de la permeabilidad magnética.

5

$\mu$  = Noj dependiendo del material cambia la distancia entre los imanes

- Cada material tiene mas permeabilidad que otros
- Hierro 0  
Aceite 3,2  
Aluminio 3,5  
Aire 3,5
- Permite la permeabilidad de un material

Aire  
ALUMINIO  
ACEITE  
HIERRO

GRUPO 6

**Imagen 139** Mediciones de la permeabilidad magnética.

**4.6.** Un acercamiento a la idea de permeabilidad magnética, desde la explicación de los efectos observados en la práctica experimental en grado noveno.

Después del proceso de implementación de la unidad didáctica de análisis y la sistematización del proceso experimental que llevaron a cabo los estudiantes de grado noveno, permitió que ellos comprendieran que existen diferentes estilos de enseñanza y que en ellos esta concebir su propio estilo aprendizaje, pero sobre todo en sus prácticas educativas que orientaron la construcción de sus explicaciones y la comprensión de fenómenos físicos, es de aclarar que se dieron cuenta que es un proceso complejo, pero que



invita tanto a estudiantes como a docentes a usar algunas actividades experimentales como herramienta de apropiación y reflexión para los actores involucrados, ya que los acercó más a la realidad de los fenómenos que los rodea, esto permitió generar rutas explicativas en los estudiantes y los contextos problemáticos de la actividad experimental en la ciencia y sus implicaciones para la enseñanza y que sientan curiosidad por las cosas que están y van a aprender.

Como se mencionó en el párrafo anterior el rol del docente fue importante ya que mediante la retroalimentación de cada practica experimental, se reflexiona en su quehacer docente y se replantea sus prácticas pedagógicas para que el aprendizaje sea retroalimentado tanto por los estudiantes como por el docente, de esta forma aprovecha todos los recursos que se encuentren a mano para acercar el conocimiento a los estudiantes y ampliar sus saberes científicos.

Particularmente en esta tesis se abordó el mundo magnético y se estableció una ruta explicativa a propósito de la naturaleza magnética que conocían los estudiantes y llevarlas a un nivel más complejo usando materiales que conocen pero no relacionaban con el magnetismo; es de aclarar que en todo el desarrollo de la tesis se tuvo en cuenta el PEI institucional, para generar contextos problemáticos, mediante una pregunta-problema o situaciones que los estudiantes hayan vivido y presenten dificultades explicativas y argumentativas entre ellos acerca del fenómeno. Es aquí, que el docente antes de construir y aplicar su unidad didáctica de análisis en el aula o generar estos contextos problemáticos,

tuvo que realizar su propia construcción experimental-conceptual, para identificar que intenciones quería orientar y lograr en los estudiantes, que situaciones problemáticas podía llevar al aula de forma conceptual, teórica e histórica, que organización experimental podía llevar al aula según el contexto escolar y cómo retroalimentar sus procesos de aprendizaje y evaluativo; mediante, ideas, representaciones, mapas mentales o expresar su propio saber desde sus condiciones cognitivas, se reconocieron nuevas poblaciones de necesidades especiales e inteligencias múltiples en la actividad experimental, al desarrollar el rol seleccionado por cada estudiante de cada grupo de trabajo.

Esta investigación propone tres aspectos. El ´primero, consiste en realizar un dialogo con científicos experimentales, sus actividades instrumentales y conceptuales que presentaron para explicar el fenómeno y recontextualizar la formación del mundo desde sus visiones y afirmaciones construidas grupalmente. El segundo, identificar aquellas afirmaciones que se realizaron en los diálogos, permitió realizar diferentes montajes experimentales, llevando el fenómeno al aula, debido a que es un proceso inmerso desde un contexto enseñanza-aprendizaje, logró generar un ambiente científico en el aula desde una forma dinámica donde no solo se encuentra un lenguaje si no que se estimularon distintos estilos de aprendizaje. Por último, la labor docente puede lograr su objetivo y lograr saberes científicos por medio de lo que concebimos como la actividad experimental en la enseñanza de las ciencias y perspectiva fenomenología como una alternativa de enseñanza en los fenómenos físicos.

La enseñanza de los fenómenos magnéticos, permite no solo estimular las observaciones, aunque los comportamientos no son visibles a primera vista, pero los efectos se puedan visualizar, es aquí donde genera uno de los primeros pasos de la observación, la curiosidad y mediante la actividad experimental se comienza ampliar su observación, partiendo desde sus propios saberes, relatos y experiencias de la propiedad del espacio físico magnético. Pretendió recontextualizar las propiedades magnéticas de la materia a propiedades magnéticas espaciales que permean nuestro mundo real desde experiencias cada vez más complejas hasta lograr la construcción del instrumento de medida, el permeabilímetro magnético donde ellos caracterizaron e identificaron su función y su forma de medir.

La construcción de esta herramienta pedagógica como lo fue la unidad de análisis de la permeabilidad magnética, encontró y posibilitó diversas explicaciones, representaciones y mediciones de los efectos observados en la práctica experimental en las clases de física del Colegio República de Colombia IED posibilitando el ejercicio de explicar, organizar y ampliar la experiencia acerca de la idea de la permeabilidad magnética de los algunos materiales desde una perspectiva fenomenológica, vinculada al análisis histórico-crítico de la conexión entre la actividad experimental, la percepción y construcción de los fenómenos y las explicaciones que los estudiantes elaboraron en la clase de ciencias, fortaleciendo una imagen de ciencia y de los fenómenos magnéticos, por tal motivo se registró y sistematizó las diferentes rutas explicativas en los estudiantes en torno a la naturaleza magnética por medio de diferentes situaciones problemáticas con imanes y materiales cotidianos; es de aclarar que los resultados de la unidad didáctica tuvieron en cuenta los contextos culturales

de los estudiantes, los cuales son entendidos como interacción entre medios, esto induce a la construcción de explicaciones desde distintas perspectivas de la cualidad de la permeabilidad magnética. Esto permitió identificar, planear y sistematizar prácticas en torno a la enseñanza y aprendizaje desde un análisis crítico y reflexivo de aquellas dificultades que se encontraron histórica y actualmente en las aulas, donde en muchas instituciones las prácticas educativas en torno a la construcción de explicaciones en ciencia presenta una dificultad instrumental, por la falta de recursos económicos o por la dificultad de los docentes en generar ambientes de aprendizajes, obligando al docente a trabajar solamente desde socializaciones de los imaginarios de los estudiantes del fenómeno.

Igualmente, se logró con los estudiantes de grado noveno del colegio Republica de Colombia IED realizar un acercamiento al mundo magnético, generando en el aula un ambiente de aprendizaje científico agradable en el “conocer”, a partir de sus observaciones, representaciones gráficas y conceptuales; reflexionar, debatir, confrontar sus propias ideas con las de sus compañeros para generarse una perspectiva colectiva y global del fenómeno magnético por parte de los grupos de educandos. También es de destacar como se mencionó en el capítulo II, el ambiente histórico del magnetismo se puede evidenciar la interacción de la ciencia con los cambios culturales de las naciones que forjaron el conocimiento para el mundo magnético de la materia y las diferentes reflexiones en torno a la recontextualización de la permeabilidad magnética como propiedad del espacio – medio físico.

La sistematización de la unidad didáctica de análisis evidencia la importancia de las actividades experimentales en el aula ya que permitió interactuar y comprender cómo desde una instrumentación, un montaje, un procedimiento y una explicación desde cuerpos, materiales o sustancias el estudiante realizó su propia comprensión de su fenomenología. Forjando una invitación a las instituciones encargadas de la enseñanza (MEN; SED Y IED) de las ciencias a reconsiderar que la parte experimental y la construcción de explicaciones de los educandos en torno a la misma, permitió que el proceso evaluativo y de competencias fuera más eficaz y tangible; logrando un cambio científico, social y cultural en un determinado contexto; como el contexto educativo colombiano.

#### 4.7. Aportes del trabajo de grado de maestría al Colegio República de Colombia IED.

Durante este proceso experimental se pretende enfatizar en la relación con el PEI institucional desde un enfoque constructivista. Por este motivo, las actividades experimentales se han planteado desde una recontextualización de saberes generando un ambiente de aprendizaje que fortalecerá los procesos de aprendizaje científico. A demás, éste proyecto de maestría que se realizará en la institución ofrece ampliar conocimientos e innovar la forma de la enseñanza de la Física, generando un espíritu investigativo tanto en los estudiantes como en el docente, conocer aspectos históricos importantes para la humanidad pero desde un contexto más próximo para que sea cercano el aprendizaje, y la relación interdisciplinaria con las demás áreas en la construcción de explicaciones que sustenten las interpretaciones que les dan al mundo exterior, y así contribuir construir en equipo explicaciones más significativas del mundo físico de su cotidianidad.

Dada la actualidad mundial debido al COVID-19 las prácticas pedagógicas se vieron en la obligación de optar por la transformación para adaptarse a esta nueva realidad, el mediar el conocimiento mediante un aparato tecnológico; sin embargo, ésta también fue una oportunidad para que los estudiantes observaran el comportamiento del virus a nivel de la asignatura de Física y otros fenómenos que se pudieron evidenciar desde la cotidianidad en casa y desde el trabajo colaborativo con los miembros de la familia e integrando lo visto en otras áreas del conocimiento.

Tener la oportunidad de construir mis prácticas pedagógicas en el aula con un enfoque cultural y científico desde las relaciones y proporciones de las variables observadas en la actividad histórico-experimental como se pretende con la permeabilidad magnética por medio de la construcción fenomenológica, donde los estudiantes construyan explicaciones y argumentos experimentales y conceptuales en la construcción de la magnitud y mediciones de la permeabilidad magnética y reflexiones pedagógicas durante el proceso de construcción del Permeabilímetro Magnético y en la medición de los estados magnéticos desde la variable de permeabilidad magnética de los medios físicos.

Desde la reflexión crítica del estudiante, maestro o de la misma práctica. Pero no se debe confundir con la idea desde sistematización como; la escritura o descripción de una práctica, la recopilación de una información sobre una práctica, el enunciar las problemáticas sin trasfondo u organizar una información cronológicamente. Pero

principalmente el error recae en describir la sistematización como una narración, descripción, relato de lo ocurrido en el mejor de los casos, se piensa que se trata de reconstruir históricamente la experiencia vivida.

Por tal motivo esta práctica se sistematizará por medio de la categorización de las ideas teniendo en cuenta una investigación cualitativa de los resultados recogidos de las actividades, se tendrá en cuenta los registros audiovisuales recogidos, igualmente las socializaciones y debates que se generen. Para llegar algunas conclusiones, reflexiones y posibles soluciones que puede generar este tipo de prácticas, evidenciando las problemáticas que implica en los estudiantes el aprendizaje de los fenómenos eléctricos y magnéticos, con la idea de PERMEABILIDAD MAGNÉTICA.

## CONCLUSIONES, REFLEXIONES Y PROYECCIONES DEL TRABAJO DE GRADO

*“Toda organización conceptual tiene siempre un arraigo a alguna organización experiencial que puede ser producto de nuestra experiencia cotidiana o creada en situaciones particulares de experimento” (Malagón, 2002).*

Los sujetos desde sus primeros hallazgos siempre utilizaron sus sentidos para describir las sensaciones y construir representaciones, que orientaron a concebir una imagen del mundo magnético y establecieron una ruta explicativa en torno a la naturaleza de sus interacciones; éstas entendidas como el comportamiento magnético del medio y las condiciones espaciales entre el cuerpo que actúa, el que se deja actuar, o entre dos cuerpos actuando mutuamente, de allí se origina la construcción experimental de la medición de una magnitud física: la permeabilidad magnética de los cuerpos y los medios, estas presentan la necesidad de evidenciar las cualidades magnéticas de las distintas propiedades del medio físico.

*¿Qué condiciones posibilitan la comprensión de la permeabilidad magnética a partir del análisis de sus variables experimentales?*

Los aspectos históricos, teóricos y experimentales que condujeron a la construcción y organización de la fenomenología magnética y en especial la idea de permeabilidad



magnética, reconoce los contextos, concepciones, reflexiones y ambientes, pero sobre todo las interpretaciones de la experiencia sensorial de los sujetos con la naturaleza magnética de los medios físicos. El camino de la permeabilidad magnética se forjó desde la simple y sencilla explicación de qué es una propiedad magnética de un imán, entendiéndose como una constante de proporcionalidad en la construcción del campo electromagnético, visto desde las ecuaciones de Maxwell, donde la permeabilidad surge de relaciones matemáticas, desde esta visión el camino parece ser accesible para realizar la explicación de la naturaleza magnética, pero se dejaría de lado un complejo y maravilloso mundo que se vive día a día; ante esto Faraday, en su búsqueda de explicaciones de los fenómenos magnéticos, plasmó en sus escritos de “Experimental Researches in electricity”, que la naturaleza magnética de los cuerpos es variable y supera la primeras sensaciones que se observan con los imanes de atracciones y repulsiones.

Como se mencionó anteriormente, Faraday argumenta que las formas que toma un segundo cuerpo como la limadura de hierro en la cercanía de una fuente magnética, son líneas físicas de fuerzas magnéticas ya que presentan una “... naturaleza, condición, dirección y cantidad de fuerzas ...” (Faraday, 1852) estas primeras ideas consideraban el vacío como el medio, pero teniendo en cuenta las ideas de Gilbert del mundo como un imán gigante, el aire se asemeja al vacío de Faraday, ya que al ubicar la brújula en este medio de aire, permite identificar el campo magnético terrestre con respecto a línea ecuatorial.

Teniendo en cuenta lo planteado en el párrafo anterior, y basándome en el trabajo de Faraday, se evidenció que durante este proceso experimental se logró conceptualizar por medio de esta fenomenología varios indicadores magnéticos que fueron fundamentales en la caracterización magnética del espacio – medio, éstos fueron identificados en el estudio histórico crítico; en primera instancia esta la brújula, que permitió identificar las direcciones finales de las líneas de fuerza al momento de interactuar con cuerpos magnéticos; segundo la limadura de hierro, que se identifica como imanes diminutos, estos evidencian los cambios de la distribución espacial magnética desde su forma y densidad al variar los medios físicos y los materiales que se interponen entre ellos y las fuerzas magnéticas; por último el permeabilímetro magnético que permitió establecer mediciones de los cambios entre las distancias de los imanes cuando se interponían diferentes cuerpos; un ordenamiento de materiales en los que se presentan mayor permeabilidad, en cuales se presenta poca y en cuales no se presenta, es decir, la distribución de fuerza que presenta en el espacio y la relación directa con el medio físico que permea.

Una de las conclusiones es que por medio del experimento del permeabilímetro se pudo realizar en el aula diferentes diálogos, discusiones, reflexiones, debates y lo más importante la producción de conocimiento científico; este ambiente del aula entendido como la relación que hay entre los hechos o manifestaciones magnéticas y el ámbito en que se hace presente esta realidad, en donde los sujetos (Estudiantes) inicialmente desconocían y no eran conscientes de la interacción del mundo magnético con su cotidianidad, para llegar a esta conciencia se realizaron diversas actividades, divididas en varios momentos que orientaron a los estudiantes en la comprensión de estos comportamientos magnéticos

de los materiales y que no solo existen acciones mecánicas, sino que además la materia tiene propiedades magnéticas (Gilbert, Faraday, Maxwell).

Las propiedades magnéticas se manifiestan en atracciones y repulsiones entre los cuerpos por medio de la interacción, pero muchas veces desconociendo sus causas, además no solo el mundo magnético se puede explicar desde los anteriores efectos, sino que se reconoce la relación de la permeabilidad magnética con los medios físicos y esto permitió una ampliación del campo fenoménico, el permeabilímetro dio una significancia numérica entre las distancias de los imanes con las cualidades magnéticas de las fuerzas físicas magnéticas, que permite que sea un instrumento de medida para el reconocimiento de la teoría que la sustenta, al establecer criterios para la conexión entre la actividad experimental, la percepción y construcción de los fenómenos y las explicaciones que los estudiantes elaboran en la clase de ciencias. Estas alternativas en los procesos de enseñanza – aprendizaje de las ecuaciones electromagnéticas permiten tanto a los estudiantes como para los docentes en formación comprender y asociar la siguiente fórmula con la actividad realizada en este trabajo.

$$B = \mu_0 H$$

En la búsqueda de la comprensión de las ecuaciones electromagnéticas, donde la permeabilidad magnética cumple una función fundamental entre las bases conceptuales de la relación fenomenológica entre el magnetismo y la luz, este tipo de investigación permitió recontextualizar mi propio saber sobre éste concepto al ir construyendo el estudio histórico crítico y la importancia del campo como ente que permea el medio de interacción entre

diferentes cuerpos (permeables, poco permeables, no permeables). Ya que allí se identifica la actividad experimental como el método que me permitió comprender tanto cualitativa, como cuantitativamente esta propiedad magnética.

Mi construcción fenomenológica, basada en los diferentes autores, permitió llevar el fenómeno al aula y realizar una organización experimental para que desde las experiencias sencillas entre imanes, indicadores magnéticos, diferentes materiales, construcción de instrumentos de medida y la resolución de situaciones problemáticas, los grupos de estudiantes pudieron establecer rutas explicativas, que experiencia tras experiencia fueron más elaboradas, utilizando diferentes formas de lenguaje, imágenes y lo más importante relacionaron los efectos magnéticos con representaciones geométricas de las superposiciones de las líneas de fuerza magnética e identificaron que es en el espacio donde ocurren las variaciones del fenómeno y por tal motivo pudieron llevar al permeabilímetro a establecer las medidas o como dice Helmholtz (1887) los atributos magnéticos permitieron las distinciones de mayor, igual o menor que al ser comparados se estableció la permeabilidad magnética como una magnitud física, logrando la formulación de la primera escala y de orden para la permeabilidad magnética; permeabilidad alta, media y baja.

La oportunidad de construir junto con los estudiantes explicaciones, argumentos experimentales, conceptuales, mediciones de la permeabilidad magnética y reflexiones pedagógicas en la construcción de la magnitud, convirtieron al docente en un puente de relaciones entre el estudiante y su experiencia, el lenguaje y su conocimiento. Y así se

concibió el mundo desde sus propias ideas y experiencias. La práctica de elaboración y explicación de montajes y/o artefactos experimentales en la enseñanza de la física se convirtió en una alternativa de aprendizaje para los educandos. Debido a que en esta práctica el estudiante desarrolló diferentes rutas de explicación del fenómeno físico y sus posibles relaciones con otros pensamientos, posibilitando la comprensión del concepto o la teoría física la cual quiere explicar, además en su análisis identificaron las interacciones de la historia de las ciencias y teorías físicas con el desarrollo intelectual y tecnológico de la humanidad. Sin embargo, se identificó en los educandos de secundaria dificultades para establecer explicaciones del fenómeno por medio del montaje experimental o por descontextualización de lo indagado; por tal motivo la orientación del profesor fue vital antes, durante y después de la práctica. El antes entendido como la orientación de las ideas previas, el durante el acompañamiento y orientaciones intencionadas en la ejecución de las prácticas experimentales y por último el después con la socialización y retroalimentación de las experiencias vividas, conclusiones y dificultades. Esto generó que los estudiantes usaran la medición, la distribución superficial y las representaciones geométricas como una forma de ampliación y complejizarían de sus explicaciones, es decir la construcción del concepto de permeabilidad magnética permite que el fenómeno sea dinámico.

Estas reflexiones en la educación básica y media, que en ocasiones es puesta en un segundo plano, imposibilitan la ampliación de experiencias de los sujetos para la formalización de las relaciones y la fundamentación de los supuestos conceptuales, también generan dificultades de comprensión en los estudiantes y llevan las prácticas experimentales solo a la comprobación de dichos supuestos. Para realizar la comprensión

de los fenómenos se debe ampliar el significado del vínculo entre comprensión y percepción, el cual se constituye en un criterio cognitivo y pedagógico, pues lo sensible este cruzado por construcciones y organizaciones teóricas precedentes, o formas lógicas de organizar, y remitir a las comprensiones que se tienen sobre el fenómeno cuando la percepción es intencionada. La percepción se modifica debido a que se operan diferentes asociaciones, de ahí que el fenómeno no sea estático (Mach, 1925).

La experiencia sensorial procura una primera aproximación al mundo fenoménico, esta hace aparecer ante nosotros “objetos que son posibles de describir en términos de formas, colores, tamaños, texturas, o disposición de sus partes” (citado por Sandoval, 2008, pp 8), lo cual nos dio la posibilidad de la pregunta, la proyección de la hipótesis y la construcción del problema. Esto permitió la elaboración de explicaciones y las dinámicas que acontecen y que hacen que se construya la posibilidad de nuevas comprensiones (Valencia, Méndez y Jiménez, 2006, citado por Sandoval, 2008). Algunos autores afirman que el conocimiento no se percibe pasivamente, ni a través de los sentidos, ni por medio de la comunicación, sino que es construido activamente por el sujeto cognoscente.

En conclusión, acudir a la percepción no es quedarse en el primer aspecto que algo ofrece, es un proceder interpretativo. Por tal motivo se plantearon diversas fases donde el estudiante jugó, evidenció, interpretó, argumentó y sobre todo construyó su propia ruta explicativa del fenómeno, posibilitando “el conocer” de los fenómenos magnéticos y su idea de campo. Cada fase se orientó para que el estudiante pudiera ir construyendo a partir

de las interacciones de su propia ruta y organización sus explicaciones, llevando a establecer nuevas relaciones y nuevas formas de interactuar entre los instrumentos y los cuerpos.

**De lo presentado anteriormente, se puede hacer una síntesis de lo que permite la actividad experimental en la clase de ciencias, de la siguiente manera:**

**En cuanto a lo conceptual:**

- Recrear las condiciones en las cuales se dan las actividades de las comunidades científicas.
- Comprender la diferencia entre la experiencia del campo de la actividad científica y la educación en ciencias.
- Proponer una relación entre la construcción y comprensión de las problemáticas y los fenómenos que se trabajan en el aula de clase.
- Se evidenció en los estudiantes la producción, el análisis y la organización de efectos sensibles, a pesar de las limitaciones instrumentales del aula (laboratorio).
- La determinación de variables y conformación de relaciones entre estas como expresiones de las organizaciones logradas de los efectos percibidos.
- Identificar los aspectos históricos y teóricos que permitieron a la comunidad científica comprender la naturaleza magnética de la materia.
- Idear maneras de relacionar la evaluación a los procesos que desarrollan los estudiantes.

**En cuanto a lo experimental:**

- Llevar la percepción a la medición.
- Ampliar la experiencia que se tenía de los materiales y sus propiedades magnéticas.
- Permitir la comparación y clasificación de los materiales como los medios físicos.
- Planear, diseñar y construir un instrumento de medida, permeabilímetro magnético.
- Construir una escala de medición que permite un ordenamiento de la magnitud física.

Con la construcción de la unidad didáctica de análisis se pone en juego los elementos de la actividad experimental en la enseñanza del magnetismo, que hacen parte de la construcción de fenomenologías científicas; específicamente al llevar el fenómeno magnético de la permeabilidad magnética al aula, permitió que los grupos establecieran mediante el trabajo colaborativo, diferencias y semejanzas de planteamientos, representaciones y explicaciones de los efectos observados a la organización de cualidades, construcción de magnitudes y la elaboración de formas de medidas que este tipo de trabajo posibilita, la ampliación de las perspectivas fenomenológicas en la enseñanza de las ciencias y el análisis de la actividad experimental en la reconstrucción de saberes. La diversidad de trabajos de la relación experimental y teórica por su carácter complejo no puede reducirse a la validación de una teoría. Si no además por su carácter fenomenológico debe establecer nuevas concepciones de la actividad experimental en el mundo que cada estudiante ha construido a lo largo de su vida.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARCA, M. GUIDONI, P y MAZZOLI, P. (1990) *Enseñar ciencia*, primera edición, Paidós, España.
- AYALA, M. M. (2006). *Los análisis históricos críticos y la recontextualización de saberes científicos*. Construyendo un nuevo espacio de posibilidades. Pro-PosiÁies, pp. 19 - 37.
- AYALA M., MALAGÓN, F., SANDOVAL, S., (2011) *Magnitudes, Medición y Fenomenologías*, Revista de Enseñanza de la Física. Vol. 24, N° 1, pp. 43-54, Argentina.
- AYALA, M. M., (2011) *Recuperando planteamientos de Faraday y Maxwell para orientar un curso de electromagnetismo*. Grupo física y cultura. Departamento de Física. UPN
- BELÉNDEZ, A. (2015). *Faraday y la teoría electromagnética de la luz*. OpenMind BBVA. Recuperado de <https://www.bbvaopenmind.com/ciencia/grandes-personajes/faraday-y-la-teoria-electromagnetica-de-la-luz/>. Catedrático de Física Aplicada de la Universidad de Alicante y miembro de la Real Sociedad Española de Física.
- BOTERO, J. J., (2009). *Fenomenología y ciencia cognitiva*. Universidad Nacional de Colombia. Circulo Latinoamericano de Fenomenología. Lima Perú, pp 19-29.
- BRAVO, V. M., (2011). *Gilbert y las líneas de fuerza de Faraday: Una recontextualización histórica para la enseñanza del magnetismo*. 5to Congreso nacional de enseñanza de la Física. Universidad Pedagógica Nacional & Universidad Distrital Francisco José de Caldas, pp 133-138.
- BRAVO, V. M., (2012) *Introducción al Magnetismo. Una propuesta con enfoque fenomenológico*. Trabajo de grado Licenciatura en Física, Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá.
- CASTILLO, J. C. (2008). *La historia de las ciencias y la formación de maestros: la recontextualización de saberes como herramienta para la enseñanza de las ciencias*. Bogotá D.C. Universidad Pedagógica Nacional. Nodos y Nudos; Vol. 3 Núm. 25 (2008), jul-dic. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.12209/5110>
- CHACÓN, G. V., (2013). *Las Analogías En La Formulación de la Teoría Electromagnética de la Luz de Maxwell*. En-Claves del pensamiento, Vol. VII, pp 11-33.
- CLERK, J., (1954). *Prefacio a la primera edición. Maxwell, "A treatise on electricity and magnetic"* vol. I. Dover publications inc. New york.

- CONGO, M, R., BASTIDAS A, G., & SANSEBASTIAN S, I. (2018). Algunas consideraciones sobre la relación pensamiento-lenguaje. *Conrado*, 14(61), 155-160.
- FARADAY, M. (1855). *Sobre algunos puntos de filosofía magnética* (María Gramajo y Carlos Orozco trad.). Inglaterra: Philosophical Magazine.
- FARADAY, M. (1852). *Sobre las líneas de fuerza magnética* (María Gramajo y Carlos Orozco trad.). Londres : Royal Institution Poceedings.
- FARADAY, M., (1855). *Experimental Researches*. Michael Faraday. The Chemistry Royal Institution. Londres. Vol. III. Series XIX.
- FARADAY, M., (1855) *Quinta conferencia. Magnetismo, electricidad*. Royal Institution Poceedings. Pág. 97-115. Londres.
- FARADAY, M., (1852) *Experimental Researches in Electricity*. Recuperado Published by: Royal Society Stable URL: <https://www.jstor.org/stable/108540>. Twenty-Ninth Series Source: Philosophical Transactions of the Royal Society of London, 1852, Vol. 142, pp. 137-159
- FERREIRÓS, J. y ORDÓÑEZ, J. (2002). *Hacia una filosofía de la experimentación*, Revista Hispanoamericana de Filosofía. Nª102, (34), pp 47-86. México.
- FONDO DE CULTURA ECONÓMICA S. A. DE CV. Primera edición, (1992). *La Ciencia para Todos es proyecto y propiedad del Fondo de Cultura Económica, al que pertenecen también sus derechos*. Se publica con los auspicios de la Subsecretaría de Educación superior e Investigación Científica de la SEP y del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Recuperado Relatos históricos tomados de: [http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/112/htm/sec\\_7.htm](http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/112/htm/sec_7.htm), los cuales por medio de los análisis fenomenológicos se genera nuevas intencionalidades de estudio. Impreso en México.
- GILBERT, W., (1600). *DE MAGNETE*. Por de Colchester. Publicada por la prensa de Dover publications, Inc., New York, 1983.
- GRAMAJO, M. C. *El Concepto De Carga Eléctrica En Una Concepción Clásica Campos*. Las Propuestas De Michael Faraday, James Clerck Maxwell Y Heinrich Hertz, 1993. Tesis Maestría En Docencia de La Física - Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá., 1993.
- GRECA, I. M & MOREIRA, M. A. (1998). *Modelos mentales & Aprendizaje de Física en electricidad y magnetismo*. Instituto de fisica, ufrgs. Caixa postal, 15051. Campus do vale. Porto Alegre, Rs. Brasil., Vol. II, pp. 289-303.
- HESSSEN, J., (1925). *Teoría del conocimiento*. Editorial Unión Ltda. 2004. Impreso en Colombia.
- KOPONEN, I. T., & MÄNTYLÄ, T. (2006). *Generative role of experiments in physics and*

- in teaching physics: A suggestion for epistemological reconstruction*. Science & Education, 15, 31–54. Martins, R. A. (1986).
- LANDROVE, R. M., (1997). *Primeras observaciones de los fenómenos eléctricos y magnéticos*. Word Wide Web.
- MACH, E., (1984). *Los positivistas del siglo XIX: Comte, Mach, Peirce y Poincaré*. Recuperado:  
[http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/161/html/sec\\_34.html](http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/161/html/sec_34.html)
- MALAGÓN S. J. F., AYALA M., M. M., y SANDOVAL O., S. (2011). *El experimento en el aula. Comprensión de fenomenologías y Construcción de magnitudes*. Bogotá D.C.: Universidad Pedagógica Nacional.
- MALAGÓN, S., J. F., AYALA M., M. M., & SANDOVAL O., S. (2013). *Construcción de fenomenologías y procesos de formalización. Un sentido para la enseñanza de las ciencias*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional. Recuperado de:  
<http://hdl.handle.net/20.500.12209/3459>.
- MALAGÓN, J. F. AYALA. M. M. y SANDOVAL S. (2011). *Una propuesta para la actividad experimental en la enseñanza de las ciencias*. En: *el experimento en el aula. Comprensión de fenomenologías y construcción de magnitudes*. Bogotá D. C. Fondo Editorial Universidad Pedagógica Nacional.
- MALAGÓN, S., J. F., AYALA M., M. M., SANDOVAL O., S., TARAZONA V., L. (2006). *El experimento en enseñanza de las ciencias como una forma de organizar y ampliar la experiencia*. Bogotá. Grupo Física y Cultura, Departamento de Física, Universidad Pedagógica Nacional.
- MALAGÓN, F. et al. (2011) *Fenomenologías, Magnitudes y Medición*. Experimentación en el Aula, Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá.
- MEDINA, J. y ROMERO, A., (2012). *El papel del instrumento en construcción del fenómeno eléctrico*. Grupo de estudios culturales sobre la ciencia y su enseñanza. ECCE – U de A. Medellín.
- MINECAN, A. M. C. (2017.) *Análisis y traducción bilingüe de la carta de Pedro el Peregrino de Maricourt al caballero Siger de Foucaucourt: sobre el imán (De Magnete)*. Disputatio Philosophical Research Bulletin, Vol. 6-7, pp. 227-307. Recuperado  
[https://www.academia.edu/36376449/An%C3%A1lisis\\_y\\_traducci%C3%B3n\\_biling%C3%BCe\\_de\\_la\\_carta\\_de\\_Pedro\\_el\\_Peregrino\\_de\\_Maricourt\\_al\\_caballero\\_Siger\\_de\\_Foucaucourt\\_Sobre\\_el\\_im%C3%A1n\\_De\\_magnete](https://www.academia.edu/36376449/An%C3%A1lisis_y_traducci%C3%B3n_biling%C3%BCe_de_la_carta_de_Pedro_el_Peregrino_de_Maricourt_al_caballero_Siger_de_Foucaucourt_Sobre_el_im%C3%A1n_De_magnete) . Vol. 6, No. 7, pp. 277–307
- MORENO, G., E. (2015). *Las líneas de fuerza de Faraday: una representación mental muy*

- útil en la enseñanza.* VACC-CSIC. El CSIC y la Fundación BBVA en la Escuela J. M. López Sancho. IFF-CSIC. El CSIC y la Fundación BBVA en la Escuela.
- PIERRE de M. (1269). *LE DE MAGNETE*. Traduction et commentaire. Francia.
- RODRÍGUEZ, M. L. (2014). *Construcción de fenomenología, experimento y actividad del sujeto: el caso del magnetismo*. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.12209/299>.
- ROMERO, A. y RODRÍGUEZ, L. D. (2006) "*El concepto Magnitud como fundamento del proceso de medición. La cuantificación de los estados de movimiento y sus cambios*". En: Revista Educación y Pedagogía, Medellín, Universidad de Antioquia, Vol. XVII, núm. 43, pp.127-140.
- RIOS, N, (2003). *Enseñanza de la física para el nivel básico desde un enfoque fenomenológico*, Universidad Pedagógica Nacional, Maestría En Docencia de La Física.
- SADIKU, M. (2003). *Elementos de electromagnetismo*. tercera Edición. Volumen 1214 de Oxford, pp. 261-331. Recuperado: <https://www.elsolucionario.org/elementos-de-electromagnetismo/>
- SANDOVAL, M., y MORA, C., (2009) *Modelos erróneos sobre la comprensión del campo eléctrico en estudiantes universitarios*.
- SOTO, C.A., & VARGAS, I.E. (2017). *La Fenomenología de Husserl y Heidegger. Cultura de los Cuidados* (Edición digital), 21(48). Recuperado de <http://dx.doi.org/10.14198/cuid.2017.48.05>
- STERN, y DAVID P. (2001). Traducción al español por J. Méndez y Marina Berti. Ecu Red, *Enciclopedia colaborativa en la red cubana*. Recuperado <http://genesis.uag.mx/edmedia/material/fisicaii/magnetismo.cfm>. Traducción al español por J. Méndez y Marina Berti.

ANEXO

# **UNIDAD DIDÁCTICA DE ANÁLISIS**

La  
permeabilidad  
magnética, desde  
la explicación de  
los efectos  
observados en la  
práctica  
experimental.

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL – COLEGIO REPÚBLICA DE  
COLOMBIA IED

ÁREA DE CIENCIAS NATURALES – FÍSICA

MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LAS CIENCIAS NATURALES

Carlos Andrés Niño Montenegro – Grado Noveno

2021

## FENÓMENOS MAGNÉTICOS Y SUS CUALIDADES

En el estudio del magnetismo nos proponemos desarrollar en grupo, actividades experimentales que nos ayuden a interpretar los efectos que los campos magnéticos producen sobre la materia.

¿Has escuchado el término permeabilidad magnética? En general podemos señalar que es una magnitud física resultado de los diferentes trabajos que sobre el magnetismo desarrollan Mileto, Maricourt, Gilbert, y Faraday que construyeron y orientaron a una organización experimental en torno a los fenómenos magnéticos.

¿Cuáles aspectos experimentales permite la construcción del concepto de permeabilidad magnética? Vamos a observar los efectos que se pueden observar en diferentes disposiciones de imanes, brújulas, cuerpos de diferentes materiales, luego vamos a hacer diferentes representaciones de los efectos observados y a través de las cuales podremos clasificar los diferentes efectos y para terminar vamos a construir un instrumento de medida para lograr hacer una ordenación de los diferentes materiales desde su propiedad llamada permeabilidad magnética, y que para explicarla ustedes deberán discernir los diferentes factores y condiciones que influyen en el fenómeno magnético observado.

### METODOLOGÍA DE LA ACTIVIDAD EXPERIMENTAL

NOMBRES INTEGRANTES DEL GRUPO: \_\_\_\_\_ CURSO: \_\_\_\_\_

ROL DE CADA INTEGRANTE: \_\_\_\_\_ FECHA DE ENTREGA: \_\_\_\_\_

1. Se formarán dos grupos de trabajo de máx. 3 estudiantes y se organizarán de la siguiente forma:

- 1 secretario (a): Tomará apuntes de cada actividad en el diario de campo.

- 1 instrumentalistas: Manipularán los diferentes elementos, harán las organizaciones experimentales indicadas y describirán los efectos observados.
- 1 expositor: El cual expondrá los resultados de cada experiencia y los análisis o reflexiones de los resultados individual y del grupo.

2. Los criterios de evaluación de la actividad experimental son:

Cada grupo de trabajo llevará un diario de campo (carpeta oficio) en conjunto con la unidad de análisis, resultados obtenidos y reflexiones alcanzadas en grupo.

Cada estudiante del grupo llevará sus propias reflexiones, discusiones, descripciones realizadas y resultados obtenidos en su cuaderno o carpeta (diario de campo).

Se realizará un debate en cada grupo y uno general, escribiendo las reflexiones en los diarios de campo grupal e individual.

El diligenciamiento de la unidad de análisis; todas las respuestas se deben presentar dibujos explicativos, gráficas y argumentos. Su presentación debe ser completa, organizada y pulcra.

3. Cada actividad preliminar de la unidad debe realizarse por cada estudiante o en grupo antes de cada momento, para el trabajo virtual o presencial.
4. Reflexionar y resolver todas de las preguntas identificadas en cada actividad experimental de la unidad de análisis. Cada grupo mediante un escrito lo expondrá para ponerlo en discusión con el grupo general.
5. Las presentaciones deben realizarse de una forma clara y concisa, usando alguna de las plataformas como Power Point.
6. Todas las actividades deben presentar: Descripciones y argumentos escritos, imágenes y dibujos explicativos y todos los diferentes análisis de los resultados experimentales.

## TALLER EXPERIMENTAL 1

### PROPIEDADES DE LOS CUERPOS MAGNÉTICOS

¿Qué conocemos de nuestro mundo magnético?

1. EN EL GRUPO DE TRABAJO REFLEXIONA Y CONTESTA:

- A. ¿Cuáles creen que fueron las primeras evidencias históricas que se tuvieron de los efectos magnéticos de la materia?

- B. ¿Qué características consideras que se presentan en los cuerpos que tienen magnetismo en presencia de un imán?
- C. ¿Qué montaje experimental realizarían que permita evidenciar los comportamientos magnéticos de los cuerpos? Dibuja este montaje experimental planeado.
- D. ¿Solamente en interacción con los imanes se presenta la atracción magnética? Sustenta la respuesta tanto si es afirmativo como negativa.

## 2. CLASIFICACIÓN DE CUERPOS Y SUSTANCIAS MAGNÉTICAMENTE

En la cotidianidad se manipulan muchos cuerpos, en los que se desconocen sus propiedades magnéticas, por tal motivo mediante el análisis de los efectos que vamos a estudiar se describirán los comportamientos de un indicador y desde sus cualidades se clasificar los cuerpos desde sus efectos magnéticos.

- A. De los cuerpos sólidos, líquidos y gaseosos de la casa o cotidianidad, ¿Cuáles consideran que tienen propiedades magnéticas y cuáles no? Y ¿Por qué?
- B. Ubicar los siguientes materiales en la cercanía o lejanía de un imán y describe de forma clara y sencilla qué sucede con cada uno de los siguientes cuerpos.

- ✓ Aire.
- ✓ Agua
- ✓ Aceite
- ✓ Madera
- ✓ Cartulina
- ✓ Icopor
- ✓ Plástico
- ✓ Vidrio
- ✓ Hierro
- ✓ Aluminio
- ✓ Acero
- ✓ Cobre

- C. Después de la anterior experiencia y el análisis de los efectos observados, determinar unos criterios para realizar una clasificación. Explica el porqué de dichos criterios y clasificación.
- D. ¿Qué características presentan los cuerpos que son atraídos por el imán?
- E. ¿Qué sucede cuando unes un imán a un clip, lo acerca a otro clip y luego a otro? Ahora, retira el imán y explica que sucede con los clips.



### 3. FENÓMENOS MAGNÉTICOS

Al identificar el imán como una fuente de poder magnético, realizar las siguientes acciones y contestar:

- A. Al ubicar dos imanes en cercanía uno del otro ¿qué sucede? Realiza un dibujo de lo observado y de la sensación experimentada.
- B. Ahora, mantener un imán fijo y el otro se ubica en diferentes posiciones. ¿qué sucede? Realiza un dibujo de lo observado y de la sensación experimentada.
- C. ¿Qué nombre le darían a cada una de esas sensaciones? Diferenciar por medio de un color en cada uno de los imanes esas sensaciones al mantener uno de los ellos fijo.
- D. Coloca dos imanes uno encima del otro y acércalo a otro imán ¿qué sucede, con la sensación? ¿es igual a las anteriores? Y ¿por qué crees que sucede?
- E. ¿Qué sucede físicamente entre los imanes en cada una de las experiencias? Dibuja y argumenta tu respuesta desde las observaciones anteriores.

### 4. INDICADOR MAGNÉTICO

- A. ¿Con qué instrumentos se orientan los navegantes de barcos, pilotos de aviones o si se está en medio de algún lugar como el bosque? Realizar un dibujo de dicho instrumento.
- B. Teniendo en cuenta la respuesta anterior, describe cómo funciona el instrumento y cómo podrías elaborar uno, ¿por qué usarías cada uno de esos materiales?
- C. ¿Qué relación podrían establecer entre la clasificación de punto 2 y el instrumento identificado como indicador magnético?
- D. Construir el indicador magnético, para esto se usarán los siguientes materiales
  - ✓ Plato de Icopor
  - ✓ Agua
  - ✓ Corcho (lámina o la mitad de un corcho de botella)
  - ✓ Aguja
  - ✓ Imán

Sigue las siguientes instrucciones

- I. Llena el plato de icopor con agua.
- II. Corta un trozo de corcho con un bisturí. (tener cuidado).
- III. Para imantar la aguja, coge el imán y frótalo unas 20 veces por la aguja en una misma dirección.
- IV. Atraviesa el corcho con la aguja de coser o pégalo con la cinta como se muestra en la imagen.



- V. Coloca lentamente el corcho sobre el agua. Flotará por la parte superior.
- VI. Observa cómo el corcho empieza a girar hasta que la aguja apunta en dirección norte.
- VII. Utiliza el instrumento que el profesor les enseñó después de terminar esta experiencia para comprobar que está apuntando en la dirección adecuada.

## 5. IDENTIFICACIÓN DE POLARIDADES DE LOS IMANES

A. Teniendo en cuenta la actividad anterior, responde:

- ¿Cómo se mueve la aguja y por qué se orienta siempre en una determinada posición?
- ¿Al estabilizarse la aguja qué dirección señala? Realiza el dibujo.
- Con respecto a la Tierra, ¿qué dirección señala el instrumento construido?



- B. Según lo trabajado en la actividad de fenómenos magnéticos, se marcaron los imanes, ubica esos colores con respecto al indicador magnético y mediante el color identificar las polaridades del imán.
- C. Mapeo magnético: Ubica el imán rectangular en una hoja y dibuja una circunferencia más amplia que el imán. Ahora coge la brújula y cada 10 grados dibuja en la circunferencia la polaridad que marca la aguja de la brújula.

Responde:

- ¿Qué describe la forma que se dibujó en la hoja?
- ¿Qué hace cambiar la dirección de la aguja?
- ¿Cómo son afectados las anteriores observaciones al cambiar el medio entre la fuente de imantación y las diferentes direcciones de la aguja?
- ¿Qué diferencia hay entre la brújula que construyeron y la brújula convencional?

## DISCUSIÓN, REFLEXIÓN Y CONCLUSIONES EN MESA REDONDA

## TALLER EXPERIMENTAL 2

**DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LOS EFECTOS MAGNÉTICOS:** Descripción cualitativa de las diferentes agrupaciones de limadura de hierro sobre una superficie, desde los efectos observables.

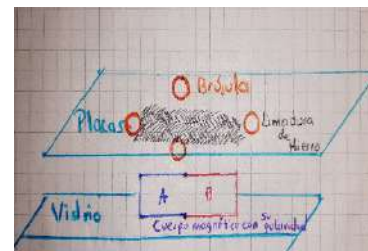
¿Qué efectos se observan en el espacio o en una superficie al cambiar las configuraciones de los cuerpos magnéticos y la intensidad de las fuentes magnéticas?

### 1. FORMA, CANTIDAD Y AGRUPACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN MAGNÉTICA SOBRE UNA SUPERFICIE.

A. Realizar el siguiente montaje experimental, con los siguientes materiales: imanes, limadura de hierro y cartulina.

- Sobre el imán coloca la cartulina y esparce la limadura de hierro encima de ésta.
- Observa y describe el fenómeno y sus efectos en el diario de campo, describe los diferentes efectos que se observan cuando se enfrentan polos iguales o polos diferentes de los imanes, dibuja y explica lo que observas.
- ¿Qué interpretación le puedes dar a las formas, la cantidad y las agrupaciones de la distribución de las líneas observadas que toman las limaduras de hierro alrededor del imán?
- ¿Qué sucede entre las líneas que se forman en la cartulina cada vez que se aleja o acerca a los extremos del imán?
- ¿Cómo son las cantidades en las aglomeraciones de la limadura de hierro en toda la distribución de esta sobre la cartulina?
- ¿Cuándo movemos el imán por toda el área de la cartulina, las limaduras muestran cambios? ¿cómo interpretas estos cambios?
- ¿Qué piensas que sucedería si se cambia la cartulina por otro cuerpo? Realiza el esquema (dibujo) de las acciones directas que considerarías que suceden entre la fuente magnética (imán) y la limadura de hierro al cambiar el medio entre ellos.

B. Teniendo en cuenta lo realizado en el taller experimental 1 punto 5C, mapeo magnético, repítelo, pero esta vez con la limadura de hierro, compara las dos experiencias; semejanzas, diferencias y elabora un cuadro comparativo.



## ACTIVIDAD COMPLEMENTARIA: ¿QUÉ SUCEDE CUANDO AUMENTAMOS LAS FUENTES DE PODER?

Para realizar esta actividad se necesitarán cuatro (4) imanes de barra de diferentes tamaños, cuatro (4) imanes de disco, limadura de hierro y cartulina.

- Se ubicarán los imanes de barra de forma aleatoria, se ubicará la cartulina sobre estos y dibujará en el diario de campo la forma que la limadura de hierro toma, y se realizará una explicación escrita sobre lo observado, la cantidad y las agrupaciones de la distribución de las líneas magnéticas generadas en cada una de las posiciones expuestas. ¿Cómo es el comportamiento de las limaduras con cada nueva configuración de imanes? ¿Qué diferencias y semejanzas hay entre ésta experiencia y en la que usaron un solo imán (fuente de poder magnético)? ¿Qué diferencia hay en cuanto a la potencia del imán en cada una de las posiciones? Sustenta la respuesta
- Se ubicarán los imanes de disco formando un cuadrado entre ellos, un rectángulo y todos juntos, se ubicará la cartulina sobre estos y dibujará en el diario de campo la forma que la limadura de hierro toma, y se realizará una explicación escrita sobre lo observado, la cantidad y la agrupación o intensidad de la distribución de las líneas magnéticas generadas en cada una de las posiciones expuestas. ¿Cómo es el comportamiento de las limaduras con cada nueva configuración de imanes? ¿Qué diferencias y semejanzas hay entre esta experiencia y en la que usaron un solo imán (fuente de poder magnético)? ¿Qué diferencia hay en cuanto a la potencia del imán en cada una de las posiciones? Sustenta la respuesta.

Recuerda que la agrupación o intensidad de la distribución de las líneas magnéticas que se observan con las limaduras de hierro son indicativo de la intensidad de la acción magnética.

## 2. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL CUANDO COLOCAMOS LOS POLOS IGUALES DE LOS IMANES ENFRENTADOS O CUANDO LOS COLOCAMOS ORIENTADOS POR SUS POLOS OPUESTOS.

Identificar y describir magnéticamente el espacio entre dos imanes con similares características, teniendo en cuenta la distribución espacial en la placa de vidrio de la limadura de hierro; cuando los dos imanes mantienen la misma polaridad y cuando solamente a uno de ellos se le cambia la polaridad; debemos señalar la polaridad de cada uno de ellos si no la tiene.

A. Para las siguientes actividades experimentales, se usarán los siguientes materiales:

- ✓ Dos imanes de barra
- ✓ Un imán de disco
- ✓ Un imán en herradura
- ✓ Una placa de vidrio
- ✓ Limadura de hierro

Instrucción para estas tres (3) experiencias de este punto de análisis: Dibuja, describe, argumenta y resuelve las siguientes preguntas en el diario de campo. Utilizando el lenguaje científico hasta ahora construido.

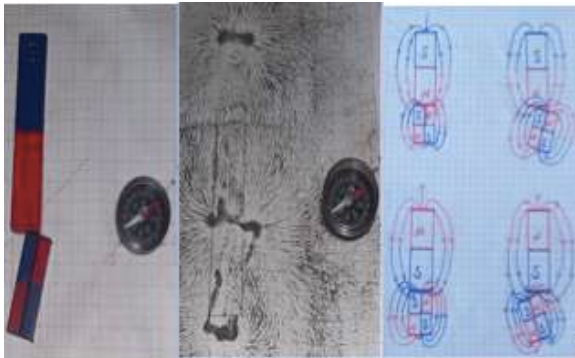
Ubica los dos imanes de barra sobre una misma línea con la misma y distinta polaridad a ciertas distancias, sobre ellos ubica la placa de vidrio y esparce en toda la superficie del vidrio la limadura de hierro.

- ¿Qué forma toman las líneas de la limadura de hierro? y ¿por qué toman esa forma?
- ¿Cómo son las concentraciones en la limadura en cercanía y en lejanía de las polaridades de los dos imanes?
- ¿Son cortas o largas las distancias entre las agrupaciones magnéticas de las polaridades, las primeras líneas de la limadura y sus proximidades?
- ¿Qué fenómenos magnéticos se presenta sobre toda la distribución de la limadura sobre la placa de vidrio? ¿De atracción o de repulsión?
- ¿Cómo afecta el cambio de polaridad del imán a los efectos evidenciados en las limaduras de hierro y en sus proximidades?

Luego, en diferentes posiciones, ahora entre los dos imanes ubica un imán de disco y cambia su polaridad y para terminar un imán de barra en frente del imán de herradura y resuelve las mismas preguntas y elabora un cuadro comparativo con las diferencias y semejanzas que se evidenciaron en cada experiencia.

- Escriba una conclusión o generalización a la cual llega cuando compara las formas o distribuciones que se logran en las distintas situaciones con imanes de diferentes formas.

### 3. CONSTRUCCIÓN DE REPRESENTACIONES GEOMÉTRICAS DE LAS INTERACCIONES MAGNÉTICAS.



Vamos a usar la superposición de líneas para representar las acciones magnéticas que se evidencian a través de las distribuciones de las limaduras, al estar en cercanía de los imanes y con distintas distribuciones. Para ello, se va a diferenciar con colores las polaridades rojo (norte) y azul (sur) y de color negro (el fenómeno resultante de los cambios en la interacción entre los imanes),

si es en atracción las flechas van hacia adentro y si son repulsión las flechas van hacia fuera.

¡A CONSTRUIR!

- A. Ubicar los imanes de barra, observar y describir y dibujar la limadura de hierro sobre la superficie, y representar geoméricamente, como se observa en la imagen de ejemplo, las diferentes representaciones geométricas. que se puede identificar entre los imanes de barra. Las posiciones en: forma de L, T, paralelas y perpendiculares poniendo en contacto las mismas polaridades, diferentes polaridades y combinando los diferentes imanes (circular, herradura y en barra).
  
- B. Es aquí cuando se le da importancia, no sólo a las líneas que se describen, sino a todo el espacio sobre la superficie, por ello debemos preguntarnos por aquellos espacios dónde no hay agrupaciones de limadura, en las representaciones geométricas y en aquellos donde se acumula en mayor agrupación que en las líneas de fuerza magnética.
  - ¿Por qué suceden estos eventos?
  - De los fenómenos de atracción y repulsión, ¿cuál de ellos es más fácil de observar, explicar y representar geoméricamente?
  - ¿Qué consideras que sucede entre el espacio de los imanes? ¿qué fenómeno lo representa mejor? ¿repulsión o atracción? ¿por qué se tendría que escoger éste?

### TALLER EXPERIMENTAL 3

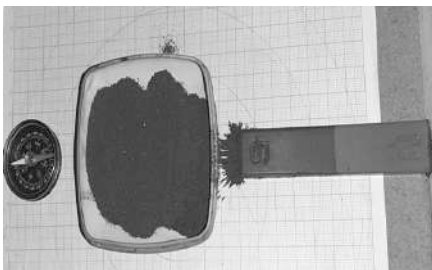
#### MEDIO-ESPACIO COMO AGENTE ACTIVO DE LAS INTERACCIONES MAGNÉTICAS

- ¿Cómo se caracterizan las variaciones de los efectos de las fuerzas magnéticas al cambiar los medios entre las interacciones entre imanes?
- ¿Qué relación existen, experimentalmente, entre las acciones magnéticas y la permeabilidad magnética?
- ¿Cómo se pueden interpretar las repulsiones como un indicador de la permeabilidad magnética?

#### EXPERIENCIA PROBLEMÁTICA

##### ¿CÓMO? ¿CAMBIANDO EL MEDIO DE INTERACCIÓN?

1. Para realizar la siguiente actividad experimental vamos a utilizar los siguientes materiales



- ✓ Imán de barra con su respectiva polaridad
- ✓ Recipiente de metal y vidrio
- ✓ Limadura de hierro
- ✓ Brújula

Debes comenzar a utilizar las representaciones geométricas como una forma de explicación y

argumentación de lo observado (La forma de representación se debe realizar como en taller anterior)

¿Qué observas e interpretas de la imagen?

Procedimiento:

- A. Ubica los diferentes materiales como ilustra la imagen. Ahora, escoge una polaridad del imán y primero ubica el imán pegado al recipiente, realiza el respectivo registro en el diario de campo, luego aléjalo, poco a poco y realiza las respectivas descripciones de la limadura externa e interna del recipiente y de la brújula; por último cambia la polaridad del imán y vuelve a realizar las mismas acciones.
  - ¿Qué preguntas fueron surgiendo durante la realización del ejercicio experimental?
  - ¿Los cambios que se observaron en la limadura y en la brújula en el ejercicio experimental fueron siempre los mismos?
2. Vamos a repetir la experiencia de FORMA, CANTIDAD Y AGRUPACIONES DE LA DISTRIBUCIÓN MAGNÉTICA SOBRE UNA SUPERFICIE. Del taller

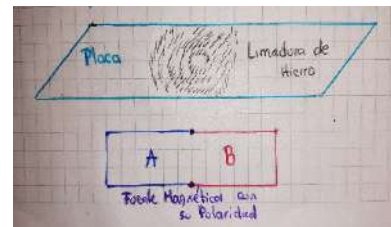
experimental 2, pero esta vez se cambiará la superficie, es decir, el medio de interacción.

Los materiales a usar son:

- ✓ 2 Placas de vidrio, separadas a 1cm entre ellas por plastilina en cada esquina
- ✓ Limadura de hierro
- ✓ Imanes de barra, circulares y en herradura
- ✓ Caja Petri de plástico
- ✓ Placas:
  - a. Madera
  - b. Icopor
  - c. Plástico
  - d. Hierro (en diferentes concentraciones)
  - e. Acero
  - f. Cobre
  - g. Aluminio
  - h. Agua
  - i. Aceite

#### B. Qué sucede alrededor de un imán:

- Sobre el imán coloca un medio y esparce la limadura de hierro encima de ésta.
- Observa y describe el fenómeno y sus efectos en el diario de campo, explica si se generó repulsión o atracción sobre el medio, dibuja y explica lo que observas.
- ¿Qué interpretación le puedes dar a las formas, la cantidad y las agrupaciones de la distribución de las líneas observadas que toman las limaduras de hierro alrededor del imán?
- ¿Qué sucede entre las líneas que se forman en el medio cada vez que se aleja o acerca a los extremos del imán?
- ¿Cómo son las cantidades en las aglomeraciones de la limadura de hierro en toda la distribución de esta sobre el medio?
- ¿Cuándo movemos el imán por toda el área del medio, las limaduras muestran cambios? ¿cómo interpretas estos cambios?



#### C. Qué sucede alrededor de dos imanes con mismas polaridades:

- Sobre el imán coloca un medio y esparce la limadura de hierro encima de ésta.

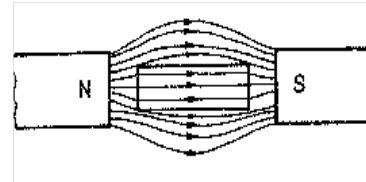




- Observa y describe el fenómeno y sus efectos en el diario de campo, explica si se generó repulsión o atracción sobre el medio, dibuja y explica lo que observas.
- ¿Qué interpretación le puedes dar a las formas, la cantidad y la agrupación de la distribución de las líneas observadas que toman las limaduras de hierro alrededor del imán?
- ¿Qué sucede entre las líneas que se forman en el medio cada vez que se aleja o acerca a los extremos del imán?
- ¿Cómo son las cantidades en las aglomeraciones de la limadura de hierro en toda la distribución de esta sobre el medio?
- ¿Cuándo movemos el imán por toda el área del medio, las limaduras muestran cambios? ¿cómo interpretas estos cambios?

Teniendo en cuenta los experimentos ¿Cómo realizarías una posible clasificación de estos medios? ¿Cuáles serían los criterios de esta clasificación? ¿Qué instrumento realizarías para generar esta clasificación?

- D. Faraday hace la siguiente representación de la distribución de las líneas que observa, cuando el medio es el aire. Compare esta representación con las que cada uno de ustedes ha hecho, con los diferentes medios utilizados.

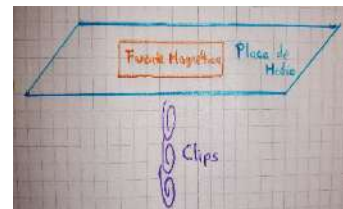


Con base en esta comparación, escriba a qué conclusión llega con respecto a lo que llamaremos permeabilidad magnética.

#### ACTIVIDAD COMPLEMENTARIA

Ubica el imán en la parte superior de las diferentes placas y debajo ubica uno a uno los clips hasta que no se sostengan más.

- Realiza un listado desde el material que más sostenga clips al que menos sostenga ¿por qué crees que sucede esto?
- ¿Explica cuáles son las características de los materiales que permiten realizar este ordenamiento?



Realiza el registro escrito y visual en el diario de campo.

## TALLER EXPERIMENTAL 4

### CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN DESDE LOS EFECTOS OBSERVABLES EN EL PERMEABILÍMETRO

¿Cuáles son los criterios experimentales para establecer la ordenación de los cuerpos con respecto a su permeabilidad magnética?

1. Socialización y debate con los estudiantes sobre las actividades experimentales de cada taller, partiendo de los registros realizados en el diario de campo, se elaborará un texto conjunto con las conclusiones, reflexiones y los posibles diseños del permeabilímetro.

Parámetros del debate: Forma, cantidad y agrupaciones de la distribución magnética sobre distintas superficies.

2. Con las anteriores socializaciones elabora un cuadro comparativo entre los efectos observados y su interpretación.

Indicadores magnéticos: Limadura de Hierro, Brújula, Clips y los análisis de los efectos observados de las acciones entre imanes.



3. Explicación y construcción de diferentes instrumentos para ordenar y explicar la variación de los efectos magnéticos cuando se cambia el medio.

#### INSTRUMENTO 1

1. Visualiza el instrumento 1.
2. Analiza y describe su forma, materiales, partes, montaje y sus posibles funciones.
3. Dibuja el instrumento, explica su función y reflexiona qué relación tiene con las actividades realizadas anteriormente

- ¿Qué se puede observar y evidenciar con este primer instrumento?
- ¿Qué mide las acciones y distancias entre los imanes?
- ¿Qué describe la cinta métrica en el instrumento con imanes?
- ¿Qué cuerpo se encuentra entre los imanes? ¿Cree que afecta la distancia entre los imanes si se cambia el medio entre los imanes? ¿Cómo serían los cambios si se cambia el medio de interacción?



## INSTRUMENTO 2

1. Visualiza el instrumento 2.
2. Analiza y describe su forma, materiales, partes, montaje y sus posibles funciones
3. Dibuja el instrumento, explica su función y reflexiona qué relación tiene con las actividades realizadas anteriormente.
  - ¿Qué diferencia presenta este instrumento con el instrumento 1?
  - ¿Cuál es la función de este nuevo instrumento?
  - ¿Qué función cumple los imanes en este instrumento?
  - ¿Para qué es la hoja milimetrada en el instrumento?
  - ¿Qué sucede cuando se interponen placas de diferentes materiales y sustancias entre los imanes?

## INSTRUMENTO 3

1. Visualiza el instrumento 3.
2. Analiza y describe su forma, materiales, partes, montaje y sus posibles funciones
3. Dibuja el instrumento, explica su función y reflexiona qué relación tiene con las actividades realizadas anteriormente entre imanes.
  - ¿Qué diferencia presenta este instrumento con el instrumento 1 y 2?
  - ¿Qué importancia tienen las propiedades magnéticas de las partes del Instrumento 3?
  - ¿Cuál es la función de este nuevo instrumento?
  - ¿Qué función cumple los imanes en este instrumento?
  - ¿Qué función tiene la cinta métrica en el artefacto magnético?
  - ¿Qué sucede cuando se interponen placas de diferentes materiales y sustancias entre los imanes?
4. Realiza un cuadro comparativo entre los 3 instrumentos magnéticos; semejanzas y diferencias. Analiza y responde ¿Cuál de los anteriores instrumentos permite medir con mayor precisión las acciones magnéticas entre los cuerpos y sustancias? y ¿Por qué permite mayor precisión?



En Física, estas variaciones de la actividad magnética con el medio se conocen como permeabilidad magnética y con ello se pueden clasificar de los materiales en permeabilidad

alta, media o baja, desde las mediciones de la repulsión entre dos imanes al cambiar el medio entre ellos. Inténtelo usted mismo con sus materiales.

5. Para esta actividad se debe utilizar el instrumento 3, para observar, analizar y medir la permeabilidad magnética de los cuerpos (Placas) y sustancias (Líquidos) dentro de un campo magnético de los imanes.

Procedimiento:

Introduce las diferentes placas y seguidamente la caja Petri con las diferentes sustancias entre las placas acrílicas, esperar un momento a que se calibre el imán flotante y toma registro de la ubicación que toma el imán respecto a la cinta métrica. Luego, vuelve a calibrar el imán flotante e introduce las demás placas una a una y luego las sustancias. ¿Ocurre el mismo cambio en los imanes al cambiar el medio? ¿Qué interpretación pueden dar a los cambios evidenciados?

- En cada grupo de trabajo del semillero, establecer los diferentes criterios que permiten ordenar de mayor a menor permeabilidad magnética y cuántas veces es más permeable un medio del otro.
- ¿Cuáles aspectos experimentales permite la construcción de la magnitud física de permeabilidad magnética?
- Ordenar de mayor a menor permeabilidad magnética y establecer cuántas veces es más permeable un medio del otro.

A este instrumento de medida lo llamaremos PERMEABILÍMETRO MAGNÉTICO, el cual permite clasificar y realizar una ordenación de los cuerpos y las sustancias desde la magnitud física del medio. Es decir, desde su permeabilidad magnética.

Salud y sabiduría...