



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería de Minas

“INFLUENCIA DEL AMPERAJE Y TIEMPO DE RESIDENCIA
SOBRE EL PORCENTAJE DE REMOCIÓN DE METALES
PESADOS EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS ÁCIDAS DE
MINERA YANACOCCHA S.R.L. POR
ELECTROCOAGULACIÓN, 2018”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autores:

Bach. Enmy Eliany Gonzales Paredes

Bach. Miriam Nataly Malca Yopla

Asesor:

Mg. Ing. Gary Christiam Farfán Chilicaus

Cajamarca - Perú

2019

DEDICATORIA

A Dios,

Por darnos la vida y salud.

A nuestros señores padres,

Marcos Gonzales Castañeda porque fuiste un padre ejemplar, gran amigo y sé que desde dónde te encuentras nos guías para ser personas de bien. A Tereza Paredes Paredes, Alfonso Malca Vásquez, Consuelo Yopla Cueva; por ser aguerridos, luchadores y quienes día a día nos brindan sus consejos sabios, tiempo, comprensión y a su vez por apoyar nuestras decisiones.

A nuestros hermanos,

Melissa Malca Yopla, Alexander Malca Yopla; por ser parte de nuestra motivación para seguir superándonos día a día.

A nuestros padrinos,

Yolanda Castañeda y Julio Meléndez Vargas, por siempre estar pendiente, apoyarme y brindarme consejos.

A nuestros familiares,

A nuestras abuelitas Rosaura Cueva, José Yopla Cueva, Sebastián Malca Vásquez y a Laura Paredes Zamora, porque son el motor principal para seguir adelante con nuestros estudios, por brindarnos consejos sabios, cariño y amor.

De igual manera a todos nuestros familiares tanto Gonzales Paredes como Malca Yopla; por apoyarnos y brindarnos su apoyo incondicional.

A nuestros amigos incondicionales,

Que nos apoyan, comparten nuestros logros y caídas, por formar parte en nuestra formación profesional y que hasta ahora, seguimos siendo amigos: Yesenia, Jeluz, Hernán, Deisy, Osmer, Eduard, Alejandro, Maribel, Elizabeth, Janeth, Nazha, Elsa.

Grandes amigos de Pircos: Ulises Ricaldi, Floria Dávila, Isaac Angless, Vanessa Carhuatanta, Germán Aranda, Marilyn Dávila, Daniel Yachachin y a mi hermano Gregorio Díaz Cabanillas.

Grandes amigos de La Zanja: Alex Flores, Nilo Sánchez, Ronald Sánchez, Samuel Malca, Ebert Solano, Selver Solano, Dilmer Solano, Santos Huatay, Ronald Villoslada, Elvis Escobar y Fidel Saucedo.

AGRADECIMIENTO

A Dios,

Por permitirnos estar un día más con nuestros seres queridos y cumplir con nuestros objetivos y metas propuestas.

A nuestros padres,

Alfonso Malca Vásquez, Consuelo Yopla Cueva, Marcos Gonzales Castañeda, Tereza Paredes Paredes, por apoyarnos e impulsarnos a cumplir nuestros propósitos.

A nuestros hermanos,

Melissa Malca Yopla, Alexander Malca Yopla; gracias por su cariño y amor incondicional sin importar nuestras diferencias de opiniones.

A la Universidad Privada del Norte,

Por aceptarnos en su distinguida Institución, a la vez agradecer a cada uno de los docentes por compartir sus conocimientos y enseñanzas para mejorar día a día y ser profesionales de gran éxito.

A nuestro Asesor,

Mg. Ing. Gary Christhiam Farfán Chilicaus, por impulsar temas de Investigación e Innovación por confiar en nosotras, estar pendientes de nuestros avances, brindarnos su tiempo, apoyo incondicional, y sobre todo brindar sus conocimientos y experiencias obtenidas durante su carrera, para ser mejores y perseverantes día a día.

A Minera Yanacocha S.R.L,

Por permitirnos desarrollar nuestro proyecto de Investigación y fomentar la Investigación, al Ing. Wilder Sánchez, quién fue nuestro sponsor durante el desarrollo de la investigación de igual manera Juan Villanueva quién nos facilitó la documentación necesaria para llevar a cabo la ejecución de la tesis y a todos (as) los que trabajan en el área de Metalurgia y Química por guiarnos durante y después de la investigación.

Tabla de contenidos

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE GRAFICAS.....	10
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	12
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	14
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	20
CAPÍTULO III. RESULTADOS.....	26
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN YCONCLUSIONES.....	215
REFERENCIAS	219
ANEXOS.....	220

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1 Datos de la Celda electrolítica</i>	26
<i>Tabla 2 Datos del Electrodo</i>	26
<i>Tabla 3 Datos de la Fuente de Poder</i>	26
<i>Tabla 4 Condiciones del Fe</i>	27
<i>Tabla 5 Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Fe</i>	28
<i>Tabla 6 Análisis de las Variables de Estudio del Fe</i>	28
<i>Tabla 7 Condiciones del Al</i>	30
<i>Tabla 8 Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Al</i>	31
<i>Tabla 9 Análisis de las Variables de Estudio del Al</i>	31
<i>Tabla 10 Condiciones del As</i>	33
<i>Tabla 11 Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el As</i>	34
<i>Tabla 12 Análisis de las Variables de Estudio del As</i>	34
<i>Tabla 13 Condiciones del Ca</i>	36
<i>Tabla 14 Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Ca</i>	37
<i>Tabla 15 Análisis de las Variables de Estudio del Ca</i>	37
<i>Tabla 16 Condiciones del Cd</i>	39
<i>Tabla 17 Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Cd</i>	40
<i>Tabla 18 Análisis de las Variables de Estudio del Cd</i>	40
<i>Tabla 19 Condiciones del Co</i>	42
<i>Tabla 20 Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Co</i>	43
<i>Tabla 21 Análisis de las Variables de Estudio del Co</i>	43
<i>Tabla 22 Condiciones del Cr</i>	45
<i>Tabla 23 Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Cr</i>	46
<i>Tabla 24 Análisis de las Variables de Estudio del Cr</i>	46
<i>Tabla 25 Condiciones del Cu</i>	48
<i>Tabla 26 Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Cu</i>	49
<i>Tabla 27 Análisis de las Variables de Estudio del Cu</i>	49
<i>Tabla 28 Condiciones del Mg</i>	51
<i>Tabla 29 Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Mg</i>	52
<i>Tabla 30 Análisis de las Variables de Estudio del Mg</i>	52
<i>Tabla 31 Condiciones del Ni</i>	54
<i>Tabla 32 Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Ni</i>	55
<i>Tabla 33 Análisis de las Variables de Estudio del Ni</i>	55
<i>Tabla 34 Condiciones del Pb</i>	57
<i>Tabla 35 Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Pb</i>	58
<i>Tabla 36 Análisis de las Variables de Estudio del Pb</i>	58
<i>Tabla 37 Condiciones del Zn</i>	60
<i>Tabla 38 Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Zn</i>	61
<i>Tabla 39 Análisis de las Variables de Estudio del Zn</i>	61
<i>Tabla 40 Condiciones del Fe</i>	63
<i>Tabla 41 Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Fe</i>	64
<i>Tabla 42 Análisis de las Variables de Estudio del Fe</i>	64
<i>Tabla 43 Condiciones del Al</i>	66

Tabla 44 Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Al.....	67
Tabla 45 Análisis de las Variables de Estudio del Al.....	67
Tabla 46 Condiciones del As.....	69
Tabla 47 Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el As.....	70
Tabla 48 Análisis de las Variables de Estudio del As.....	70
Tabla 49 Condiciones del Ca.....	72
Tabla 50 Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Ca.....	73
Tabla 51 Análisis de las Variables de Estudio del Ca.....	73
Tabla 52 Condiciones del Cd.....	75
Tabla 53 Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Cd.....	76
Tabla 54 Análisis de las Variables de Estudio del Cd.....	76
Tabla 55 Condiciones del Co.....	78
Tabla 56 Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Co.....	79
Tabla 57 Análisis de las Variables de Estudio del Co.....	79
Tabla 58 Condiciones del Cr.....	81
Tabla 59 Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Cr.....	82
Tabla 60 Análisis de las Variables de Estudio del Cr.....	82
Tabla 61 Condiciones del Cu.....	84
Tabla 62 Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Cu.....	85
Tabla 63 Análisis de las Variables de Estudio del Cu.....	85
Tabla 64 Condiciones del Mg.....	87
Tabla 65 Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Mg.....	88
Tabla 66 Análisis de las Variables de Estudio del Mg.....	88
Tabla 67 Condiciones del Ni.....	90
Tabla 68 Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Ni.....	91
Tabla 69 Análisis de las Variables de Estudio del Ni.....	91
Tabla 70 Condiciones del Pb.....	93
Tabla 71 Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Pb.....	94
Tabla 72 Análisis de las Variables de Estudio del Pb.....	94
Tabla 73 Condiciones del Zn.....	96
Tabla 74 Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Zn.....	97
Tabla 75 Análisis de las Variables de Estudio del Zn.....	97
Tabla 76 Condiciones del Fe.....	99
Tabla 77 Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Fe.....	100
Tabla 78 Análisis de las Variables de Estudio del Fe.....	100
Tabla 79 Condiciones del Al.....	102
Tabla 80 Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Al.....	103
Tabla 81 Análisis de las Variables de Estudio del Al.....	103
Tabla 82 Condiciones del As.....	105
Tabla 83 Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el As.....	106
Tabla 84 Análisis de las Variables de Estudio del As.....	106
Tabla 85 Condiciones del Ca.....	108
Tabla 86 Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Ca.....	109
Tabla 87 Análisis de las Variables de Estudio del Ca.....	109
Tabla 88 Condiciones del Cd.....	111

Tabla 89 Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Cd.....	112
Tabla 90 Análisis de las Variables de Estudio del Cd.....	112
Tabla 91 Condiciones del Co.....	114
Tabla 92 Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Co.....	115
Tabla 93 Análisis de las Variables de Estudio del Co.....	115
Tabla 94 Condiciones del Cr.....	117
Tabla 95 Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Cr.....	118
Tabla 96 Análisis de las Variables de Estudio del Cr.....	118
Tabla 97 Condiciones del Cu.....	120
Tabla 98 Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Cu.....	121
Tabla 99 Análisis de las Variables de Estudio del Cu.....	121
Tabla 100 Condiciones del Mg.....	123
Tabla 101 Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Mg.....	124
Tabla 102 Análisis de las Variables de Estudio del Mg.....	124
Tabla 103 Condiciones del Ni.....	126
Tabla 104 Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Ni.....	127
Tabla 105 Análisis de las Variables de Estudio del Ni.....	127
Tabla 106 Condiciones del Pb.....	129
Tabla 107 Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Pb.....	130
Tabla 108 Análisis de las Variables de Estudio del Pb.....	130
Tabla 109 Condiciones del Zn.....	132
Tabla 110 Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Zn.....	133
Tabla 111 Análisis de las Variables de Estudio del Zn.....	133
Tabla 112 Condiciones del Fe.....	135
Tabla 113 Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Fe.....	136
Tabla 114 Análisis de las Variables de Estudio del Fe.....	136
Tabla 115 Condiciones del Al.....	138
Tabla 116 Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Al.....	139
Tabla 117 Análisis de las Variables de Estudio del Al.....	139
Tabla 118 Condiciones del As.....	141
Tabla 119 Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el As.....	142
Tabla 120 Análisis de las Variables de Estudio del As.....	142
Tabla 121 Condiciones del Ca.....	144
Tabla 122 Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Ca.....	145
Tabla 123 Análisis de las Variables de Estudio Ca.....	145
Tabla 124 Condiciones del Cd.....	147
Tabla 125 Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Cd.....	148
Tabla 126 Análisis de las Variables de Estudio del Cd.....	148
Tabla 127 Condiciones del Co.....	150
Tabla 128 Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Co.....	151
Tabla 129 Análisis de las Variables de Estudio del Co.....	151
Tabla 130 Condiciones del Cr.....	153
Tabla 131 Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Cr.....	154
Tabla 132 Análisis de las Variables de Estudio del Cr.....	154
Tabla 133 Condiciones del Cu.....	156

Tabla 134 Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Cu.....	157
Tabla 135 Análisis de las Variables de Estudio del Cu	157
Tabla 136 Condiciones del Mg	159
Tabla 137 Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Mg	160
Tabla 138 Análisis de las Variables de Estudio del Mg.....	160
Tabla 139 Condiciones del Ni.....	162
Tabla 140 Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Ni.....	163
Tabla 141 Análisis de las Variables de Estudio del Ni.....	163
Tabla 142 Condiciones del Pb	165
Tabla 143 Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Pb.....	166
Tabla 144 Análisis de las Variables de Estudio del Pb	166
Tabla 145 Condiciones del Zn	168
Tabla 146 Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Zn	169
Tabla 147 Análisis de las Variables de Estudio del Zn.....	169
Tabla 148 Condiciones del Fe.....	171
Tabla 149 Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Fe	172
Tabla 150 Análisis de las Variables de Estudio del Fe.....	172
Tabla 151 Condiciones del Al.....	174
Tabla 152 Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Al.....	175
Tabla 153 Análisis de las Variables de Estudio del Al.....	175
Tabla 154 Condiciones del As.....	177
Tabla 155 Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el As.....	178
Tabla 156 Análisis de las Variables de Estudio del As.....	178
Tabla 157 Condiciones del Ca	180
Tabla 158 Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Ca.....	181
Tabla 159 Análisis de las Variables de Estudio del Ca	181
Tabla 160 Condiciones del Cd.....	183
Tabla 161 Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Cd.....	184
Tabla 162 Análisis de las Variables de Estudio del Cd.....	184
Tabla 163 Condiciones del Co.....	186
Tabla 164 Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Co.....	187
Tabla 165 Análisis de las Variables de Estudio del Co	187
Tabla 166 Condiciones del Cr	189
Tabla 167 Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Cr	190
Tabla 168 Análisis de las Variables de Estudio del Cr.....	190
Tabla 169 Condiciones del Cu	192
Tabla 170 Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Cu.....	193
Tabla 171 Análisis de las Variables de Estudio del Cu	193
Tabla 172 Condiciones del Mg	195
Tabla 173 Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Mg	196
Tabla 174 Análisis de las Variables de Estudio de Mg.....	196
Tabla 175 Condiciones del Ni.....	198
Tabla 176 Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Ni.....	199
Tabla 177 Análisis de las Variables de Estudio del Ni.....	199
Tabla 178 Condiciones del Pb	201

<i>Tabla 179 Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Pb</i>	202
<i>Tabla 180 Análisis de las Variables de Estudio del Pb</i>	202
<i>Tabla 181 Condiciones del Zn</i>	204
<i>Tabla 182 Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Zn</i>	205
<i>Tabla 183 Análisis de las Variables de Estudio del Zn</i>	205

ÍNDICE DE GRAFICAS

Gráfica 1 Caracterización de las Variables en función al Fe.....	29
Gráfica 2 Caracterización de las Variables en función del Al.....	32
Gráfica 3 Caracterización de las Variables en función al As.....	35
Gráfica 4 Caracterización de las Variables en función al Ca.....	38
Gráfica 5 Caracterización de las Variables en función al Cd.....	41
Gráfica 6 Caracterización de las Variables en función al Co.....	44
Gráfica 7 Caracterización de las Variables en función al Cr.....	47
Gráfica 8 Caracterización de las Variables en función al Cu.....	50
Gráfica 9 Caracterización de las Variables en función al Mg.....	53
Gráfica 10 Caracterización de las Variables en función al Ni.....	56
Gráfica 11 Caracterización de las Variables en función al Pb.....	59
Gráfica 12 Caracterización de las Variables en función al Zn.....	62
Gráfica 13 Caracterización de las Variables en función del Fe.....	65
Gráfica 14 Caracterización de las Variables en función del Al.....	68
Gráfica 15 Caracterización de las Variables en función al As.....	71
Gráfica 16 Caracterización de las Variables en función al Ca.....	74
Gráfica 17 Caracterización de las Variables en función al Cd.....	77
Gráfica 18 Caracterización de las Variables en función al Co.....	80
Gráfica 19 Caracterización de las Variables en función al Cr.....	83
Gráfica 20 Caracterización de las Variables en función al Cu.....	86
Gráfica 21 Caracterización de las Variables en función al Mg.....	89
Gráfica 22 Caracterización de las Variables en función al Ni.....	92
Gráfica 23 Caracterización de las Variables en función al Pb.....	95
Gráfica 24 Caracterización de las Variables en función al Zn.....	98
Gráfica 25 Caracterización de las Variables en función al Fe.....	101
Gráfica 26 Caracterización de las Variables en función del Al.....	104
Gráfica 27 Caracterización de las Variables en función al As.....	107
Gráfica 28 Caracterización de las Variables en función al Ca.....	110
Gráfica 29 Caracterización de las Variables en función al Cd.....	113
Gráfica 30 Caracterización de las Variables en función al Co.....	116
Gráfica 31 Caracterización de las Variables en función al Cr.....	119
Gráfica 32 Caracterización de las Variables en función al Cu.....	122
Gráfica 33 Caracterización de las Variables en función al Mg.....	125
Gráfica 34 Caracterización de las Variables en función al Ni.....	128
Gráfica 35 Caracterización de las Variables en función al Pb.....	131
Gráfica 36 Caracterización de las Variables en función al Zn.....	134
Gráfica 37 Caracterización de las Variables en función al Fe.....	137
Gráfica 38 Caracterización de las Variables en función del Al.....	140
Gráfica 39 Caracterización de las Variables en función al As.....	143
Gráfica 40 Caracterización de las Variables en función al Ca.....	146
Gráfica 41 Caracterización de las Variables en función al Cd.....	149
Gráfica 42 Caracterización de las Variables en función al Co.....	152
Gráfica 43 Caracterización de las Variables en función al Cr.....	155
Gráfica 44 Caracterización de las Variables en función al Cu.....	158
Gráfica 45 Caracterización de las Variables en función al Mg.....	161
Gráfica 46 Caracterización de las Variables en función al Ni.....	164
Gráfica 47 Caracterización de las Variables en función al Pb.....	167
Gráfica 48 Caracterización de las Variables en función al Zn.....	170
Gráfica 49 Caracterización de las Variables en función al Fe.....	173
Gráfica 50 Caracterización de las Variables en función del Al.....	176
Gráfica 51 Caracterización de las Variables en función al As.....	179
Gráfica 52 Caracterización de las Variables en función al Ca.....	182
Gráfica 53 Caracterización de las Variables en función al Cd.....	185
Gráfica 54 Caracterización de las Variables en función al Co.....	188
Gráfica 55 Caracterización de las Variables en función al Cr.....	191
Gráfica 56 Caracterización de las Variables en función al Cu.....	194
Gráfica 57 Caracterización de las Variables en función al Mg.....	197

Gráfica 58 Caracterización de las Variables en función al Ni.....	200
Gráfica 59 Caracterización de las Variables en función al Pb.....	203
Gráfica 60 Caracterización de las Variables en función al Zn.....	206
Gráfica 61 Demostración del Porcentaje de Remoción del Fe en función al tiempo, mediante las cinco pruebas.....	208
Gráfica 62 Demostración del Porcentaje de Remoción del Al en función al tiempo, mediante las cinco pruebas.....	208
Gráfica 63 Demostración del Porcentaje de Remoción del As en función al tiempo, mediante las cinco pruebas.....	209
Gráfica 64 Demostración del Porcentaje de Remoción del Ca en función al tiempo, mediante las cinco pruebas.....	209
Gráfica 65 Demostración del Porcentaje de Remoción del Cd en función al tiempo, mediante las cinco pruebas.....	210
Gráfica 66 Demostración del Porcentaje de Remoción del Co en función al tiempo, mediante las cinco pruebas.....	210
Gráfica 67 Demostración del Porcentaje de Remoción del Cr en función al tiempo, mediante las cinco pruebas.....	211
Gráfica 68 Demostración del Porcentaje de Remoción del Cu en función al tiempo, mediante las cinco pruebas.....	211
Gráfica 69 Demostración del Porcentaje de Remoción del Mg en función al tiempo, mediante las cinco pruebas.....	212
Gráfica 70 Demostración del Porcentaje de Remoción del Ni en función al tiempo, mediante las cinco pruebas.....	212
Gráfica 71 Demostración del Porcentaje de Remoción del Pb en función al tiempo, mediante las cinco pruebas.....	213
Gráfica 72 Demostración del Porcentaje de Remoción del Zn en función al tiempo, mediante las cinco pruebas.....	213

ÍNDICE DE ECUACIONES

<i>1 Ecuación para el Cálculo de electrodo.....</i>	<i>27</i>
<i>2 Consumo de Energía por Electrocoagulación.....</i>	<i>214</i>

RESUMEN

El objetivo de estudio de esta investigación es determinar la influencia de la densidad de corriente sobre la remoción de metales pesados en el tratamiento de Aguas Ácidas de Minera Yanacocha S.R.L. por electrocoagulación.

La electrocoagulación es un proceso electroquímico que tiene por finalidad desestabilizar las cargas contaminantes por medio de electrodos, lo que genera un intercambio iónico. A medida que transcurre el tiempo las partículas suspendidas generan una zona de sedimentación y flotación, debido a las densidades de los metales, dando como resultado la remoción de los metales presentes y un agua de mejor calidad.

Así mismo se han recolectado 80 litros de muestras de agua de los Pad's 6 y 7 de Yanacocha Norte, con un pH entre 2.00 y 2.12, se trabajó con un reactor de 10 Amperios, 2 electrodos, como cátodo y ánodo en un tiempo promedio de 3h con 36 min.

Se obtuvieron mejores resultados en la cuarta prueba, es la que recomendamos, ya que obtuvimos resultados entre 70- 100% de Remoción de metales presentes y un agua de Tipo III, debido a las variaciones del amperaje, cantidad de electrodos y tiempo de residencia; se observaron cambios fisicoquímicos, obteniéndose un pH entre 5.15 y 6.00

Palabras clave: Electrocoagulación, electrodo, remoción de metales, agua ácida.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

“Los diversos métodos de extracción y recuperación de minerales son los que generan drenajes ácidos de minas. Las aguas ácidas se originan al entrar en contacto un sulfuro (pirita), agua y oxígeno, presentando altos contenidos en sulfatos y metales disueltos. (...). (Dueñas, 2010). La presente tesis se ha realizado en las instalaciones de Minera Yanacocha S.R.L., el cual está ubicado en el departamento y provincia de Cajamarca. Se encuentra entre los 3 500 y 4 100 m.s.n.m. La empresa siempre busca una mejora continua en sus tratamientos y calidades de agua, tales como la aplicación de tecnologías limpias basadas en la electroquímica y que se presentan como alternativas que ofrecen ventajas frente a las tecnologías tradicionales. Los procesos electroquímicos están basados en la utilización de técnicas electroquímicas, haciendo pasar una corriente eléctrica a través del agua (que necesariamente ha de contener un electrolito) y provocando reacciones de oxidación-reducción tanto en el cátodo como en el ánodo. Por tanto se utiliza energía eléctrica como vector de descontaminación ambiental. La electrocoagulación es una tecnología emergente que se conoce desde principios del Siglo XX y ha sido aplicada en el tratamiento de diversas aguas residuales. Se puede mencionar en este grupo la electrocoagulación, la electroflotación y la electrodecantación. Según Ana Patricia Restrepo (2012), informó “(...), la electrocoagulación es un proceso en el cual son desestabilizadas las partículas de contaminantes que se encuentran suspendidas, emulsionadas o disueltas en un medio acuoso, induciendo corriente eléctrica en el agua a través de placas metálicas paralelas de diversos materiales”. “(...) con lo que se logran tres efectos altamente beneficiosos para la depuración de los mismos, una alta oxigenación (para tratar los orgánicos), una alta coagulación (para metales livianos) y una alta floculación (para metales pesados),

logrando en un solo proceso tratar una gran gama de contaminantes, aumentando el rango de aplicabilidad de la técnica (Persino, 2012; Virkutyte y col., 2012; Saichek y Reddy, 2013). El proceso de electrocoagulación es afectado por diferentes factores. Entre los más importantes se encuentran la naturaleza y concentración de los contaminantes, el pH del agua ácida y la conductividad. Estos factores determinan y controlan las reacciones ocurridas en el sistema y la formación del coagulante., el tiempo de reacción que es la duración del proceso, esta variable es proporcional a la cantidad de iones de hierro disueltos en el agua. Cuando mayor es el tiempo de duración del proceso, mayor es la cantidad de hierro disuelta en el sistema. La Densidad de Corriente es aplicada en una unidad de área sumergida de electrodo, en el ánodo se puede producir la oxidación de los compuestos a eliminar, tanto orgánicos como inorgánicos. Esta oxidación se puede producir directamente por una transferencia de electrones en la superficie del ánodo o bien por la generación de un agente oxidante in-situ, mientras que en la reducción en el cátodo su principal aplicación es la reducción de metales tóxicos, reducción de metales catiónicos desde varios miles de ppm's de concentración hasta valores incluso por debajo de la ppm. El electrodo es un material conductor para pasar una corriente eléctrica en una solución por adición de electrones o extrayendo electrones de iones en la solución (Lee, 2014). La generación de iones metálicos tienen lugar en el ánodo y cátodo hay liberación de burbujas de hidrógeno gaseoso las cuales ayudan a la flotación de las partículas floculadas (Arango Ruiz, Álvaro, 2005), a este electrodo se le conoce como electrodo de sacrificio, ya que la placa metálica que lo conforma se disuelve, mientras la placa que forma el cátodo permanece sin disolverse. Los iones producidos cumplen la función de desestabilizar las cargas que poseen las partículas contaminantes presentes en el agua. (Holt, Barton y Mitchell, 2013). Así mismo se debe tener en cuenta que es

necesario reponer los electrodos de sacrificio, los lodos contienen altas concentraciones de hierro y aluminio, dependiendo del material del electrodo de sacrificio utilizado. El óxido formado en el ánodo puede, en muchos casos, formar una capa que impide el paso de la corriente eléctrica, disminuyendo de esta forma la eficiencia del proceso. (Restrepo, Arango; Garcés, 2006). La corriente eléctrica proporciona la fuerza electromotriz que provoca una serie de reacciones químicas, cuyo resultado final es la estabilidad de las moléculas contaminantes. Cuando esto ocurre, los contaminantes forman componentes hidrofóbicos que se precipitan o flotan, facilitando su remoción.(...) Según Mejía, Ruiz y Giraldo- Medina (2012).informó “(...)”, Es importante resaltar que el paso de la corriente eléctrica a través del agua a tratar tiene efecto desinfectante en cuanto que destruye, en porcentajes por encima del 99%, los microorganismos presentes en el agua. El reactor para la electrocoagulación es utilizado en una operación por Batch, está formado por una celda electroquímica con un ánodo y un cátodo dispuestos en forma vertical y conectada a una fuente de energía externa. El material anódico se corroe eléctricamente debido a la oxidación, mientras que el cátodo permanece pasivo. El diseño formado por un par de electrodos no es el más adecuado a la hora del proceso ya que para obtener una disolución del metal se requiere de electrodos de gran área superficial, es por esta razón que se utilizan celdas con electrodos mono polares en paralelo o conectados en serie. El sistema para la electrocoagulación requiere de una fuente de corriente directa, un regulador de densidad de corriente y de un multímetro para leer los valores de corriente. Tipos de Reactores tenemos, tipo Bach: Se ha observado que cuando en el reactor se usan dos placas, una como ánodo y otra como cátodo, no se presenta una buena disolución de iones metálicos. Para mejorar esta disolución se debe aumentar el área superficial de los electrodos, lo cual se logra aumentando el número de placas,

disponiéndolas en serie en forma paralela mono polar o bipolar. Las ventajas que se pueden mencionar en esta tecnología es que permite una alta efectividad en la remoción de un amplio rango de contaminantes aplicando corriente eléctrica la cual favorece el movimiento de las partículas de contaminantes más pequeñas, incrementando la coagulación (Electrocoagulación, 2012). Del mismo modo los costos de operación son menores comparativamente con los de procesos convencionales usando polímeros; requiere de equipos simples y de fácil operación, elimina requerimientos de almacenamiento y uso de productos químicos, genera lodos más compactos y en menor cantidad, lo que involucra menor problemática de disposición de estos lodos, alta efectividad en la remoción de un amplio rango de contaminantes. Purifica el agua y permite su reciclaje. Reduce la contaminación en los cuerpos de agua. El agua tratada contiene menor cantidad de sólidos disueltos que aquellas tratadas con productos químicos, situación que disminuye los costos de tratamiento de estos efluentes en el caso de ser reusados. Puede generar aguas potables, incoloras e inodoras, una desventaja que se puede presentar al aplicar esta tecnología es que el óxido formado en el ánodo puede, en muchos casos, formar una capa que impide el paso de la corriente eléctrica, disminuyendo de esta forma la eficiencia del proceso (Electrocoagulación, 2012).

1.2. Formulación del problema

¿Cómo influye el amperaje y tiempo de residencia sobre el porcentaje de remoción de metales pesados en el tratamiento de aguas ácidas de Minera Yanacocha S.R.L. por electrocoagulación, 2018?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar la influencia del amperaje y tiempo de residencia sobre el porcentaje de remoción de metales pesados en el tratamiento de Aguas Ácidas de Minera Yanacocha S.R.L. por electrocoagulación, 2018.

1.3.2. Objetivos específicos

- Definir y/o validar los parámetros de diseño para la celda electrolítica y número de electrodos.
- Identificar los parámetros directos presentes en el agua ácida.
- Determinar la caracterización de las zonas de reacciones y la de sedimentación.
- Determinar la concentración de sólidos.
- Selección del electrodo de sacrificio.
- Parámetros eléctricos como voltaje y amperaje de la fuente.
- Determinar la calidad del agua tratada obtenida.

1.4. Hipótesis

Influye el amperaje y tiempo de residencia sobre el porcentaje de remoción de metales pesados en el tratamiento de aguas ácidas de Minera Yanacocha, por electrocoagulación.

1.4.1. Hipótesis general

El amperaje y tiempo de residencia influyen significativamente sobre el porcentaje de remoción de metales pesados en el tratamiento de aguas ácidas de Minera Yanacocha S.R.L. por electrocoagulación.

1.4.2. Hipótesis específicas

- A medida que aumenta el amperaje aumenta el porcentaje de remoción de metales pesados en aguas ácidas.
- A medida que aumenta el tiempo de residencia aumenta el porcentaje de remoción de metales pesados en aguas ácidas.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)

Población:

Poza de lixiviación del agua ácida del Pad 6 y 7 de Yanacocha Norte.

Muestra:

80 Litros de Agua ácida del Pad 6 y 7, proporcionado por Minera Yanacocha.

2.2. Materiales, instrumentos y métodos

Materiales en Gabinete:

- Computadoras.
- Microsoft Excel, Word, Power Point.
- AutoCAD 2014.
- Visio 2013.
- Libreta de Campo.
- Memoria USB.
- Fichas de Registro.
- Cámara Fotográfica.
- Impresoras.
- Lapiceros.
- Calculadora.
- Juego de reglas.
- Marcadores.
- Cúter.

Materiales en Campo:

- Aguas ácidas del Pad 6 y 7 Yanacocha Norte.
- Celda electrolítica.
- Frascos de polietileno.
- Pizetas o matraz.
- Guantes descartables.
- Galoneras de 20 Litros.
- Tanque de 80 Litros.
- Cámara Fotográfica.
- Libreta de Campo.
- Lapiceros.
- Cúter.
- Epp (casco de seguridad, lentes, guantes anti cortes y descartables, zapatos de seguridad, chalecos, mandil para laboratorio.
- Electrodo de (Hierro y Aluminio comercial).
- Cinta aislante de color rojo, negro y verde.
- Pestañas de electrodos, conductor eléctrico de cobre.
- Pinzas para corriente.
- Detergente.
- Bandejas N° 6, 10, 12.
- Buffers de 2, 4.01 y 7 de pH.
- Buffers para conductividad.
- Jarra.
- Pipetas.
- Vasos precipitados.

- Mortero.
- Probeta de 500 ml.
- Hornos.
- Moladora.
- Bolsa de Aluminio con cierre Zip.
- Matraz cónico para la purificación del agua.
- Rafia.
- Purificador.
- Vasos precipitados de 500, 1000 y 2000 ml.
- Limpiador ultrasónico.
- Ácido Nítrico.
- Campana extractora.
- Solución de Ag/AgCl, KCl para la titulación.
- Solución de Pb.
- Micropipeta.
- Lijas.
- Tapas para tubos de ensayo.
- Pegamento para la celda.
- Filtros.
- Rejillas para tubos de ensayo.
- Cuchara para mover las muestras.
- Agua destilada.
- Papel toalla.
- Pizarra acrílica.
- Plumones.

- Balde.
- Jeringas de 20 ml, 15 ml.
- Probetas.

Instrumentos:

- Fuente de poder de 10 A.
- PH-metro.
- Termómetro Digital.
- Cronómetro.
- Flexómetro.
- Balanza electrónica y analítica.
- Pinza amperimétrica.
- Multiparámetro.
- Turbidímetro.
- Oxímetro.

Método:

El método de investigación de este proyecto es experimental aplicada, puesto que para desarrollar el tema de electrocoagulación en minería se ha hecho uso de un diagrama de flujo y a su vez se realizaron diversas pruebas corroborando el tema ya que ofrece mejoras en el Tratamiento de aguas ácidas.

2.3. Procedimiento

- El proyecto se ha desarrollado en Minera Yanacocha, en las Instalaciones del Laboratorio de Metalurgia y Medio Ambiente, ubicadas en el departamento de Cajamarca.

- El área de Metalurgia nos proporcionó la celda con sus respectivas dimensiones, el cual usamos como base para realizar los cálculos correspondientes, y ejecutar su diseño en AutoCAD. Ver Anexo N° 15
- Para iniciar estas pruebas recibimos inducción específica y capacitaciones diarias por parte del área del Laboratorio de Metalurgia y Química.
- Realizamos el reconocimiento de ambientes, materiales e instrumentos, necesarios para el desarrollo de las pruebas a realizar.
- Para iniciar estas pruebas, en el área de Mecánica cortaron los electrodos 4 de Aluminio y 4 de Hierro. Ver Anexo N° 16.
- Seguido tomamos una muestra de 80 Litros de agua ácida del Pad 6 y 7 de Yanacocha Norte.
- Luego se procedió a extraer 500 ml de la muestra de agua ácida para obtener la caracterización del pH, DQO, ORP, TH y ley de cabeza (indica las concentraciones de sólidos totales), realizada en el Laboratorio de Medio Ambiente (resultado de ley de cabeza). Ver Anexo N° 1
- Se realizó la calibración de equipos e instrumentos antes de iniciar cada prueba.
- A continuación se procedió a pesar cada electrodo, teniendo en cuenta que este paso se debe realizar al iniciar y culminar cada prueba.
- Se realizaron 5 pruebas, teniendo en cuenta el electrodo de sacrificio, también que el voltaje se mantuviese constante y el amperaje oscilaba entre 0-10 Amperios.
- A medida que va desarrollándose el proceso, tomamos muestras cada media hora para evaluar las variaciones de pH, temperatura, coloración, olor, filtración y turbidez; haciendo un total en promedio de 03h: 36 min

- Al transcurrir el promedio de una hora aproximadamente, se observaba que el electrodo de sacrificio presentaba una corrosión muy notoria, mientras que en el otro electrodo tenía mayor concentración de óxidos. Al generarse esto, se realiza la limpieza de los electrodos combinando 1/1 Ácido Nítrico con agua destilada.
- Al culminar cada prueba se identificaron tres zonas con coloraciones diferentes. En la parte superior de la celda se formaba una franja de coloración naranja con presencia de burbujas (zona de flotación); en la parte media la coloración se tornó verde (zona de reacciones) y en la parte inferior una concentración de color negro y anaranjado (zona de sedimentación).
- Al observar estos cambios, se procedió a separar la zona intermedia (estado líquido) de la inferior (estado sólido), para ser analizados en los Laboratorios respectivos.
- A continuación el sedimento que se genera durante el proceso de electrocoagulación, fue vaciado a las bandejas (N° 6, 10 y 12 mm), luego se pesó este sólido, teniendo un peso inicial (húmedo); seguidamente la muestra fue llevada al horno a altas temperaturas. A continuación pesábamos el sólido (seco), y es llevado a un proceso de chancado hasta obtener una pulverización adecuada para llevarlo a analizar al laboratorio de Química y ver sus concentraciones finales.
- Al culminar cada prueba, la celda electrolítica tenía que pasar por un proceso de limpieza, pues se realizaba con agua destilada, del mismo modo todos los equipos utilizados.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

Características del diseño de la Celda de Electrocoagulación.

Tabla 1

Datos de la Celda electrolítica

Celda Electrolítica			
Altura	Largo	Profundidad	Ranuras para la Separación de Electrodo
13.7 cm	20.75 cm	8.5 cm	1.95 cm

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 2

Datos del Electrodo

Diseño de Electrodo		
Altura	Largo	Espesor
12 cm	5.3 cm	0.3 cm

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3

Datos de la Fuente de Poder

Fuente de Poder	
Rango del Amperaje	Rango del Voltaje
0 - 10 A	0 - 46 V

Fuente: Elaboración Propia

Para realizar el desarrollo aplicativo de esta tecnología, es necesario realizar el cálculo que muestra la cantidad de electrodos.

Número de electrodos

$$= \frac{(\text{ancho de celda})\text{mm} - 2 * (\text{dist. electrodos cara lateral})\text{mm}}{(\text{dist. máxima entre electrodos} + \text{espesor de placa})\text{mm}}$$

Fuente: Elaborado por: Arango y Garcés (2007)

$$\text{Número de electrodos} = \frac{(850) - 2 * (30)}{(195 + 3)} = 3.98 \approx 4 \text{ Electrodos (Fe, Al)}$$

RESULTADOS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS POR ELECTROCOAGULACIÓN

Para realizar los cinco ensayos se debe tener en cuenta las leyes de cabeza que presentó nuestra muestra de 80 litros. Ver ANEXO N° 01

- **Primera Prueba Fe-Al-Fe-Al**

Tabla 4

Condiciones del Fe

Fecha	Volumen		W _(electrodo)		Fe ley cabeza
	V _O	V _f	W _o	W _f	
15/11/2018	0.94 L	0.44 L	240.513 gr	215.8559 gr	5067 mg/L 4762.98 mg

Fuente: Elaboración Propia

Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Fe

pH	A	V	T°C	Tiempo [min]	Vol Muestra [mL]	Vol	Solución [ppm]	Volumen [mL]	Extracción [mg]	Diferencia de masa	% Remoción
2.2	5.8	43.7	41.2	10	70	334.83	4783.3	870	4161.5	601.508	12.6
3.08	7.2	42.38	58.4	70	70	348.31	4975.9	800	3980.7	782.293	16.4
3.98	5.9	42.93	59.9	110	70	378.83	5411.9	730	3950.7	812.309	17.1
4.14	6.9	42.87	63.3	135	70	391.99	5599.9	660	3695.9	1067.030	22.4
4.81	4	43.46	42	147	70	406.64	5809.2	590	3427.4	1335.573	28.0
4.93	4.4	43.38	52.3	185	70	404.62	5780.3	520	3005.8	1757.218	36.9
5.06	4.6	44.3	56.4	215	70	418.37	5976.7	450	2689.5	2073.460	43.5

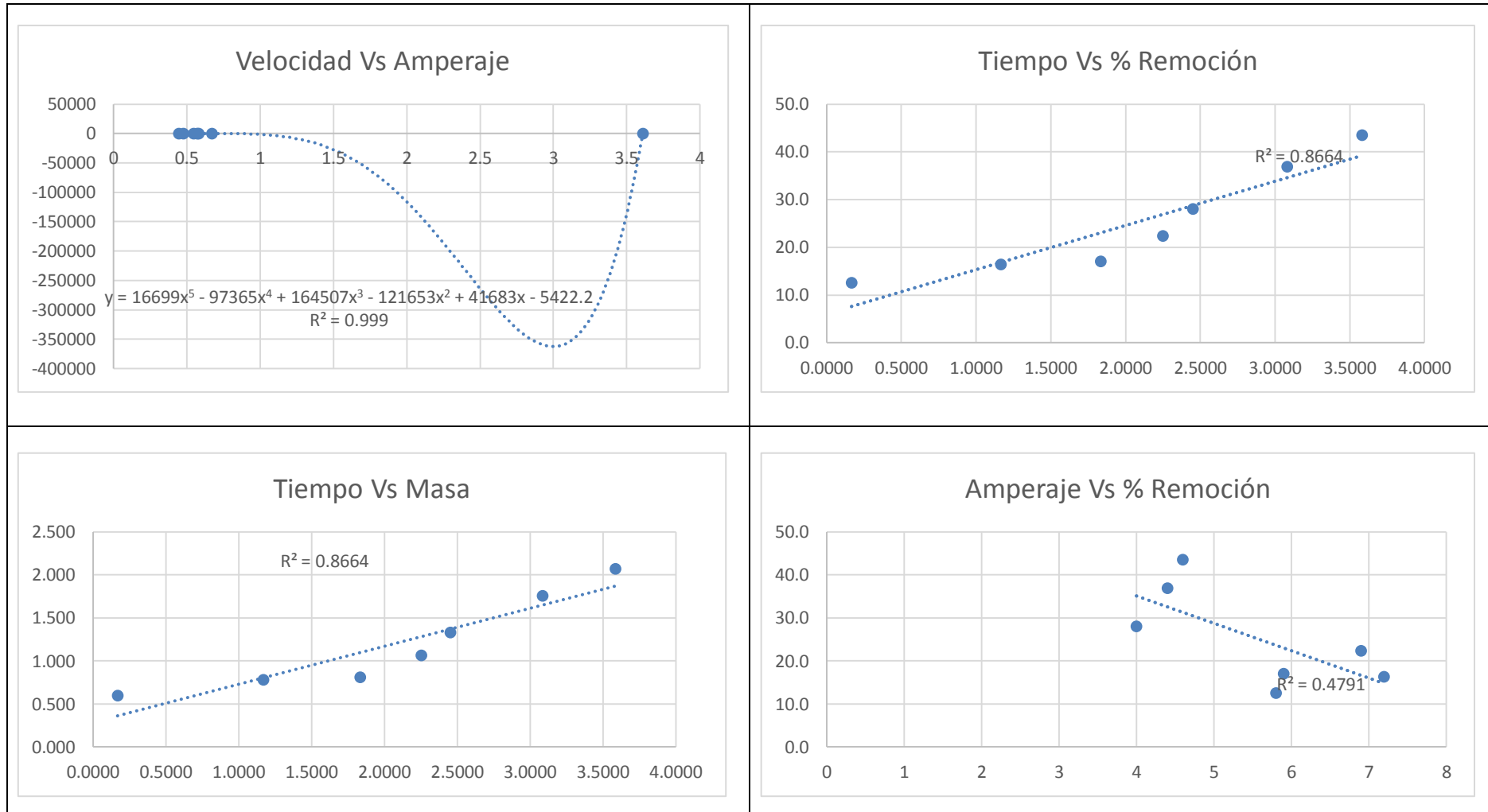
Fuente: Elaboración Propia

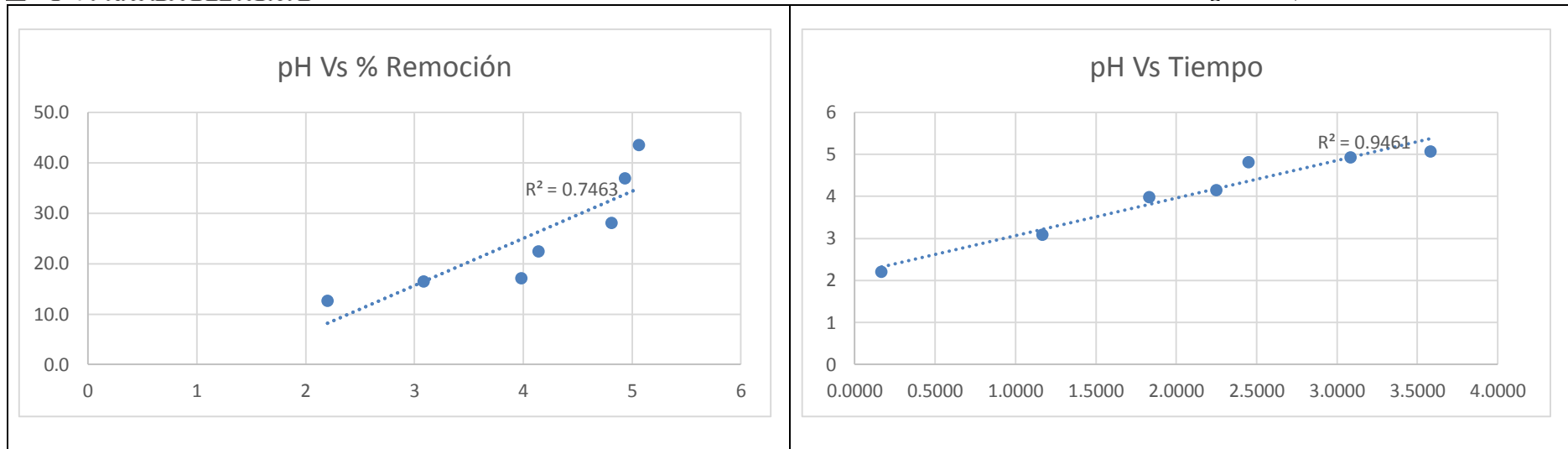
Tabla 6

Análisis de las Variables de Estudio del Fe

Tiempo (horas)	Amperios (A)	Dif. masa (gramos)	Remoción (%)	Velocidad	pH
0.1667	5.8	0.602	12.6	3.60904878	2.2
1.1667	7.2	0.782	16.4	0.67053669	3.08
1.8333	5.9	0.812	17.1	0.44307767	3.98
2.2500	6.9	1.067	22.4	0.47423563	4.14
2.4500	4	1.336	28.0	0.54513169	4.81
3.0833	4.4	1.757	36.9	0.56990863	4.93
3.5833	4.6	2.073	43.5	0.57864001	5.06

Fuente: Elaboración Propia





Fuente: Elaboración Propia

Tabla 7

Condiciones del Al

Fecha	Volumen		W _(electrodo)		Al ley cabeza
	V _o	V _f	W _o	W _f	
15/11/2018	0.94 L	0.44 L	67.9751 gr	215.8559 gr	219.22 mg/L 206.0668 mg

Fuente: Elaboración Propia

Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Al

pH	A	V	T°C	Tiempo [min]	Vol Muestra [mL]	Vol Solución [ppm]	Volumen [mL]	Extracción [mg]	Diferencia de masa	% Remoción	
2.2	5.8	43.7	41.2	10	70	17.93	256.076	870	222.8	-16.719	-8.1
3.08	7.2	42.38	58.4	70	70	10.72	153.076	800	122.5	83.606	40.6
3.98	5.9	42.93	59.9	110	70	3.53	50.479	730	36.8	169.217	82.1
4.14	6.9	42.87	63.3	135	70	0.92	13.188	660	8.7	197.363	95.8
4.81	4	43.46	42	147	70	0.24	3.480	590	2.1	204.014	99.0
4.93	4.4	43.38	52.3	185	70	0.10	1.418	520	0.7	205.329	99.6
5.06	4.6	44.3	56.4	215	70	0.09	1.250	450	0.6	205.504	99.7

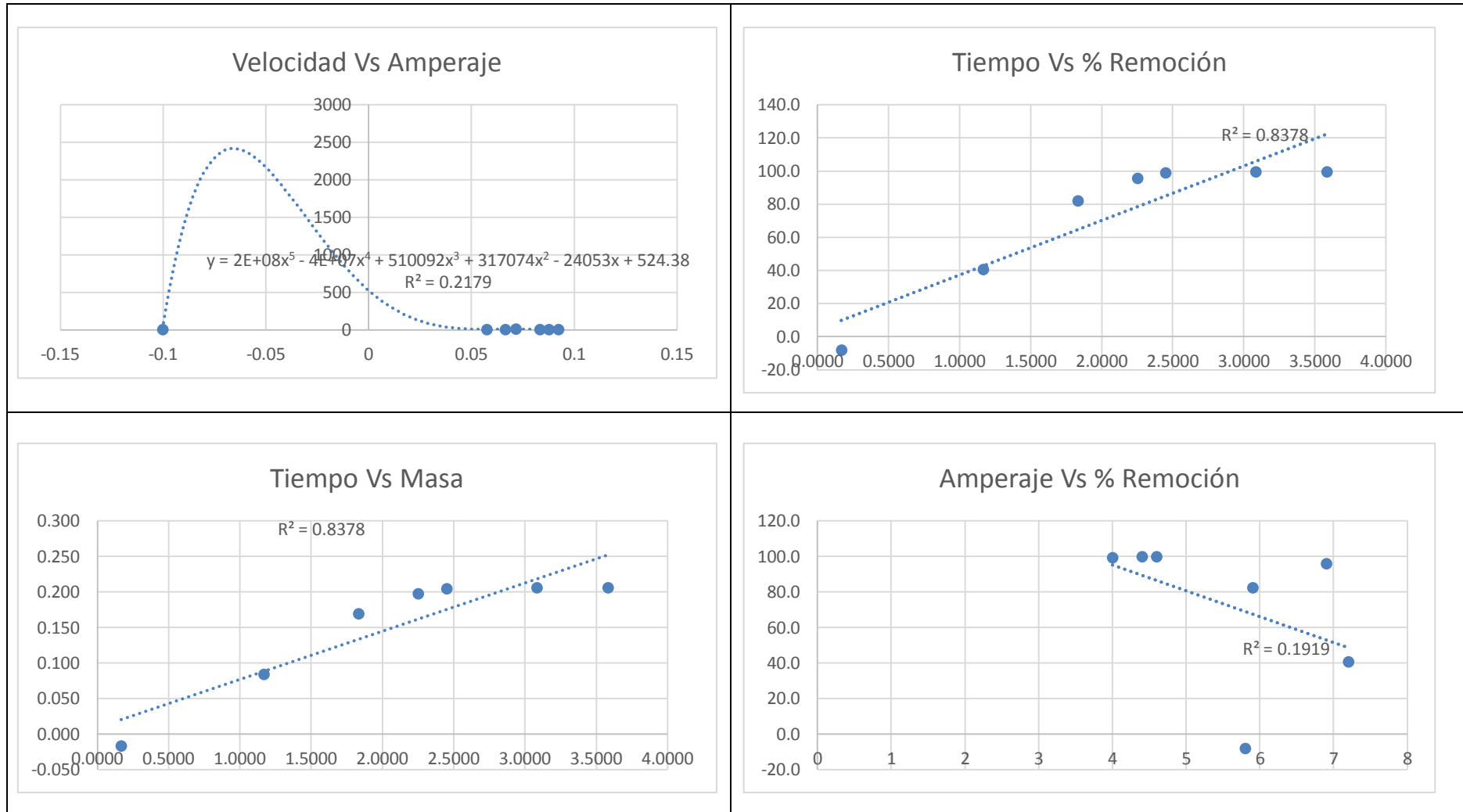
Fuente: Elaboración Propia

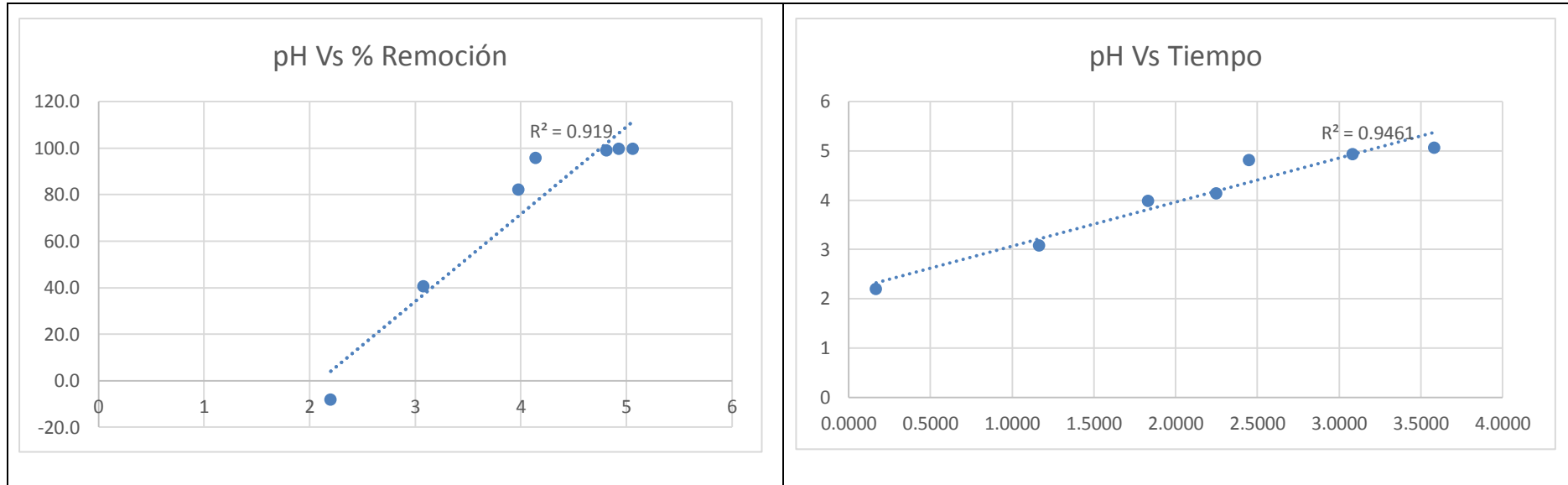
Tabla 9

Análisis de las Variables de Estudio del Al

Tiempo (horas)	Amperios (A)	Dif. masa (gramos)	Remoción (%)	Velocidad	pH
0.1667	5.8	-0.017	-8.1	-0.10031592	2.2
1.1667	7.2	0.084	40.6	0.07166229	3.08
1.8333	5.9	0.169	82.1	0.09230025	3.98
2.2500	6.9	0.197	95.8	0.08771676	4.14
2.4500	4	0.204	99.0	0.08327086	4.81
3.0833	4.4	0.205	99.6	0.06659333	4.93
3.5833	4.6	0.206	99.7	0.05735004	5.06

Fuente: Elaboración Propia





Fuente: Elaboración Propia

Tabla 10

Condiciones del As

Fecha	Volumen		AS ley cabeza
	V _O	V _f	
15/11/2018	0.94 L	0.44 L	177.9 mg/L 167.226 mg

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 11

“Influencia del Amperaje y Tiempo de Residencia sobre el Porcentaje de Remoción de Metales Pesados en el Tratamiento de Aguas Ácidas de Minera Yanacocha S.R.L. por Electrocoagulación, 2018”

Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el As

pH	A	V	T°C	Tiempo [min]	Vol Muestra [mL]	Vol	Solución [ppm]	Volumen [mL]	Extracción [mg]	Diferencia de masa	% Remoción
2.12	0	0		0	0	0	0	0	0		0
2.2	5.8	43.7	41.2	10	70	11.87	169.600	870	147.6	19.674	11.8
3.08	7.2	42.38	58.4	70	70	1.68	23.932	800	19.1	148.080	88.6
3.98	5.9	42.93	59.9	110	70	0.05	0.728	730	0.5	166.695	99.7
4.14	6.9	42.87	63.3	135	70	0.21	3.033	660	2.0	165.224	98.8
4.81	4	43.46	42	147	70	0.00	0.000	590	0.0	167.226	100.0
4.93	4.4	43.38	52.3	185	70	0.02	0.277	520	0.1	167.082	99.9
5.06	4.6	44.3	56.4	215	70	0.00	0.000	450	0.0	167.226	100.0

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 12

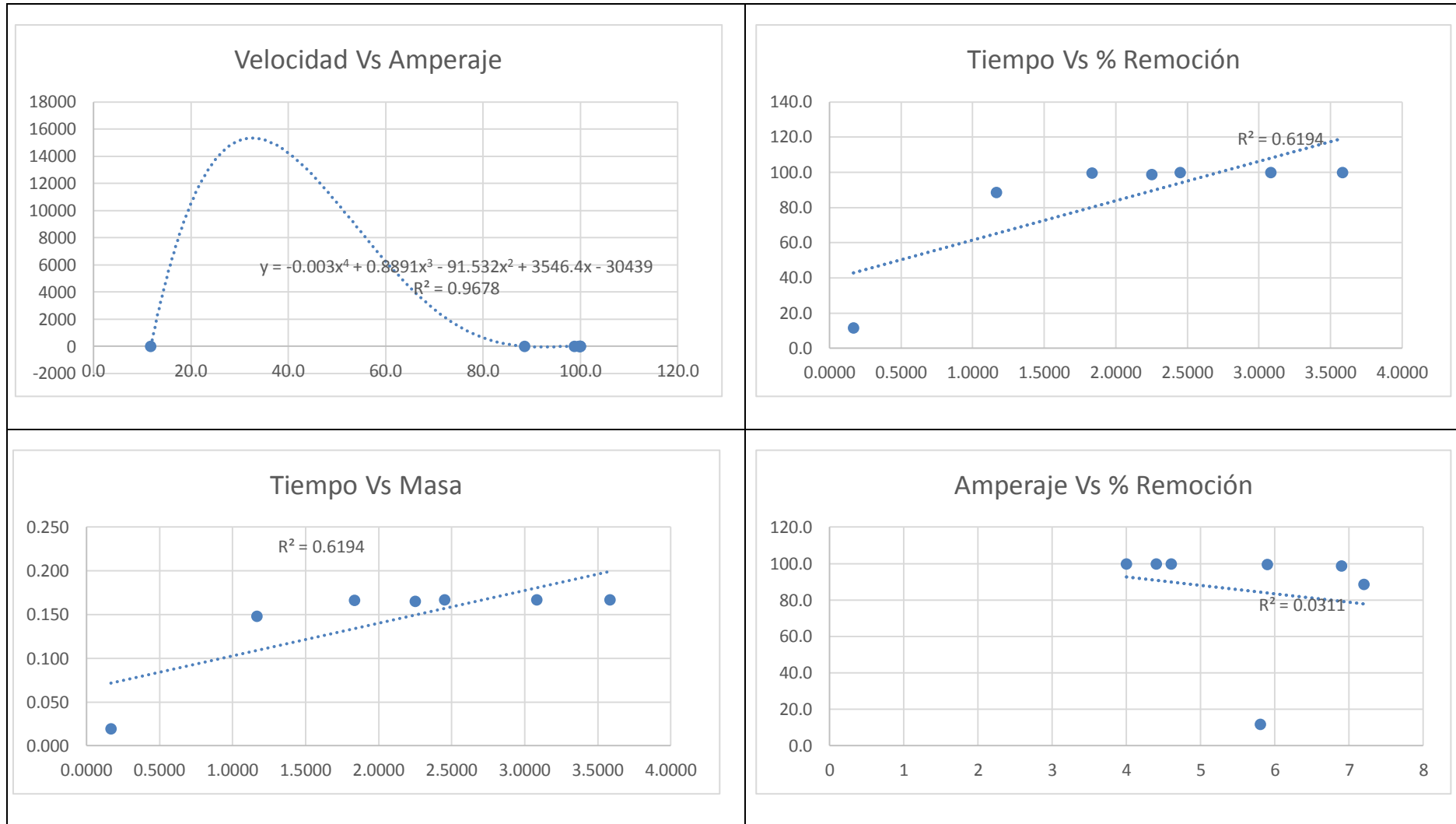
Análisis de las Variables de Estudio del As

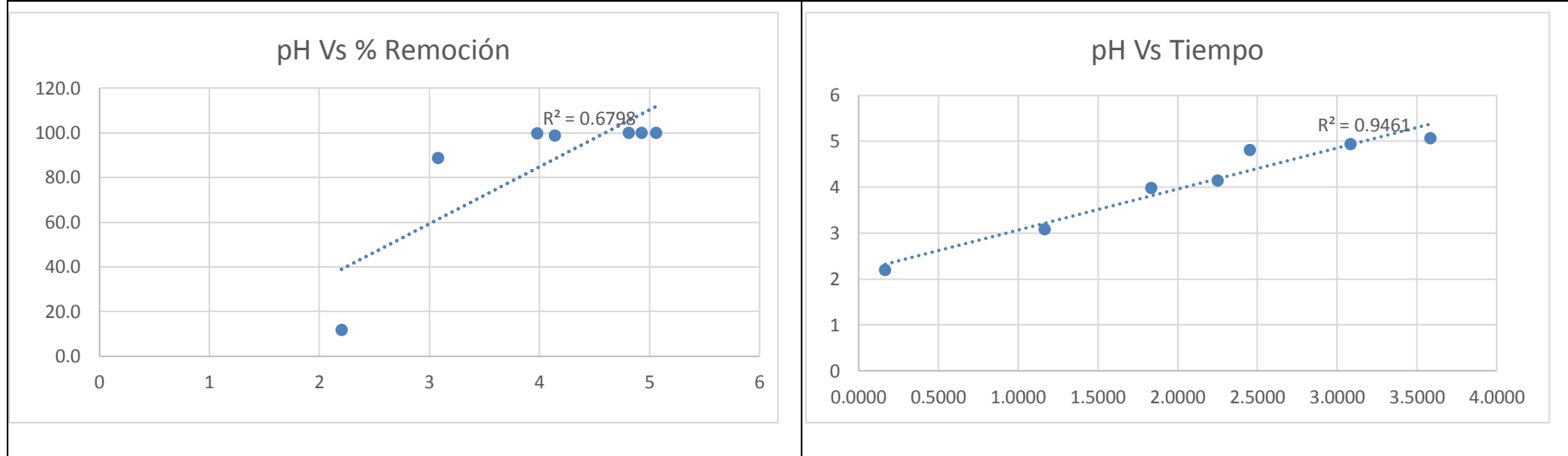
Tiempo (horas)	Amperios (A)	Dif. masa (gramos)	Remoción (%)	Velocidad	pH
0.1667	5.8	0.020	11.8	0.118044	2.2
1.1667	7.2	0.148	88.6	0.126926057	3.08
1.8333	5.9	0.167	99.7	0.090924305	3.98
2.2500	6.9	0.165	98.8	0.073432987	4.14
2.4500	4	0.167	100.0	0.06825551	4.81
3.0833	4.4	0.167	99.9	0.054188744	4.93
3.5833	4.6	0.167	100.0	0.046667721	5.06

Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 3 Caracterización de las Variables en función al As.

“Influencia del Amperaje y Tiempo de Residencia sobre el Porcentaje de Remoción de Metales Pesados en el Tratamiento de Aguas Ácidas de Minera Yanacocha S.R.L. por Electrocoagulación, 2018”





Fuente: Elaboración Propia

Tabla 13

Condiciones del Ca

Fecha	Volumen		Ca ley cabeza
	V ₀	V _f	
15/11/2018	0.94 L	0.44 L	330.1 mg/L 310.294 mg

Fuente: Elaboración Propia

Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Ca

pH	A	V	T°C	Tiempo [min]	Vol Muestra [mL]	Vol	Solución [ppm]	Volumen [mL]	Extracción [mg]	Diferencia de masa	% Remoción
2.2	5.8	43.7	41.2	10	70	29.07	415.239	870	361.3	-50.964	-16.4
3.08	7.2	42.38	58.4	70	70	29.50	421.424	800	337.1	-26.845	-8.7
3.98	5.9	42.93	59.9	110	70	26.66	380.859	730	278.0	32.267	10.4
4.14	6.9	42.87	63.3	135	70	27.90	398.548	660	263.0	47.252	15.2
4.81	4	43.46	42	147	70	30.56	436.615	590	257.6	52.691	17.0
4.93	4.4	43.38	52.3	185	70	32.03	457.629	520	238.0	72.327	23.3
5.06	4.6	44.3	56.4	215	70	31.37	448.191	450	201.7	108.608	35.0

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 15

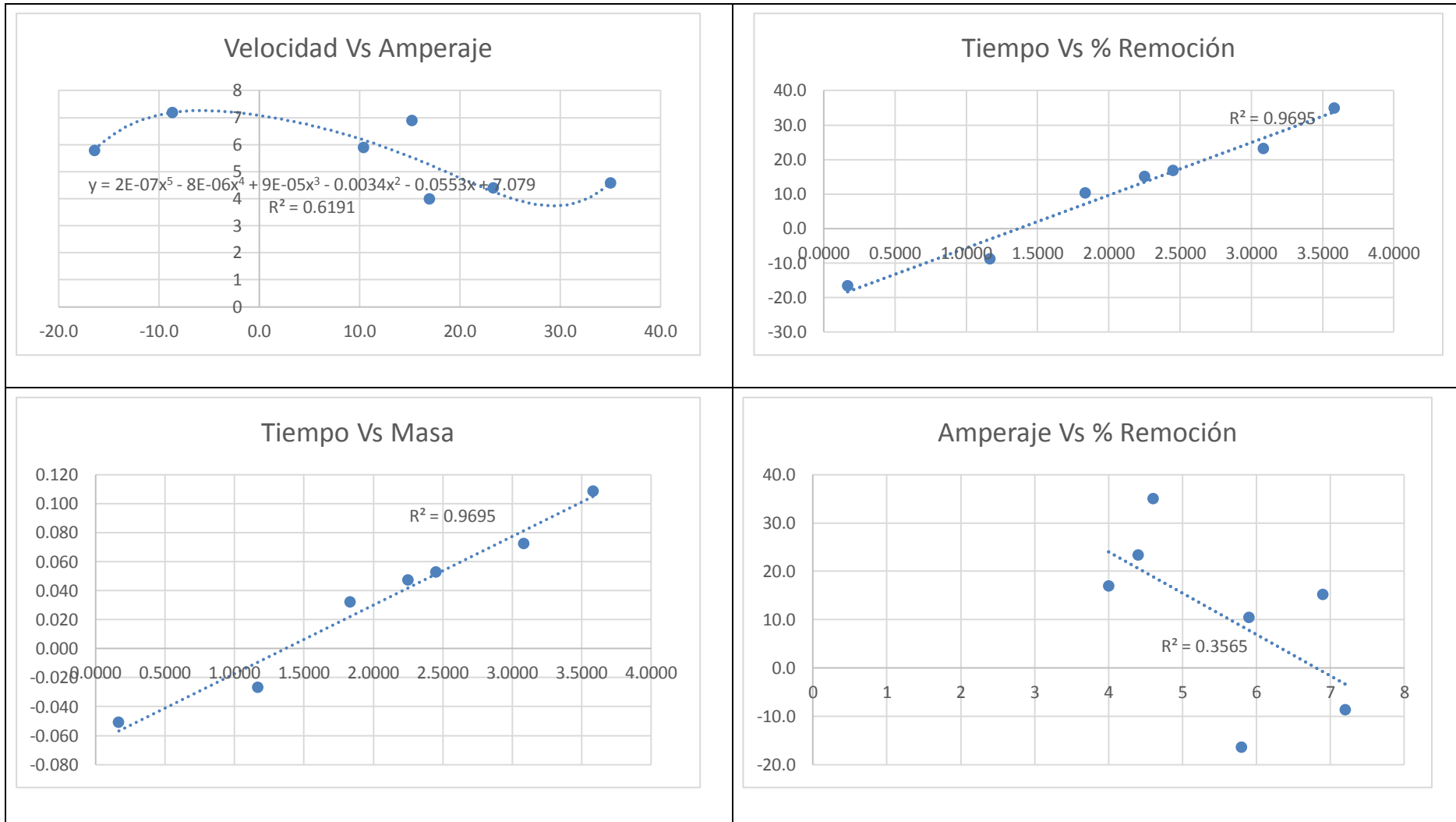
Análisis de las Variables de Estudio del Ca

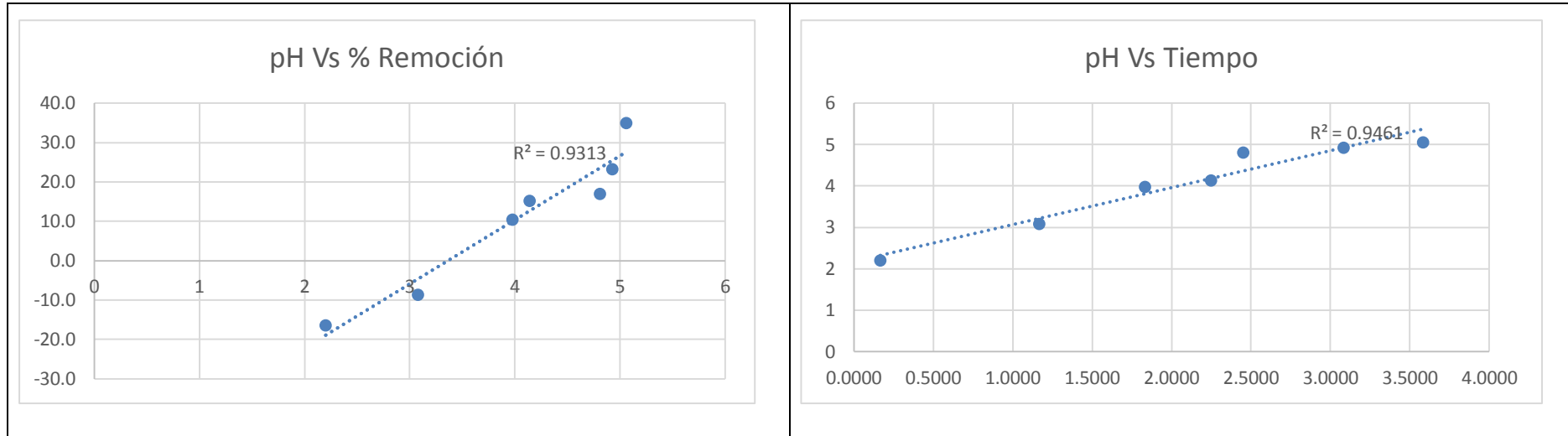
Tiempo (horas)	Amperios (A)	Dif. masa (gramos)	Remoción (%)	Velocidad	pH
0.1667	5.8	-0.051	-16.4	-0.30578358	2.2
1.1667	7.2	-0.027	-8.7	-0.023010171	3.08
1.8333	5.9	0.032	10.4	0.017600144	3.98
2.2500	6.9	0.047	15.2	0.021001031	4.14
2.4500	4	0.053	17.0	0.021506592	4.81
3.0833	4.4	0.072	23.3	0.023457379	4.93
3.5833	4.6	0.109	35.0	0.030309223	5.06

Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 4 Caracterización de las Variables en función al Ca.

“Influencia del Amperaje y Tiempo de Residencia sobre el Porcentaje de Remoción de Metales Pesados en el Tratamiento de Aguas Ácidas de Minera Yanacocha S.R.L. por Electrocoagulación, 2018”





Fuente: Elaboración Propia

Tabla 16

Condiciones del Cd

Fecha	Volumen		Cd ley cabeza
	V _O	V _f	
15/11/2018	0.94 L	0.44 L	0.2207 mg/L 0.20746 mg

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 17

Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Cd

pH	A	V	T°C	Tiempo [min]	Vol Muestra [mL]	Vol Solución [ppm]	Volumen [mL]	Extracción [mg]	Diferencia de masa	% Remoción
2.2	5.8	43.7	41.2	10	70	0.03	870	0.3	-0.140	-67.3
3.08	7.2	42.38	58.4	70	70	0.01	800	0.1	0.114	54.9
3.98	5.9	42.93	59.9	110	70	0.00	730	0.0	0.206	99.3
4.14	6.9	42.87	63.3	135	70	0.00	660	0.0	0.205	99.0
4.81	4	43.46	42	147	70	0.00	590	0.0	0.207	100.0
4.93	4.4	43.38	52.3	185	70	0.00	520	0.0	0.207	100.0
5.06	4.6	44.3	56.4	215	70	0.00	450	0.0	0.207	100.0

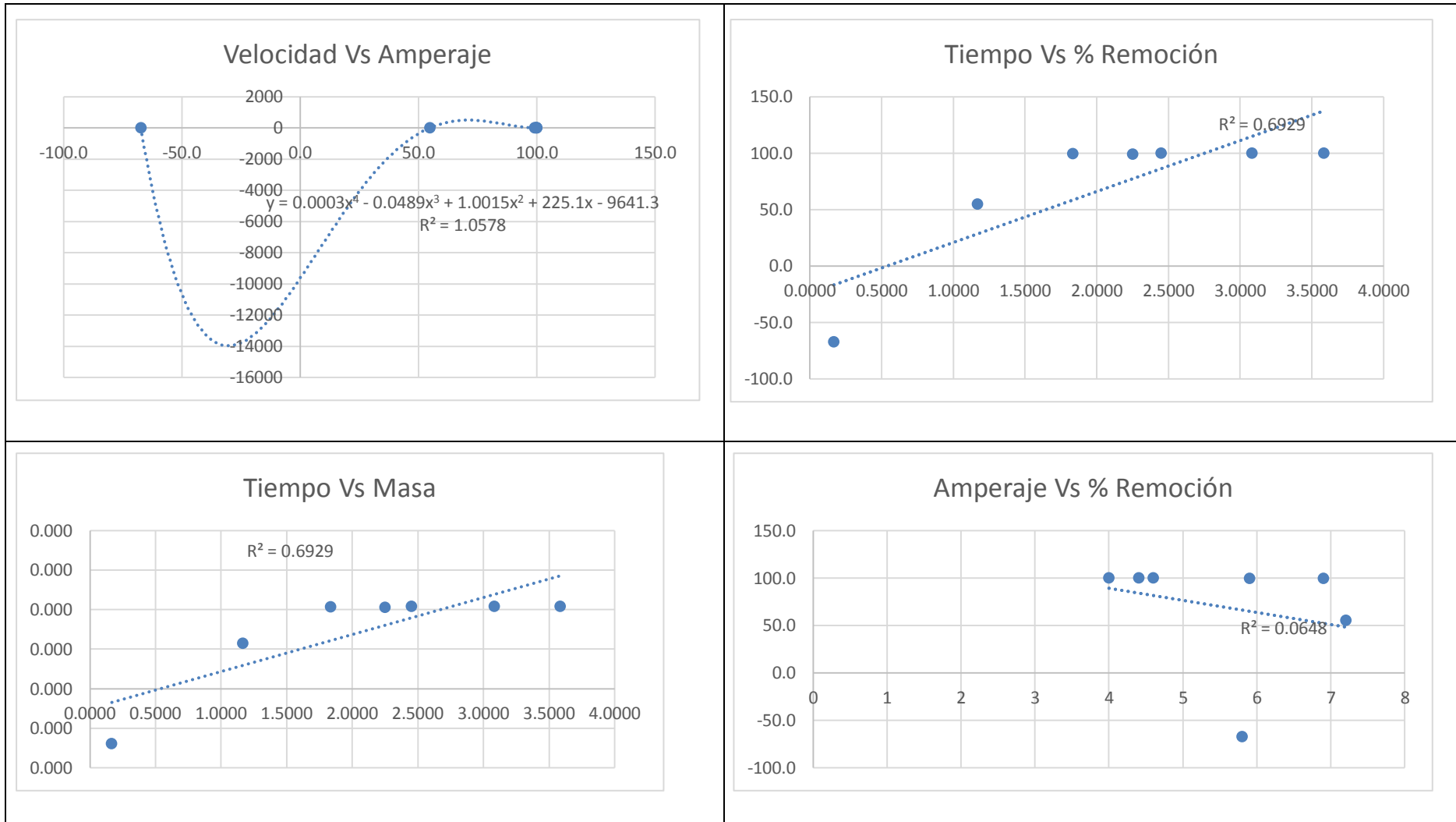
Fuente: Elaboración Propia

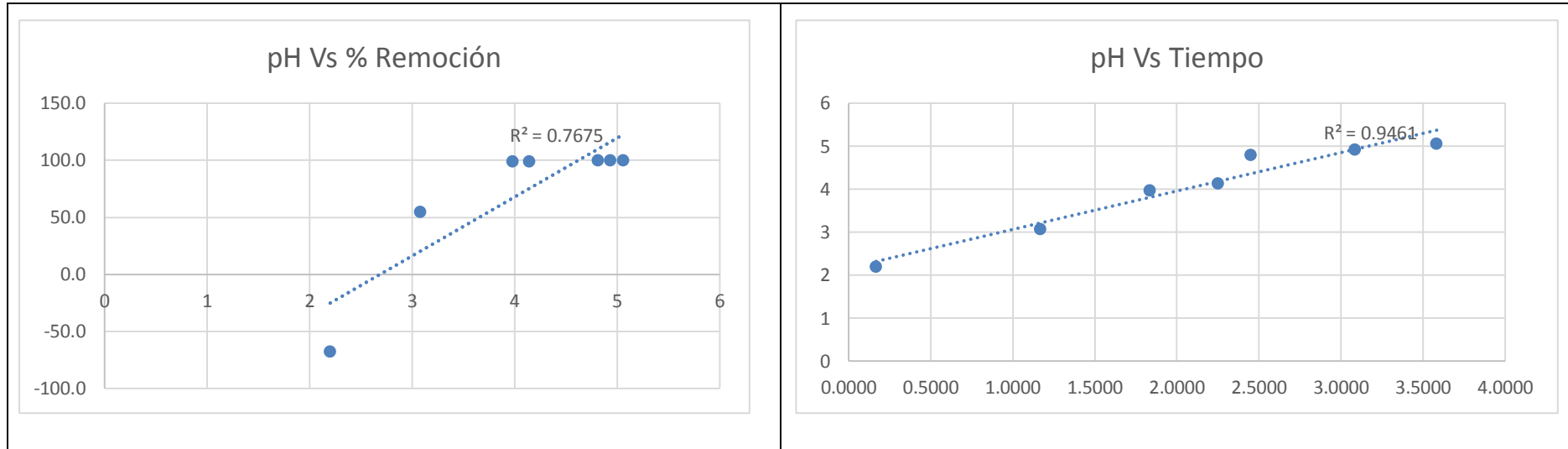
Tabla 18

Análisis de las Variables de Estudio del Cd

Tiempo (horas)	Amperios (A)	Dif. masa (gramos)	Remoción (%)	Velocidad	pH
0.1667	5.8	0.000	-67.3	-0.000838032	2.2
1.1667	7.2	0.000	54.9	9.75926E-05	3.08
1.8333	5.9	0.000	99.3	0.000112363	3.98
2.2500	6.9	0.000	99.0	9.13236E-05	4.14
2.4500	4	0.000	100.0	8.46767E-05	4.81
3.0833	4.4	0.000	100.0	6.72837E-05	4.93
3.5833	4.6	0.000	100.0	5.78953E-05	5.06

Fuente: Elaboración Propia





Fuente: Elaboración Propia

Tabla 19

Condiciones del Co

Fecha	Volumen		Co ley cabeza
	V _o	V _f	
15/11/2018	0.94 L	0.44 L	4.485 mg/L 4.2159 mg

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 20

“Influencia del Amperaje y Tiempo de Residencia sobre el Porcentaje de Remoción de Metales Pesados en el Tratamiento de Aguas Ácidas de Minera Yanacocha S.R.L. por Electrocoagulación, 2018”

Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Co

pH	A	V	T°C	Tiempo [min]	Vol Muestra [mL]	Vol	Solución [ppm]	Volumen [mL]	Extracción [mg]	Diferencia de masa	% Remoción
2.2	5.8	43.7	41.2	10	70	0.38	5.443	870	4.7	-0.520	-12.3
3.08	7.2	42.38	58.4	70	70	0.26	3.674	800	2.9	1.277	30.3
3.98	5.9	42.93	59.9	110	70	0.11	1.581	730	1.2	3.062	72.6
4.14	6.9	42.87	63.3	135	70	0.05	0.709	660	0.5	3.748	88.9
4.81	4	43.46	42	147	70	0.03	0.410	590	0.2	3.974	94.3
4.93	4.4	43.38	52.3	185	70	0.02	0.226	520	0.1	4.098	97.2
5.06	4.6	44.3	56.4	215	70	0.01	0.165	450	0.1	4.142	98.2

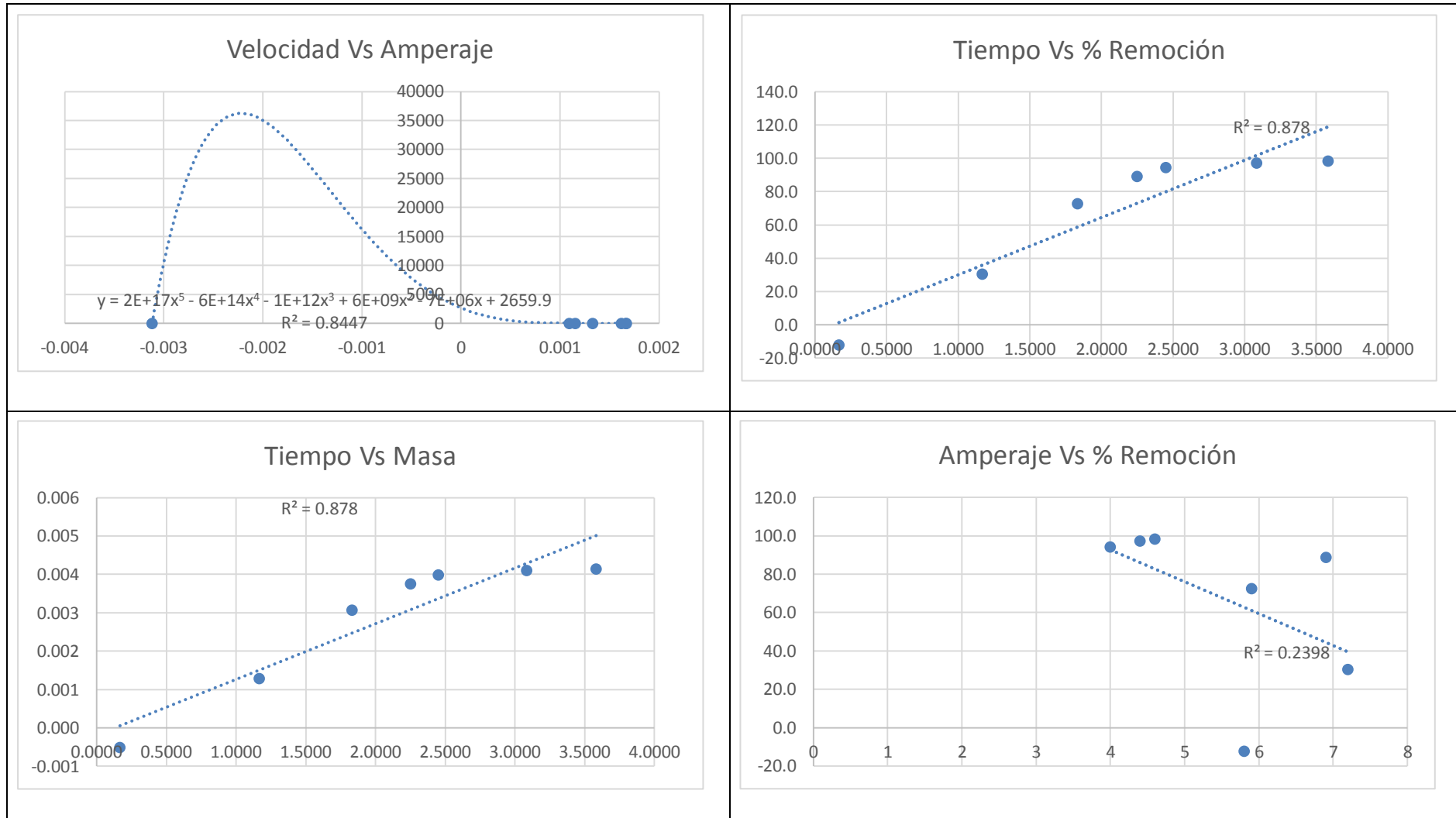
Fuente: Elaboración Propia

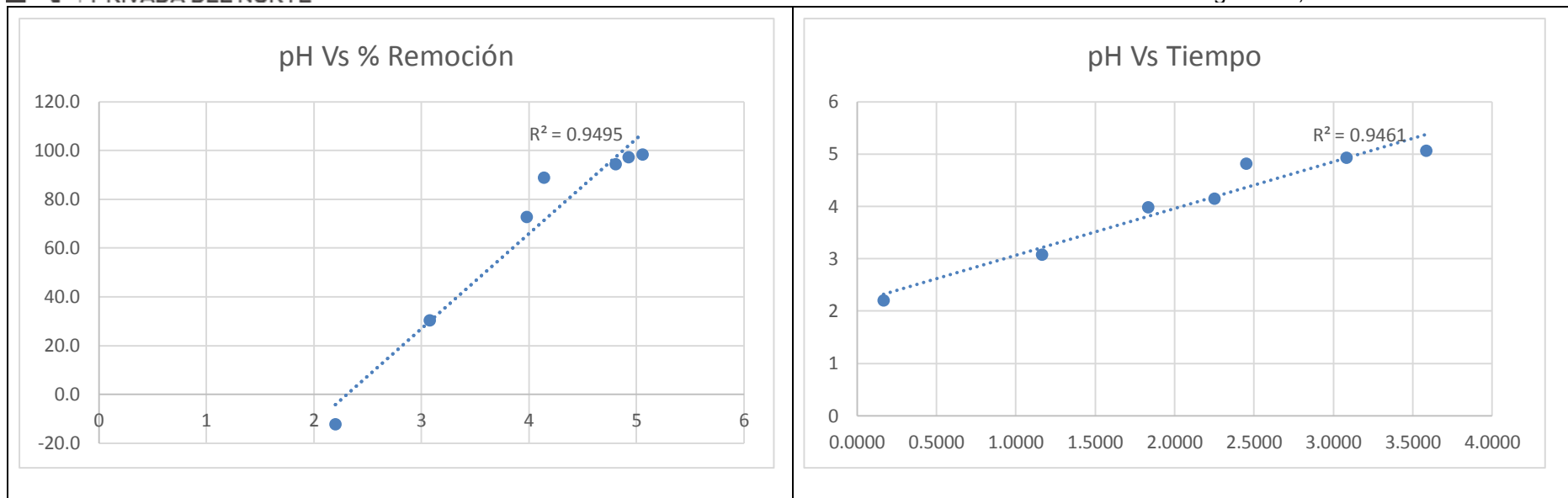
Tabla 21

Análisis de las Variables de Estudio del Co

Tiempo (horas)	Amperios (A)	Dif. masa (gramos)	Remoción (%)	Velocidad	pH
0.1667	5.8	-0.001	-12.3	-0.00311706	2.2
1.1667	7.2	0.001	30.3	0.001094314	3.08
1.8333	5.9	0.003	72.6	0.001670056	3.98
2.2500	6.9	0.004	88.9	0.00166576	4.14
2.4500	4	0.004	94.3	0.001622041	4.81
3.0833	4.4	0.004	97.2	0.001329204	4.93
3.5833	4.6	0.004	98.2	0.001155809	5.06

Fuente: Elaboración Propia





Fuente: Elaboración Propia

Tabla 22

Condiciones del Cr

Fecha	Volumen		Cr ley cabeza
	V _O	V _f	
15/11/2018	0.94 L	0.44 L	0.4045 mg/L 0.38023 mg

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 23

“Influencia del Amperaje y Tiempo de Residencia sobre el Porcentaje de Remoción de Metales Pesados en el Tratamiento de Aguas Ácidas de Minera Yanacocha S.R.L. por Electrocoagulación, 2018”

Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Cr

pH	A	V	T°C	Tiempo [min]	Vol Muestra [mL]	Vol	Solución [ppm]	Volumen [mL]	Extracción [mg]	Diferencia de masa	% Remoción
2.2	5.8	43.7	41.2	10	70	0.03	0.415	870	0.4	0.019	5.0
3.08	7.2	42.38	58.4	70	70	0.03	0.469	800	0.4	0.005	1.3
3.98	5.9	42.93	59.9	110	70	0.02	0.321	730	0.2	0.146	38.4
4.14	6.9	42.87	63.3	135	70	0.01	0.072	660	0.0	0.333	87.5
4.81	4	43.46	42	147	70	0.00	0.000	590	0.0	0.380	100.0
4.93	4.4	43.38	52.3	185	70	0.00	0.000	520	0.0	0.380	100.0
5.06	4.6	44.3	56.4	215	70	0.00	0.006	450	0.0	0.378	99.3

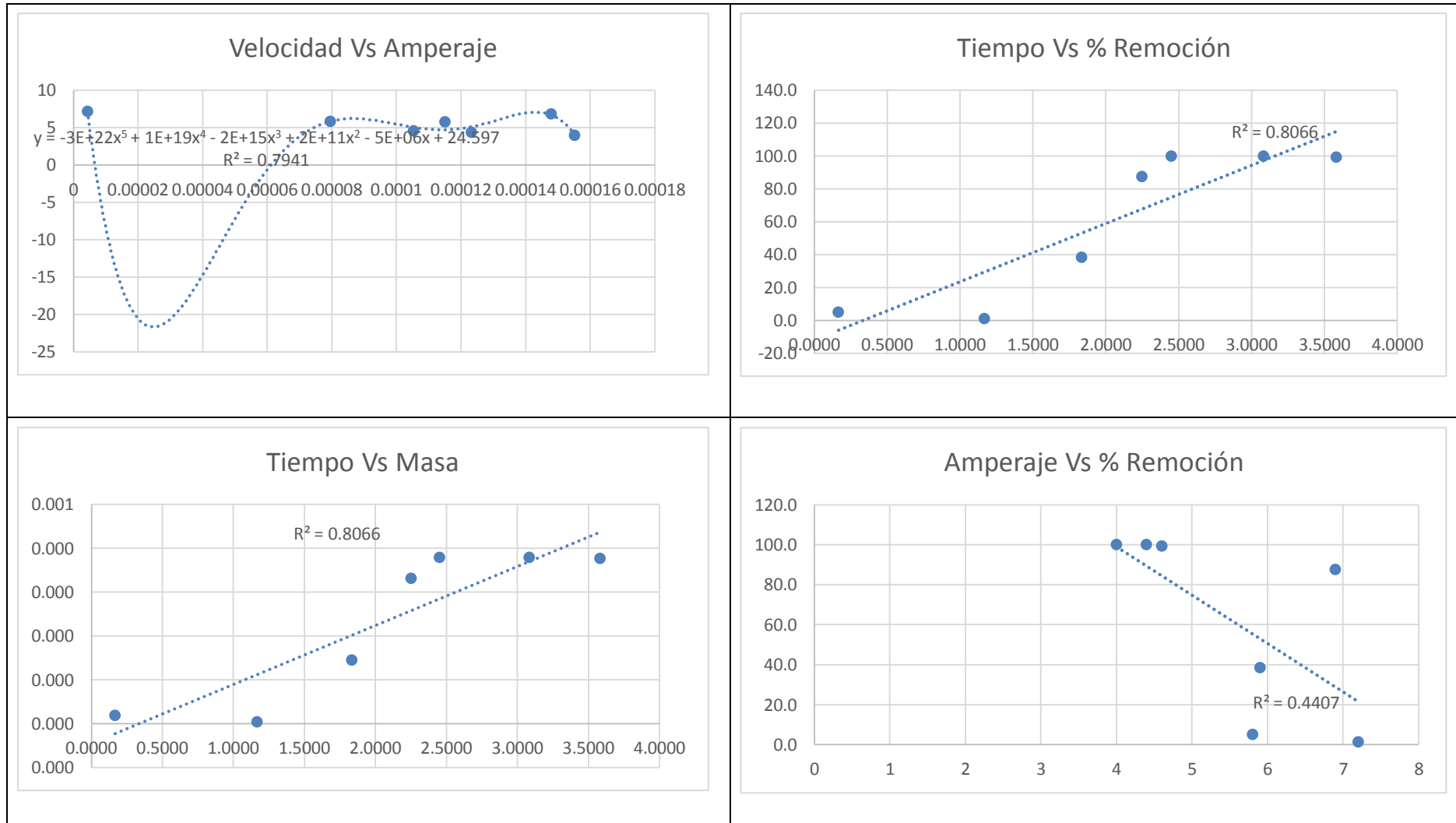
Fuente: Elaboración Propia

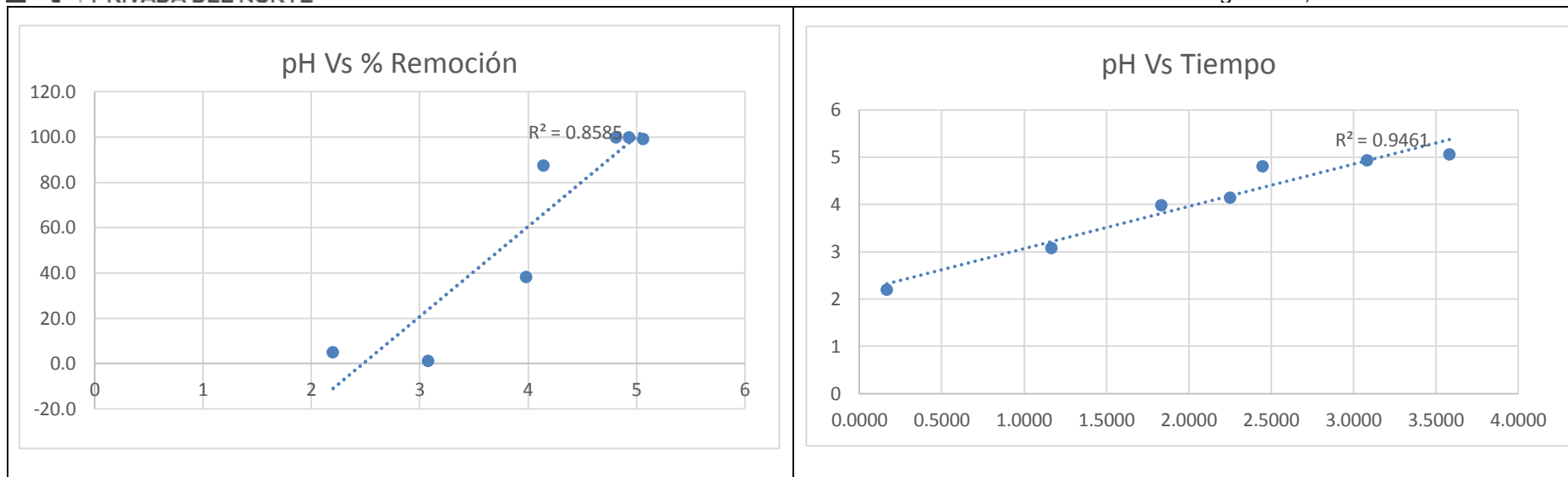
Tabla 24

Análisis de las Variables de Estudio del Cr

Tiempo (horas)	Amperios (A)	Dif masa (gramos)	Remoción (%)	Velocidad	pH
0.1667	5.8	0.000	5.0	0.00011508	2.2
1.1667	7.2	0.000	1.3	4.31143E-06	3.08
1.8333	5.9	0.000	38.4	7.95818E-05	3.98
2.2500	6.9	0.000	87.5	0.000147871	4.14
2.4500	4	0.000	100.0	0.000155196	4.81
3.0833	4.4	0.000	100.0	0.000123318	4.93
3.5833	4.6	0.000	99.3	0.000105357	5.06

Fuente: Elaboración Propia





Fuente: Elaboración Propia

Tabla 25

Condiciones del Cu

Fecha	Volumen		Cu ley cabeza
	V ₀	V _f	
15/11/2018	0.94 L	0.44 L	348.61 mg/L 327.693 mg

Fuente: Elaboración Propia

Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Cu

pH	A	V	T°C	Tiempo [min]	Vol Muestra [mL]	Vol	Solución [ppm]	Volumen [mL]	Extracción [mg]	Diferencia de masa	% Remoción
2.12	0	0		0	0	0	0	0	0		0
2.2	5.8	43.7	41.2	10	70	28.77	410.986	870	357.6	-29.864	-9.1
3.08	7.2	42.38	58.4	70	70	10.89	155.617	800	124.5	203.200	62.0
3.98	5.9	42.93	59.9	110	70	2.02	28.877	730	21.1	306.613	93.6
4.14	6.9	42.87	63.3	135	70	1.23	17.636	660	11.6	316.054	96.4
4.81	4	43.46	42	147	70	0.08	1.084	590	0.6	327.054	99.8
4.93	4.4	43.38	52.3	185	70	0.02	0.297	520	0.2	327.539	100.0
5.06	4.6	44.3	56.4	215	70	0.00	0.000	450	0.0	327.693	100.0

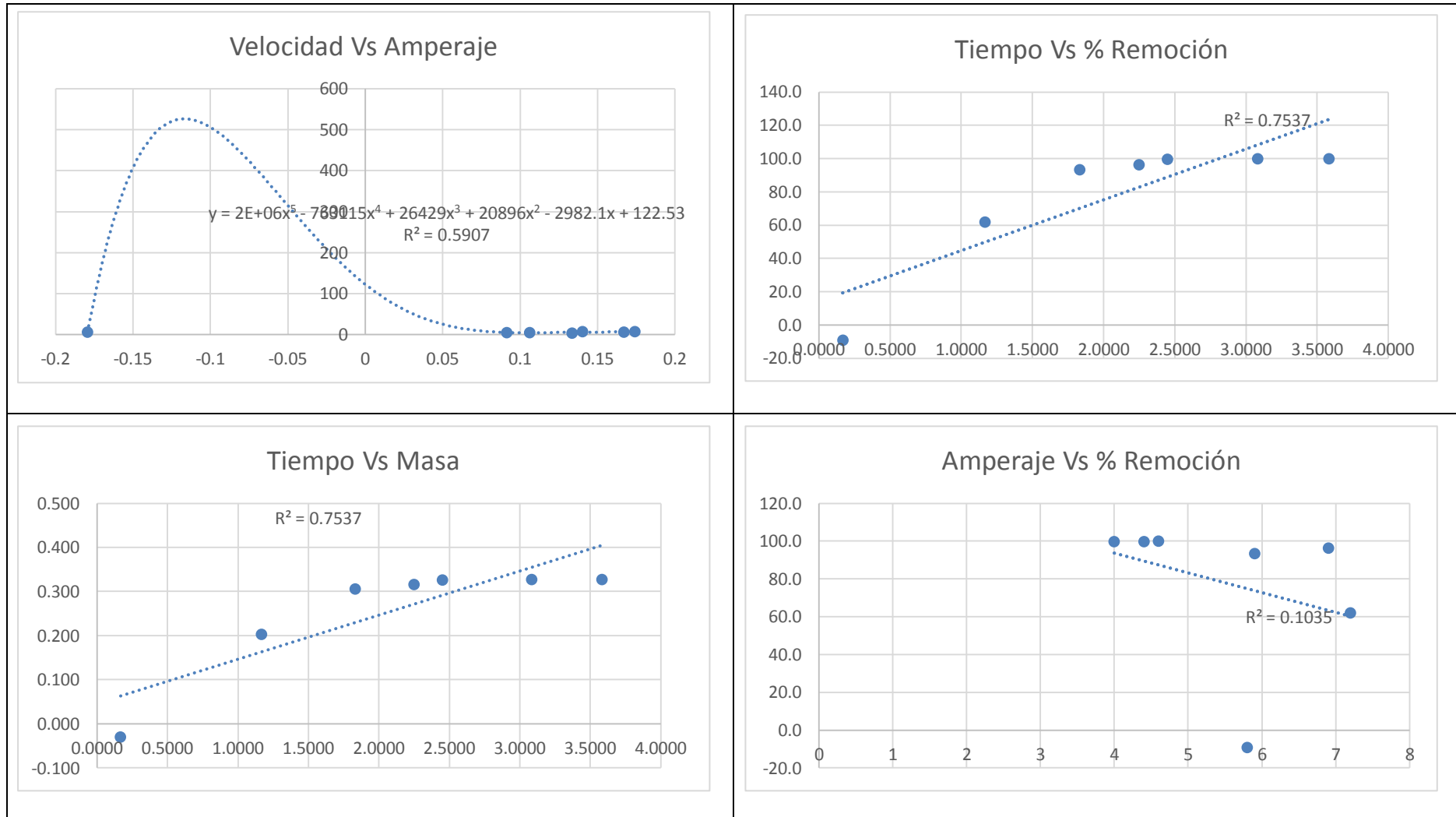
Fuente: Elaboración Propia

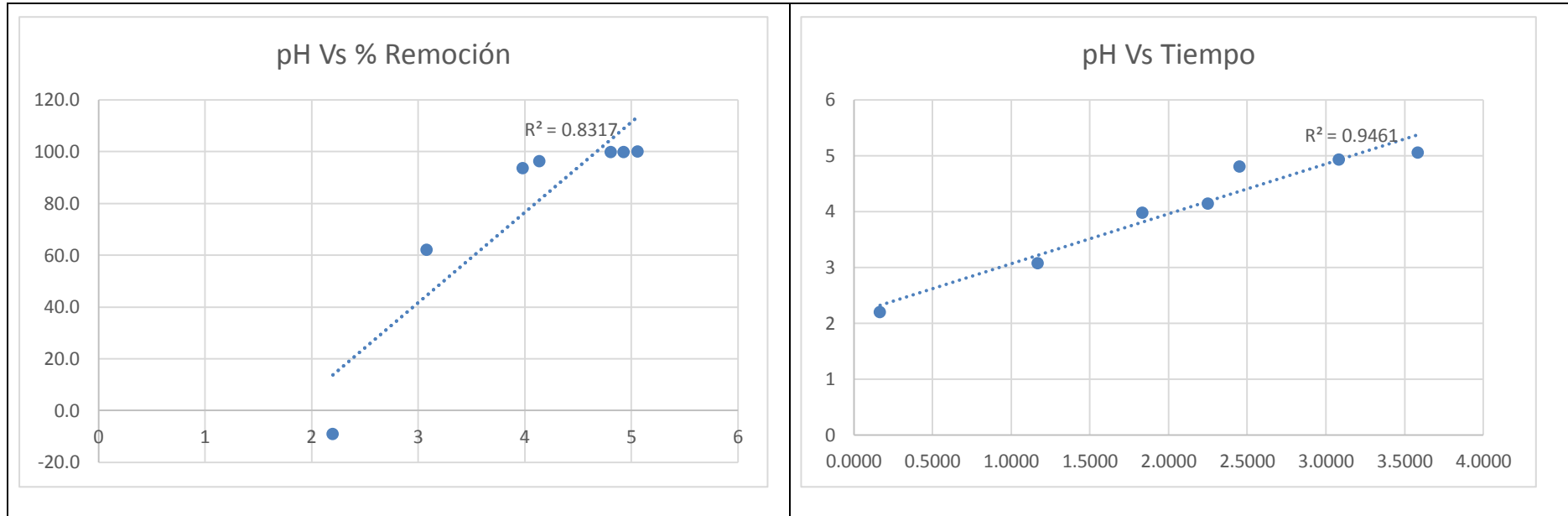
Tabla 27

Análisis de las Variables de Estudio del Cu

Tiempo (horas)	Amperios (A)	Dif. masa (gramos)	Remoción (%)	Velocidad	pH
0.1667	5.8	-0.030	-9.1	-0.17918652	2.2
1.1667	7.2	0.203	62.0	0.174171257	3.08
1.8333	5.9	0.307	93.6	0.167243558	3.98
2.2500	6.9	0.316	96.4	0.140468284	4.14
2.4500	4	0.327	99.8	0.133491363	4.81
3.0833	4.4	0.328	100.0	0.106228852	4.93
3.5833	4.6	0.328	100.0	0.091449321	5.06

Fuente: Elaboración Propia





Fuente: Elaboración Propia

Tabla 28

Condiciones del Mg

Fecha	Volumen		Mg ley cabeza
	V _O	V _f	
15/11/2018	0.94 L	0.44 L	47.92 mg/L 45.0448 mg

Fuente: Elaboración Propia

Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Mg

pH	A	V	T°C	Tiempo [min]	Vol Muestra [mL]	Vol	Solución [ppm]	Volumen [mL]	Extracción [mg]	Diferencia de masa	% Remoción
2.2	5.8	43.7	41.2	10	70	4.35	62.095	870	54.0	-8.978	-19.9
3.08	7.2	42.38	58.4	70	70	4.06	57.980	800	46.4	-1.339	-3.0
3.98	5.9	42.93	59.9	110	70	3.61	51.558	730	37.6	7.407	16.4
4.14	6.9	42.87	63.3	135	70	3.68	52.631	660	34.7	10.308	22.9
4.81	4	43.46	42	147	70	3.83	54.685	590	32.3	12.781	28.4
4.93	4.4	43.38	52.3	185	70	3.68	52.604	520	27.4	17.691	39.3
5.06	4.6	44.3	56.4	215	70	3.71	53.040	450	23.9	21.177	47.0

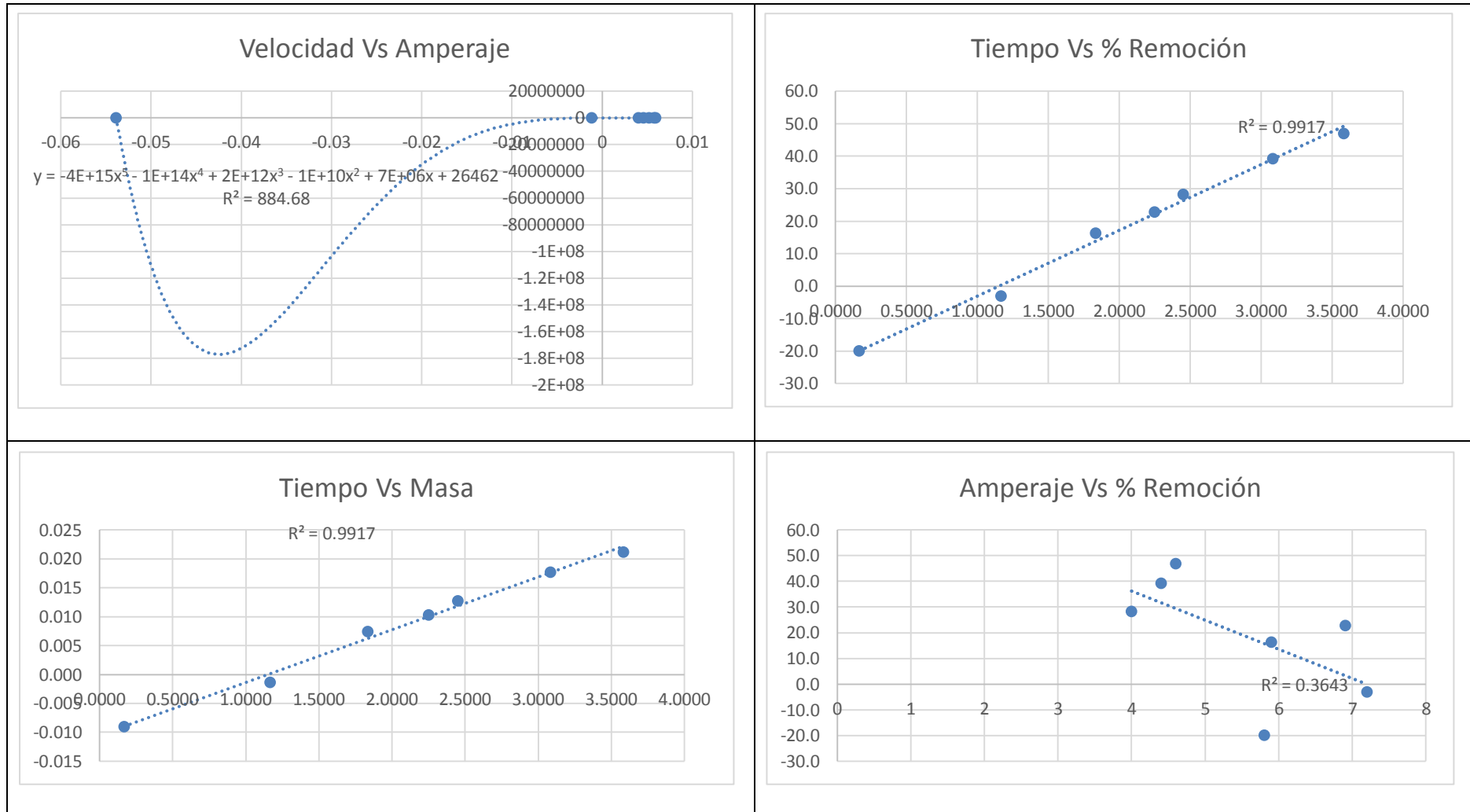
Fuente: Elaboración Propia

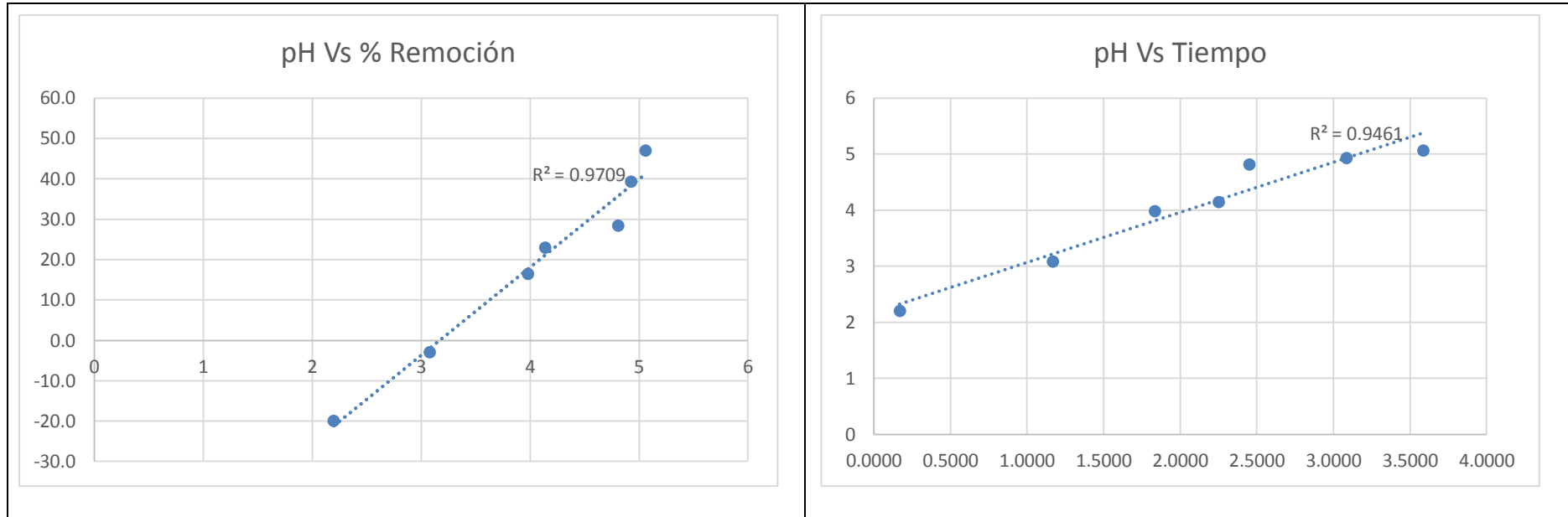
Tabla 30

Análisis de las Variables de Estudio del Mg

Tiempo (horas)	Amperios (A)	Dif. masa (gramos)	Remoción (%)	Velocidad	pH
0.1667	5.8	-0.009	-19.9	-0.0538671	2.2
1.1667	7.2	-0.001	-3.0	-0.001147886	3.08
1.8333	5.9	0.007	16.4	0.004040433	3.98
2.2500	6.9	0.010	22.9	0.004581484	4.14
2.4500	4	0.013	28.4	0.005216592	4.81
3.0833	4.4	0.018	39.3	0.005737531	4.93
3.5833	4.6	0.021	47.0	0.005909805	5.06

Fuente: Elaboración Propia





Fuente: Elaboración Propia

Tabla 31

Condiciones del Ni

Fecha	Volumen		Ni ley cabeza
	V _O	V _f	
15/11/2018	0.94 L	0.44 L	1.626 mg/L 1.52844 mg

Fuente: Elaboración Propia

Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Ni

pH	A	V	T°C	Tiempo [min]	Vol Muestra [mL]	Vol	Solución [ppm]	Volumen [mL]	Extracción [mg]	Diferencia de masa	% Remoción
2.2	5.8	43.7	41.2	10	70	0.14	1.950	870	1.7	-0.168	-11.0
3.08	7.2	42.38	58.4	70	70	0.10	1.429	800	1.1	0.385	25.2
3.98	5.9	42.93	59.9	110	70	0.05	0.757	730	0.6	0.976	63.8
4.14	6.9	42.87	63.3	135	70	0.03	0.479	660	0.3	1.212	79.3
4.81	4	43.46	42	147	70	0.03	0.446	590	0.3	1.265	82.8
4.93	4.4	43.38	52.3	185	70	0.02	0.274	520	0.1	1.386	90.7
5.06	4.6	44.3	56.4	215	70	0.01	0.214	450	0.1	1.432	93.7

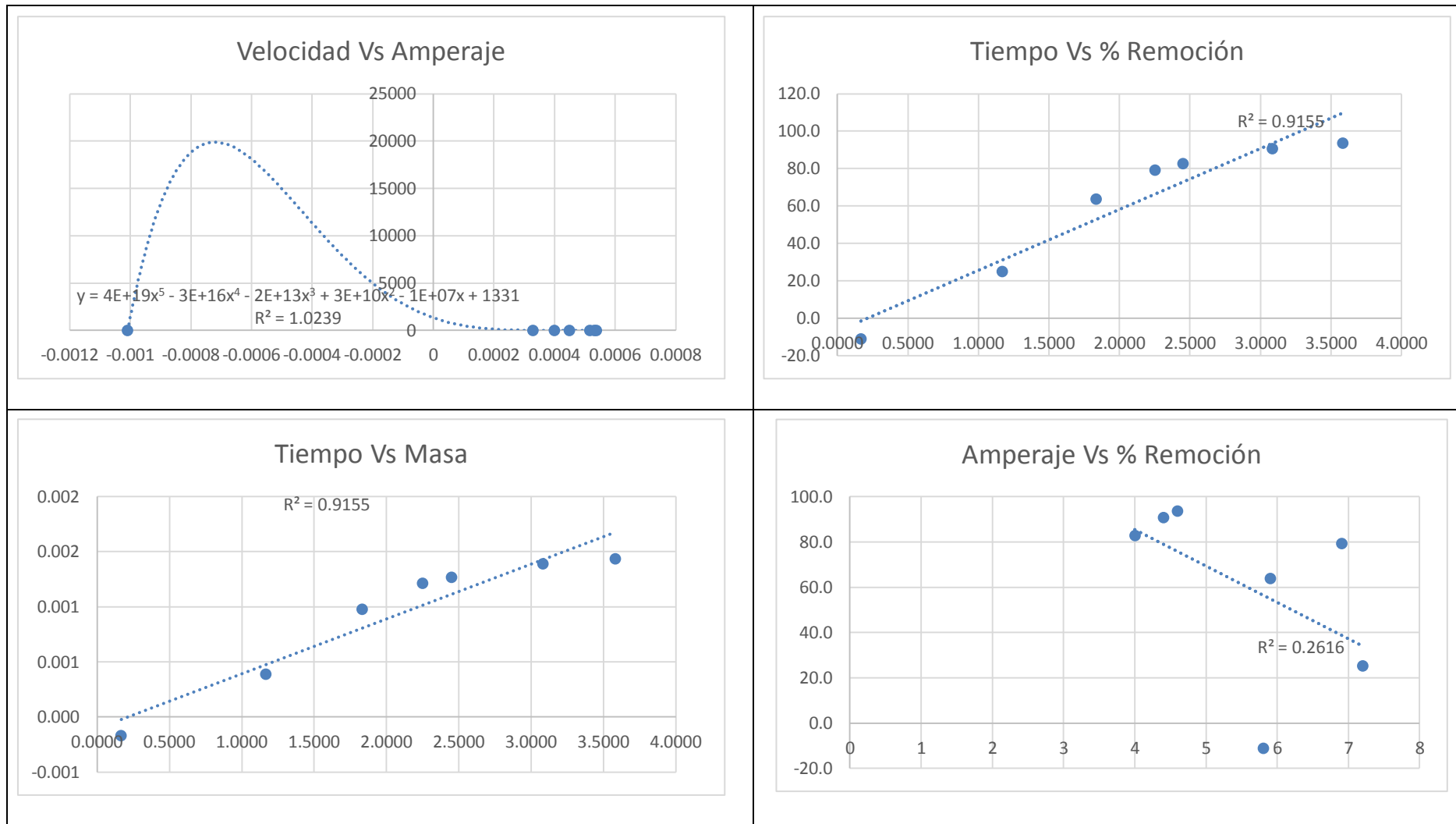
Fuente: Elaboración Propia

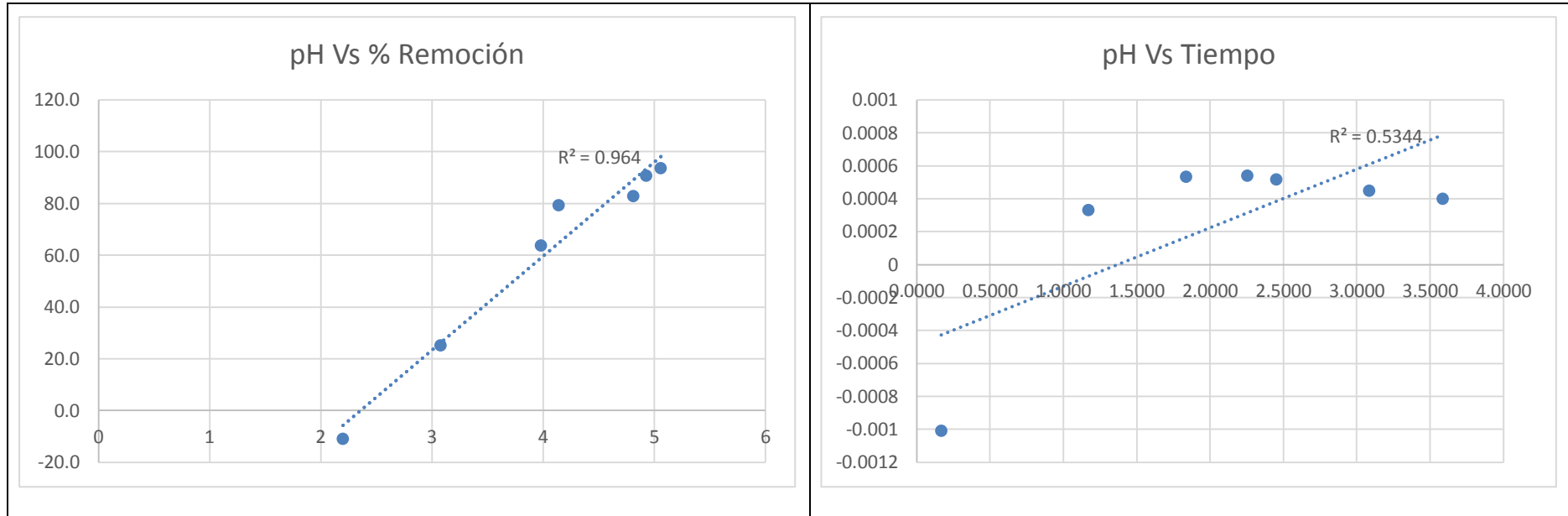
Tabla 33

Análisis de las Variables de Estudio del Ni

Tiempo (horas)	Amperios (A)	Dif masa (gramos)	Remoción (%)	Velocidad	pH
0.1667	5.8	0.000	-11.0	-0.00100836	2.2
1.1667	7.2	0.000	25.2	0.000330206	3.08
1.8333	5.9	0.001	63.8	0.000532271	3.98
2.2500	6.9	0.001	79.3	0.0005388	4.14
2.4500	4	0.001	82.8	0.000516449	4.81
3.0833	4.4	0.001	90.7	0.000449501	4.93
3.5833	4.6	0.001	93.7	0.000399667	5.06

Fuente: Elaboración Propia





Fuente: Elaboración Propia

Tabla 34

Condiciones del Pb

Fecha	Volumen		Pb ley cabeza
	V _O	V _f	
15/11/2018	0.94 L	0.44 L	0.0261 mg/L 0.02453 mg

Fuente: Elaboración Propia

Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Pb

pH	A	V	T°C	Tiempo [min]	Vol Muestra [mL]	Vol	Solución [ppm]	Volumen [mL]	Extracción [mg]	Diferencia de masa	% Remoción
2.2	5.8	43.7	41.2	10	70	0.00	0.000	870	0.0	0.025	100.0
3.08	7.2	42.38	58.4	70	70	0.01	0.077	800	0.1	-0.037	-151.1
3.98	5.9	42.93	59.9	110	70	0.00	0.026	730	0.0	0.006	22.6
4.14	6.9	42.87	63.3	135	70	0.01	0.130	660	0.1	-0.061	-249.7
4.81	4	43.46	42	147	70	0.00	0.000	590	0.0	0.025	100.0
4.93	4.4	43.38	52.3	185	70	0.00	0.000	520	0.0	0.025	100.0
5.06	4.6	44.3	56.4	215	70	0.00	0.000	450	0.0	0.025	100.0

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 36

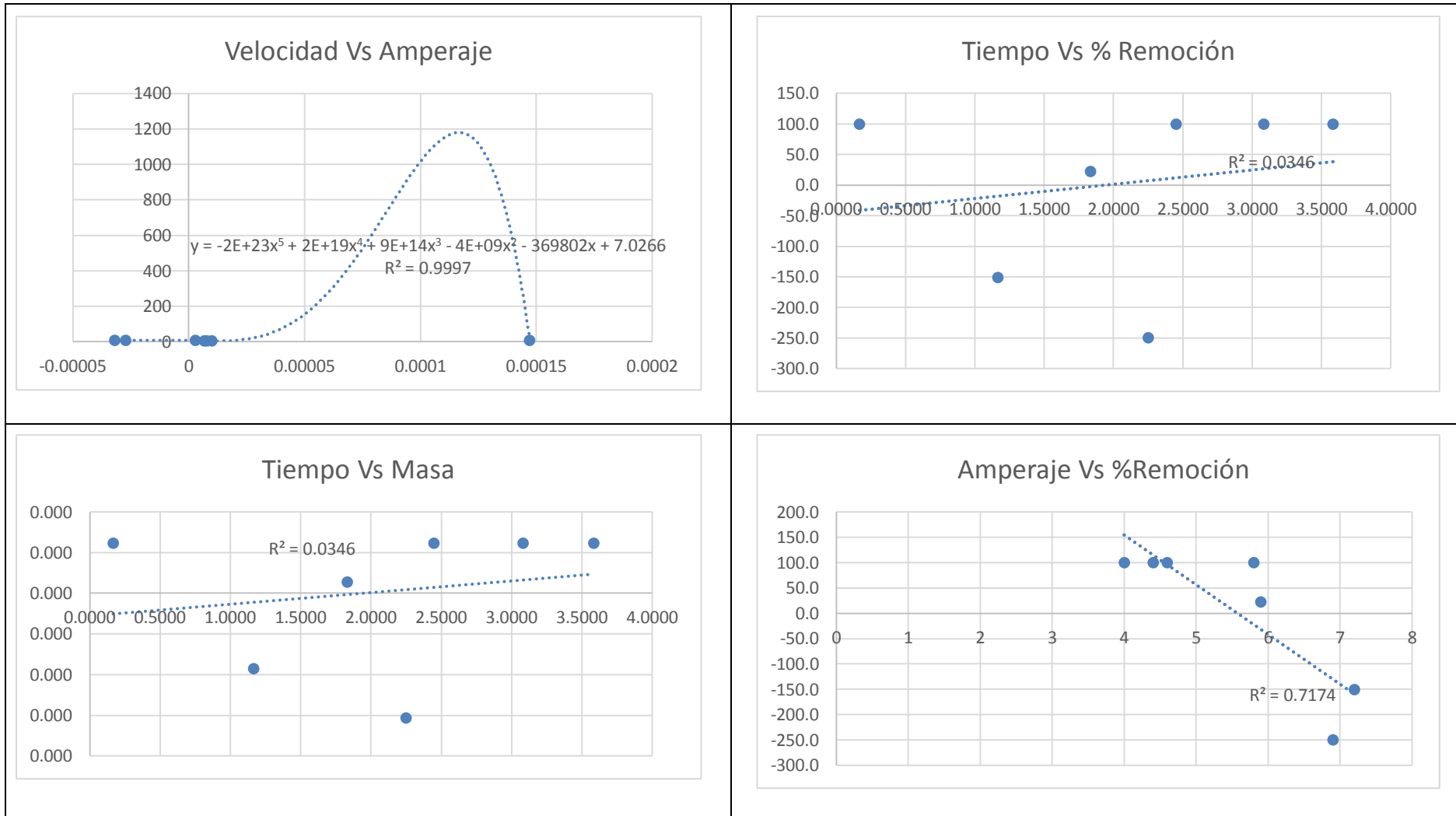
Análisis de las Variables de Estudio del Pb

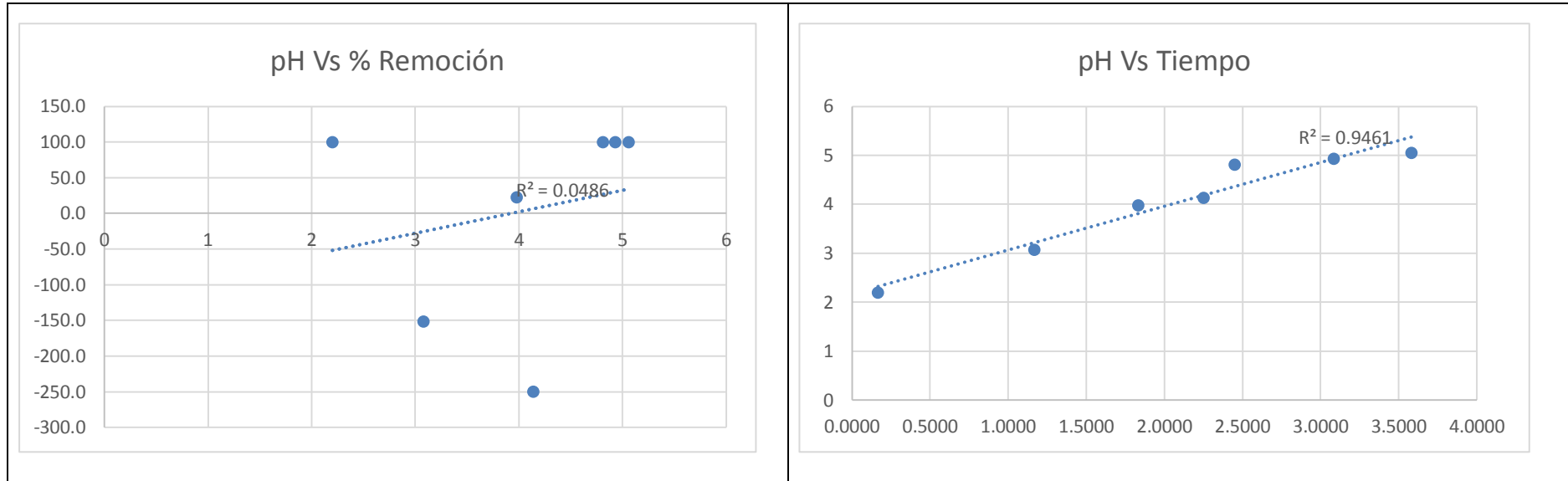
Tiempo (horas)	Amperios (A)	Dif. masa (gramos)	Remoción (%)	Velocidad	pH
0.1667	5.8	0.000	100.0	0.000147204	2.2
1.1667	7.2	0.000	-151.1	-3.17709E-05	3.08
1.8333	5.9	0.000	22.6	3.02945E-06	3.98
2.2500	6.9	0.000	-249.7	-2.72293E-05	4.14
2.4500	4	0.000	100.0	1.00139E-05	4.81
3.0833	4.4	0.000	100.0	7.95697E-06	4.93
3.5833	4.6	0.000	100.0	6.8467E-06	5.06

Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 11 Caracterización de las Variables en función al Pb.

“Influencia del Amperaje y Tiempo de Residencia sobre el Porcentaje de Remoción de Metales Pesados en el Tratamiento de Aguas Ácidas de Minera Yanacocha S.R.L. por Electrocoagulación, 2018”





Fuente: Elaboración Propia

Tabla 37

Condiciones del Zn

Fecha	Volumen		Zn ley cabeza
	V _O	V _f	
15/11/2018	0.94 L	0.44 L	26.43 mg/L 24.8442 mg

Fuente: Elaboración Propia

Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Zn

pH	A	V	T°C	Tiempo [min]	Vol Muestra [mL]	Vol	Solución [ppm]	Volumen [mL]	Extracción [mg]	Diferencia de masa	% Remoción
2.2	5.8	43.7	41.2	10	70	2.51	35.808	870	31.2	-6.309	-25.4
3.08	7.2	42.38	58.4	70	70	1.53	21.805	800	17.4	7.400	29.8
3.98	5.9	42.93	59.9	110	70	0.59	8.438	730	6.2	18.684	75.2
4.14	6.9	42.87	63.3	135	70	0.29	4.118	660	2.7	22.126	89.1
4.81	4	43.46	42	147	70	0.17	2.405	590	1.4	23.425	94.3
4.93	4.4	43.38	52.3	185	70	0.12	1.667	520	0.9	23.977	96.5
5.06	4.6	44.3	56.4	215	70	0.12	1.764	450	0.8	24.050	96.8

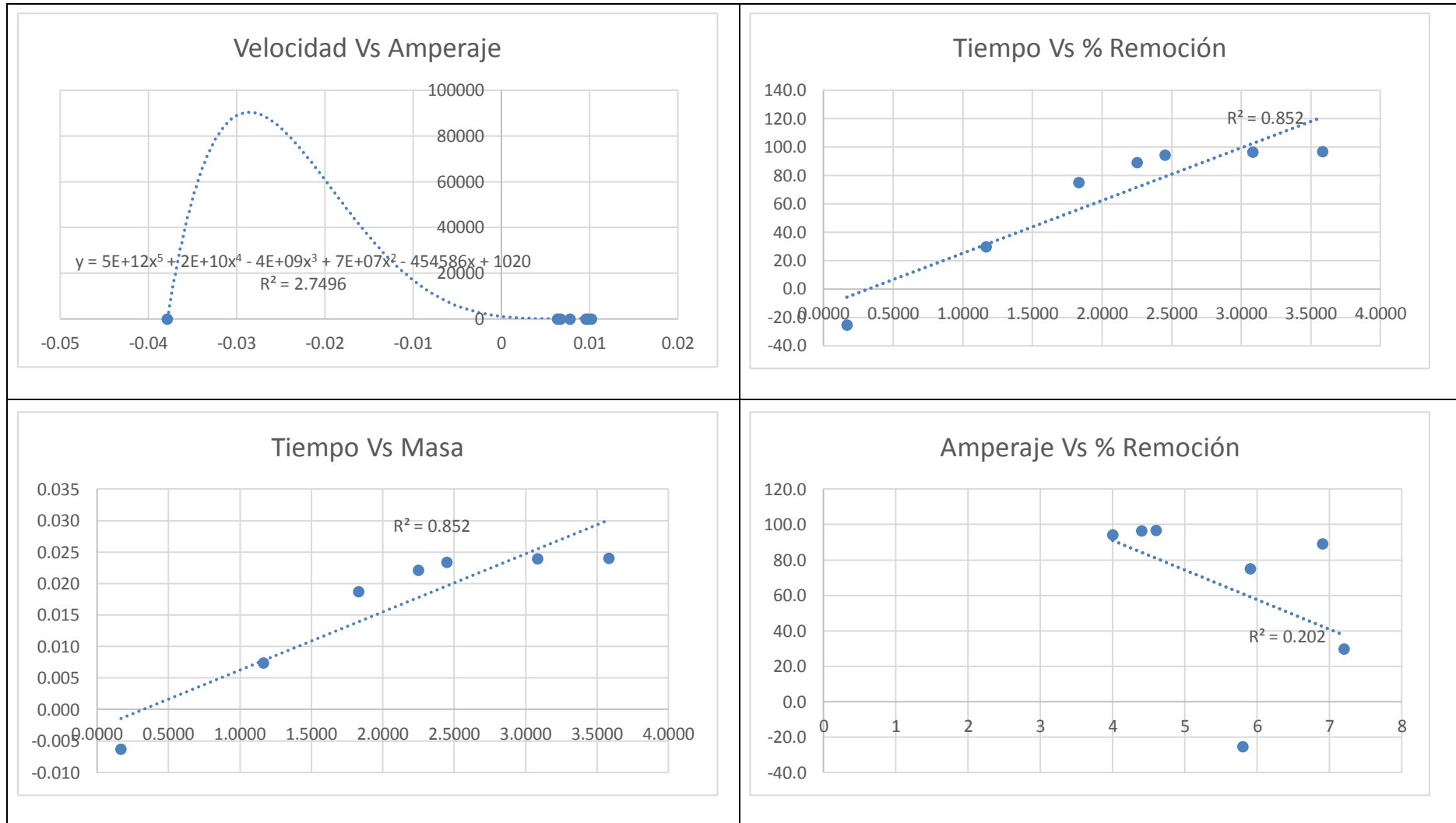
Fuente: Elaboración Propia

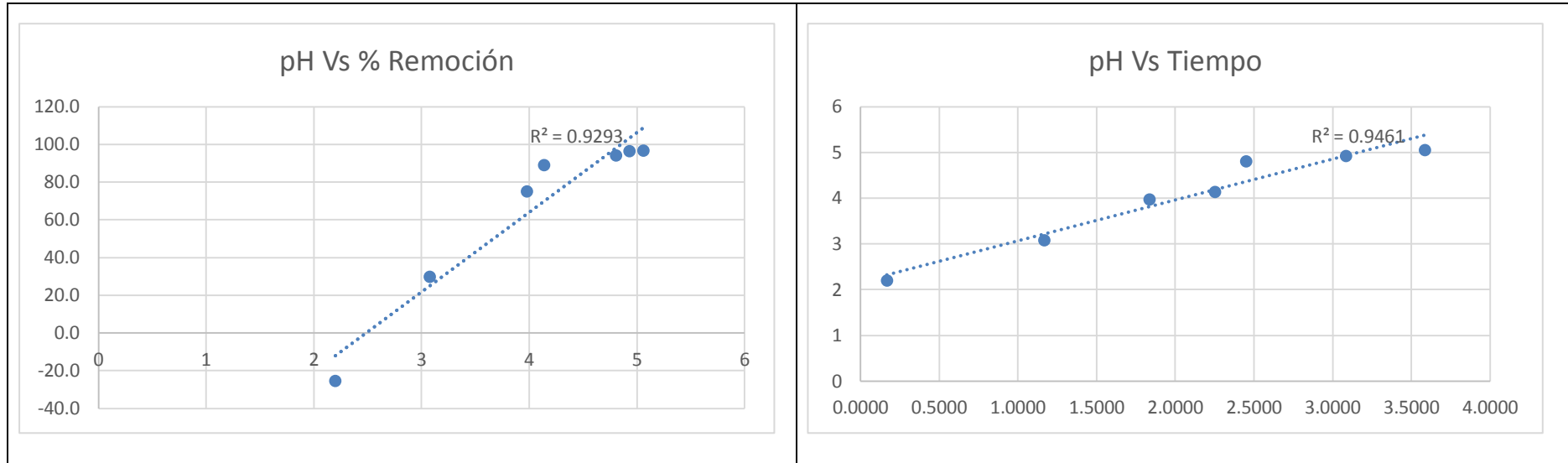
Tabla 39

Análisis de las Variables de Estudio del Zn

Tiempo (horas)	Amperios (A)	Dif. masa (gramos)	Remoción (%)	Velocidad	pH
0.1667	5.8	-0.006	-25.4	-0.03785256	2.2
1.1667	7.2	0.007	29.8	0.006343029	3.08
1.8333	5.9	0.019	75.2	0.010191524	3.98
2.2500	6.9	0.022	89.1	0.00983392	4.14
2.4500	4	0.023	94.3	0.009561327	4.81
3.0833	4.4	0.024	96.5	0.007776441	4.93
3.5833	4.6	0.024	96.8	0.00671174	5.06

Fuente: Elaboración Propia





Fuente: Elaboración Propia

- **Segunda Prueba Al-Fe-Al-Fe (Al-Fe)**

Tabla 40

Condiciones del Fe

Fecha	Volumen		W _(electrodo)		Fe ley cabeza
	V _O	V _f	W _o	W _f	
19/11/2018	1.18 L	0.45 L	237.2492 gr	205.8268 gr	5067 mg/L 5979.06 mg

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 41

“Influencia del Amperaje y Tiempo de Residencia sobre el Porcentaje de Remoción de Metales Pesados en el Tratamiento de Aguas Ácidas de Minera Yanacocha S.R.L. por Electrocoagulación, 2018”

Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Fe

pH	A	V	T°C	Tiempo [min]	Vol Muestra [mL]	Vol	Solución [ppm]	Volumen [mL]	Extracción [mg]	Diferencia de masa	% Remoción
2.44	6.4	43.1	48.4	3	70	305.24	4360.5	1110	4840.2	1138.881	19.0
2.46	6.8	42.56	57	16	70	309.98	4428.3	1040	4605.4	1373.637	23.0
3.13	8	42.27	59.2	39	70	336.48	4806.8	970	4662.6	1316.445	22.0
3.9	5.2	43.86	35.8	71	70	355.76	5082.3	900	4574.1	1405.004	23.5
4.27	6.2	43.33	53	111	70	363.88	5198.3	830	4314.6	1664.464	27.8
4.77	7	42.72	60.2	151	70	360.81	5154.4	760	3917.3	2061.721	34.5
5.12	6.2	43.17	62.5	201	70	368.60	5265.7	690	3633.3	2345.727	39.2
6.01	2.2	45.34	48.2	241	70	383.47	5478.1	620	3396.4	2582.618	43.2

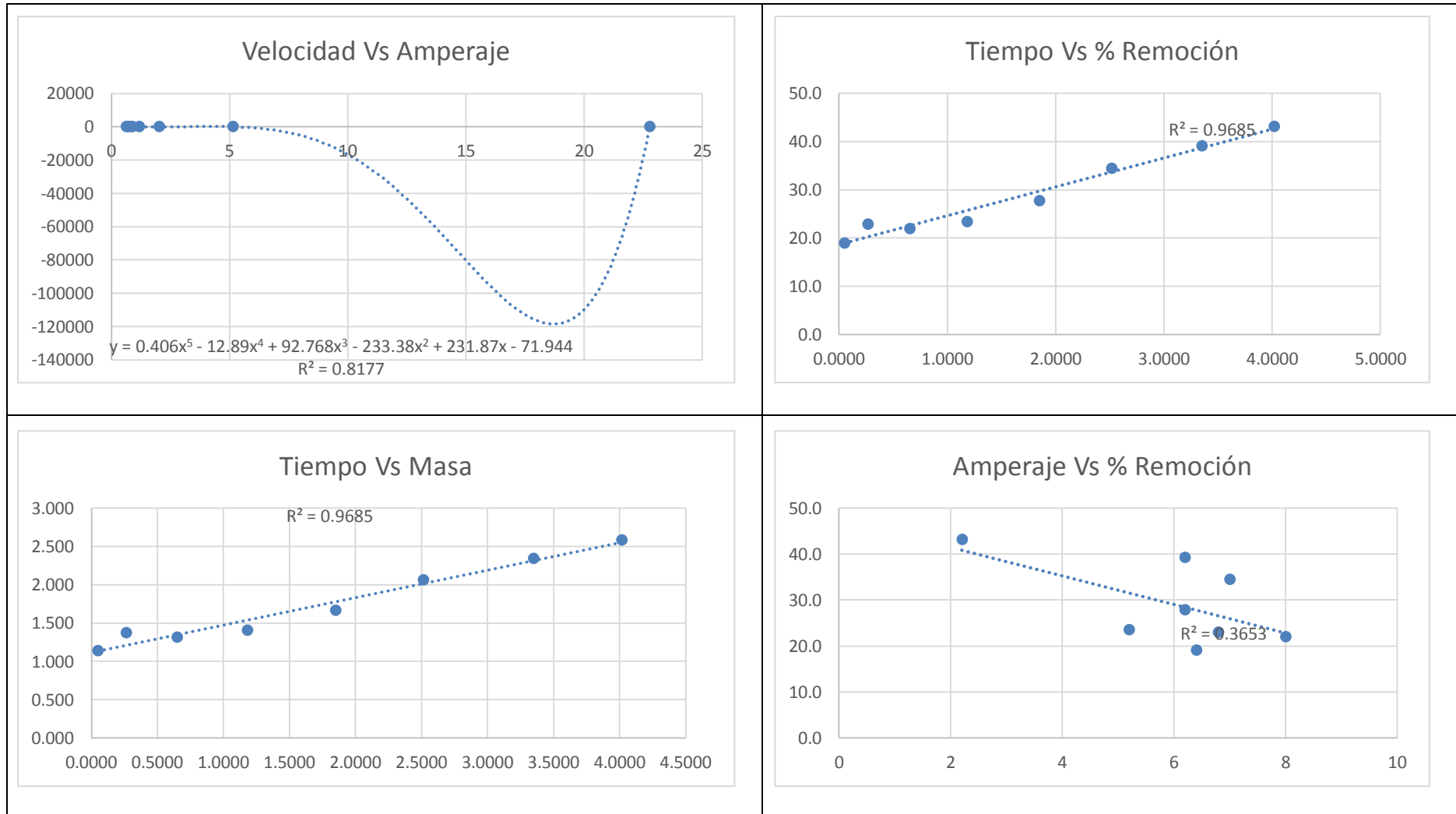
Fuente: Elaboración Propia

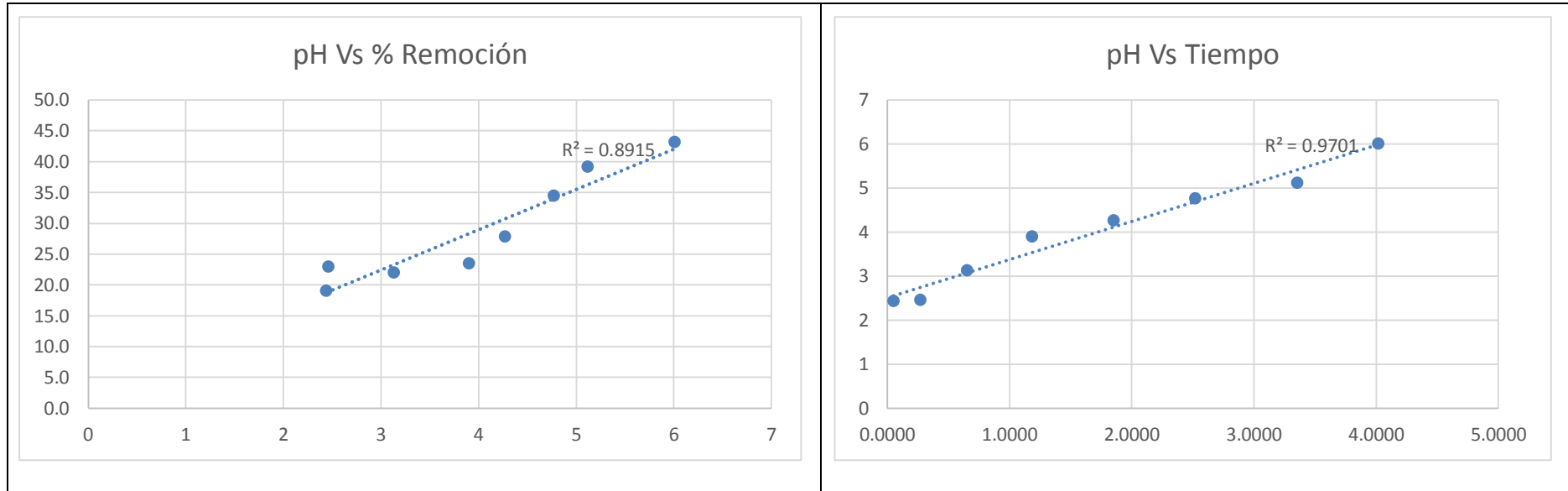
Tabla 42

Análisis de las Variables de Estudio del Fe

Tiempo (horas)	Amperios (A)	Dif. masa (gramos)	Remoción (%)	Velocidad	pH
0.0500	6.4	1.139	19.0	22.7776116	2.44
0.2667	6.8	1.374	23.0	5.1511401	2.46
0.6500	8	1.316	22.0	2.02529938	3.13
1.1833	5.2	1.405	23.5	1.1873269	3.9
1.8500	6.2	1.664	27.8	0.89971046	4.27
2.5167	7	2.062	34.5	0.81922701	4.77
3.3500	6.2	2.346	39.2	0.70021701	5.12
4.0167	2.2	2.583	43.2	0.64297532	6.01

Fuente: Elaboración Propia





Fuente: Elaboración Propia

Tabla 43

Condiciones del Al

Fecha	Volumen		W _(electrodo)		Al ley cabeza
	V _O	V _f	W _o	W _f	
19/11/2018	1.18 L	0.45 L	70.4877 gr	70.4121 gr	219.22 mg/L 258.6796 mg

Fuente: Elaboración Propia

Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Al

pH	A	V	T°C	Tiempo [min]	Vol Muestra [mL]	Vol	Solución [ppm]	Volumen [mL]	Extracción [mg]	Diferencia de masa	% Remoción
2.44	6.4	43.1	48.4	3	70	15.74	224.868	1110	249.6	9.076	3.5
2.46	6.8	42.56	57	16	70	11.24	160.525	1040	166.9	91.734	35.5
3.1	8	42.27	59.2	39	70	8.27	118.196	970	114.7	144.029	55.7
3.9	5.2	43.86	35.8	71	70	3.27	46.669	900	42.0	216.678	83.8
4.27	6.2	43.33	53	111	70	0.37	5.267	830	4.4	254.308	98.3
4.77	7	42.72	60.2	151	70	0.12	1.682	760	1.3	257.401	99.5
5.12	6.2	43.17	62.5	201	70	0.15	2.144	690	1.5	257.200	99.4
6.01	2.2	45.34	48.2	241	70	0.10	1.408	620	0.9	257.807	99.7

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 45

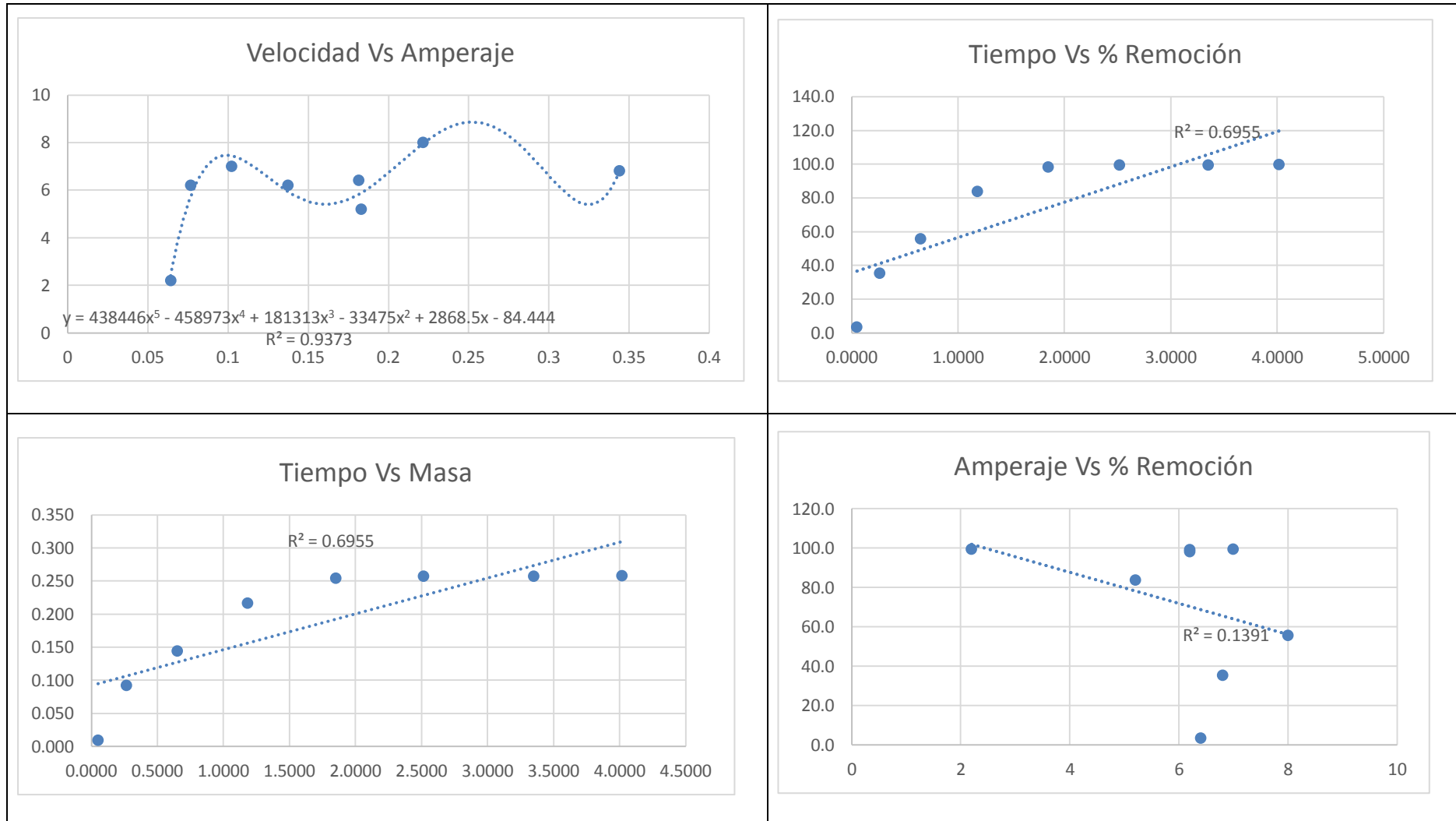
Análisis de las Variables de Estudio del Al

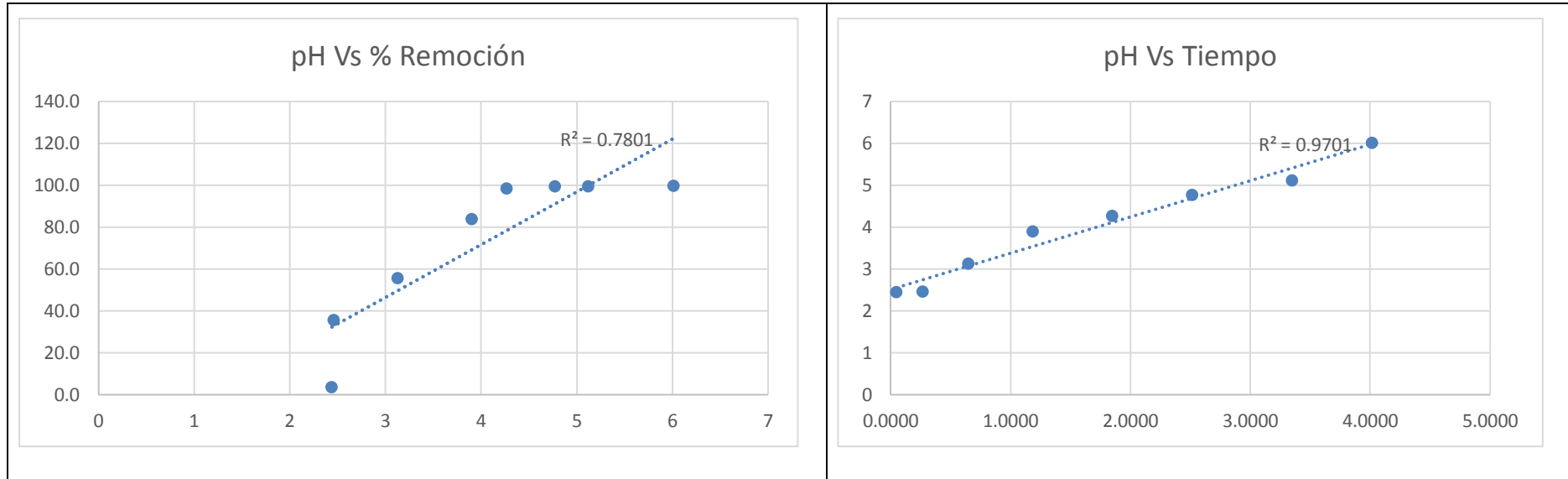
Tiempo (horas)	Amperios (A)	Dif. masa (gramos)	Remoción (%)	Velocidad	pH
0.0500	6.4	0.009	3.5	0.1815224	2.44
0.2667	6.8	0.092	35.5	0.344001	2.46
0.6500	8	0.144	55.7	0.22158382	3.13
1.1833	5.2	0.217	83.8	0.18310775	3.9
1.8500	6.2	0.254	98.3	0.13746378	4.27
2.5167	7	0.257	99.5	0.10227865	4.77
3.3500	6.2	0.257	99.4	0.07677619	5.12
4.0167	2.2	0.258	99.7	0.06418423	6.01

Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 14 Caracterización de las Variables en función del Al.

“Influencia del Amperaje y Tiempo de Residencia sobre el Porcentaje de Remoción de Metales Pesados en el Tratamiento de Aguas Ácidas de Minera Yanacocha S.R.L. por Electrocoagulación, 2018”





Fuente: Elaboración Propia

Tabla 46

Condiciones del As

Fecha	Volumen		AS ley cabeza
	V _O	V _f	
19/11/2018	1.18 L	0.45 L	177.9 mg/L 209.922 mg

Fuente: Elaboración Propia

Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el As

pH	A	V	T°C	Tiempo [min]	Vol Muestra [mL]	Vol	Solución [ppm]	Volumen [mL]	Extracción [mg]	Diferencia de masa	% Remoción
2.44	6.4	43.1	48.4	3	70	6.69	95.515	1110	106.0	103.900	49.5
2.46	6.8	42.56	57	16	70	0.59	8.365	1040	8.7	201.222	95.9
3.13	8	42.27	59.2	39	70	0.14	1.953	970	1.9	208.028	99.1
3.9	5.2	43.86	35.8	71	70	0.00	0.000	900	0.0	209.922	100.0
4.27	6.2	43.33	53	111	70	0.00	0.000	830	0.0	209.922	100.0
4.77	7	42.72	60.2	151	70	0.00	0.000	760	0.0	209.922	100.0
5.12	6.2	43.17	62.5	201	70	0.00	0.000	690	0.0	209.922	100.0
6.01	2.2	45.34	48.2	241	70	0.00	0.000	620	0.0	209.922	100.0

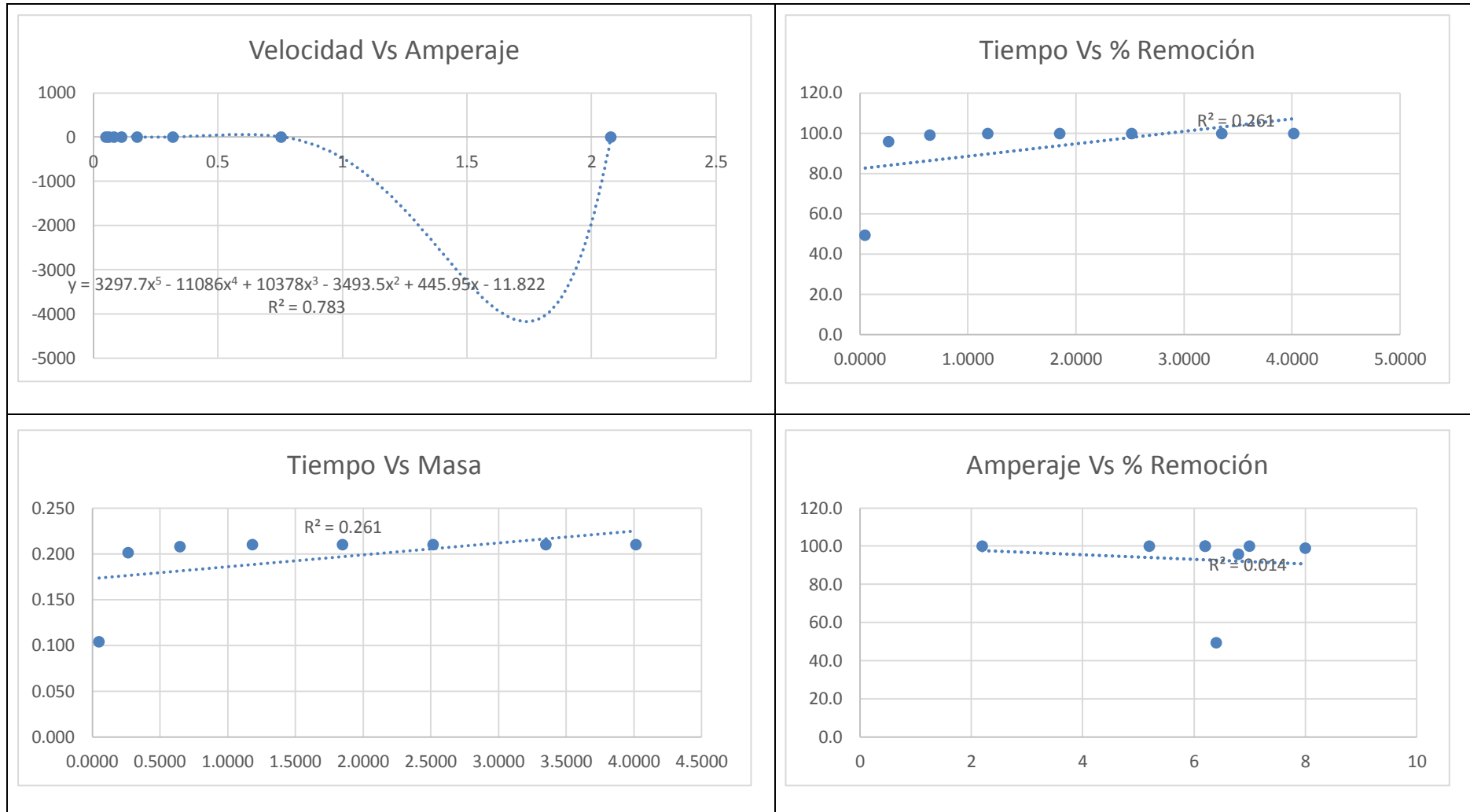
Fuente: Elaboración Propia

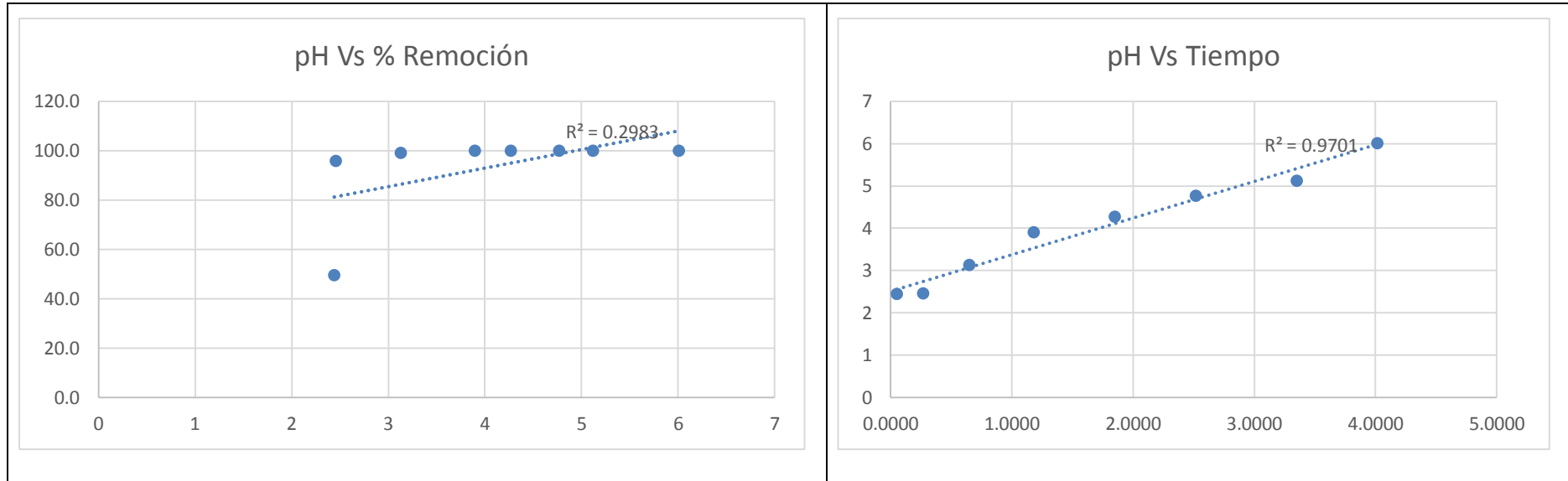
Tabla 48

Análisis de las Variables de Estudio del As

Tiempo (horas)	Amperios (A)	Dif. masa (gramos)	Remoción (%)	Velocidad	pH
0.0500	6.4	0.104	49.5	2.078007	2.44
0.2667	6.8	0.201	95.9	0.754584	2.46
0.6500	8	0.208	99.1	0.320042446	3.13
1.1833	5.2	0.210	100.0	0.177398873	3.9
1.8500	6.2	0.210	100.0	0.113471351	4.27
2.5167	7	0.210	100.0	0.083412715	4.77
3.3500	6.2	0.210	100.0	0.062663284	5.12
4.0167	2.2	0.210	100.0	0.052262739	6.01

Fuente: Elaboración Propia





Fuente: Elaboración Propia

Tabla 49

Condiciones del Ca

Fecha	Volumen		Ca ley cabeza
	V _O	V _f	
19/11/2018	1.18 L	0.45 L	330.1 mg/L 389.518 mg

Fuente: Elaboración Propia

Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Ca

pH	A	V	T°C	Tiempo [min]	Vol Muestra [mL]	Vol	Solución [ppm]	Volumen [mL]	Extracción [mg]	Diferencia de masa	% Remoción
2.44	6.4	43.1	48.4	3	70	25.78	368.354	1110	408.9	-19.355	-5.0
2.46	6.8	42.56	57	16	70	25.01	357.245	1040	371.5	17.983	4.6
3.1	8	42.27	59.2	39	70	24.55	350.681	970	340.2	49.357	12.7
3.9	5.2	43.86	35.8	71	70	24.90	355.759	900	320.2	69.335	17.8
4.27	6.2	43.33	53	111	70	26.03	371.891	830	308.7	80.848	20.8
4.77	7	42.72	60.2	151	70	25.41	363.066	760	275.9	113.588	29.2
5.12	6.2	43.17	62.5	201	70	27.15	387.885	690	267.6	121.877	31.3
6.01	2.2	45.34	48.2	241	70	27.83	397.594	620	246.5	143.010	36.7

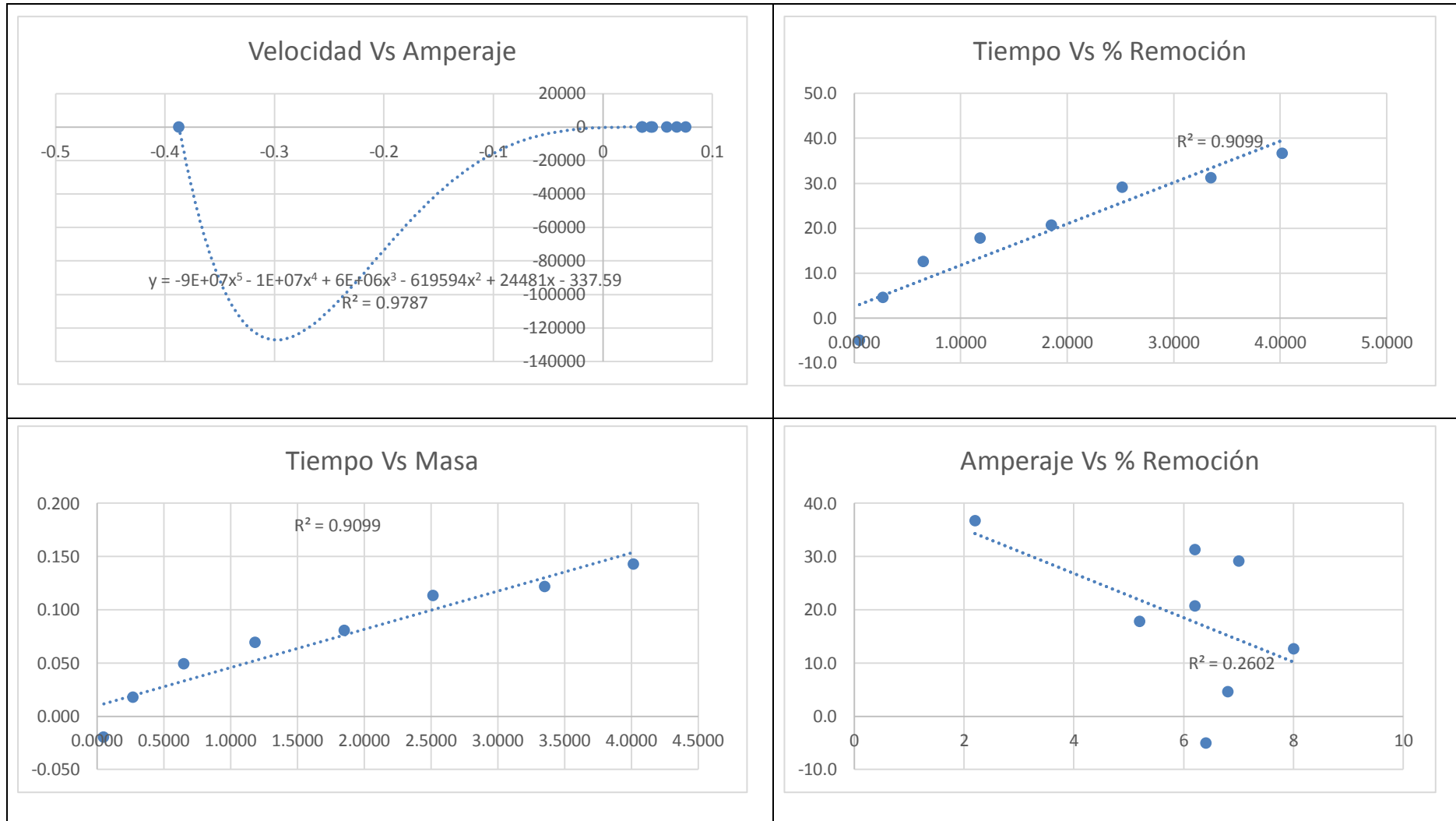
Fuente: Elaboración Propia

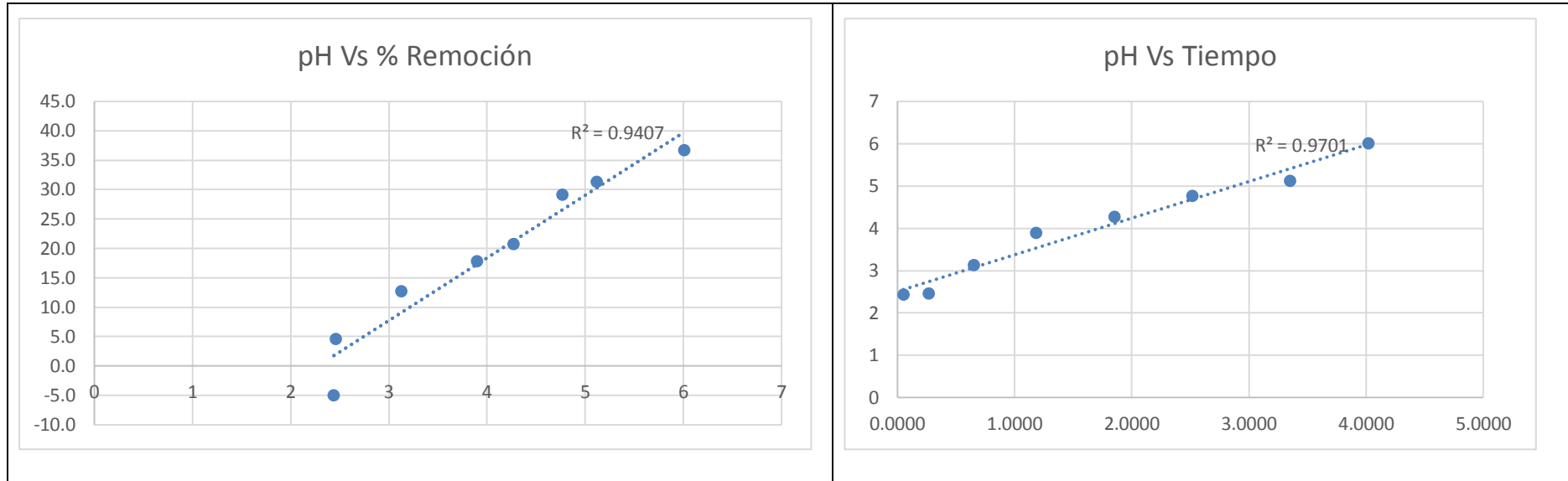
Tabla 51

Análisis de las Variables de Estudio del Ca

Tiempo (horas)	Amperios (A)	Dif. masa (gramos)	Remoción (%)	Velocidad	pH
0.0500	6.4	-0.019	-5.0	-0.3870988	2.44
0.2667	6.8	0.018	4.6	0.067437	2.46
0.6500	8	0.049	12.7	0.075934508	3.13
1.1833	5.2	0.069	17.8	0.058592873	3.9
1.8500	6.2	0.081	20.8	0.043701876	4.27
2.5167	7	0.114	29.2	0.045134241	4.77
3.3500	6.2	0.122	31.3	0.036381299	5.12
4.0167	2.2	0.143	36.7	0.03560408	6.01

Fuente: Elaboración Propia





Fuente: Elaboración Propia

Tabla 52

Condiciones del Cd

Fecha	Volumen		Cd ley cabeza
	V _O	V _f	
19/11/2018	1.18 L	0.45 L	0.2207 mg/L 0.2643 mg

Fuente: Elaboración Propia

Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Cd

pH	A	V	T°C	Tiempo [min]	Vol Muestra [mL]	Vol	Solución [ppm]	Volumen [mL]	Extracción [mg]	Diferencia de masa	% Remoción
2.44	6.4	43.1	48.4	3	70	0.01	0.206	1110	0.2	0.032	12.2
2.46	6.8	42.56	57	16	70	0.00	0.065	1040	0.1	0.193	74.0
3.1	8	42.27	59.2	39	70	0.00	0.039	970	0.0	0.223	85.5
3.9	5.2	43.86	35.8	71	70	0.00	0.000	900	0.0	0.260	100.0
4.27	6.2	43.33	53	111	70	0.00	0.000	830	0.0	0.260	100.0
4.77	7	42.72	60.2	151	70	0.00	0.000	760	0.0	0.260	100.0
5.12	6.2	43.17	62.5	201	70	0.00	0.000	690	0.0	0.260	100.0
6.01	2.2	45.34	48.2	241	70	0.00	0.000	620	0.0	0.260	100.0

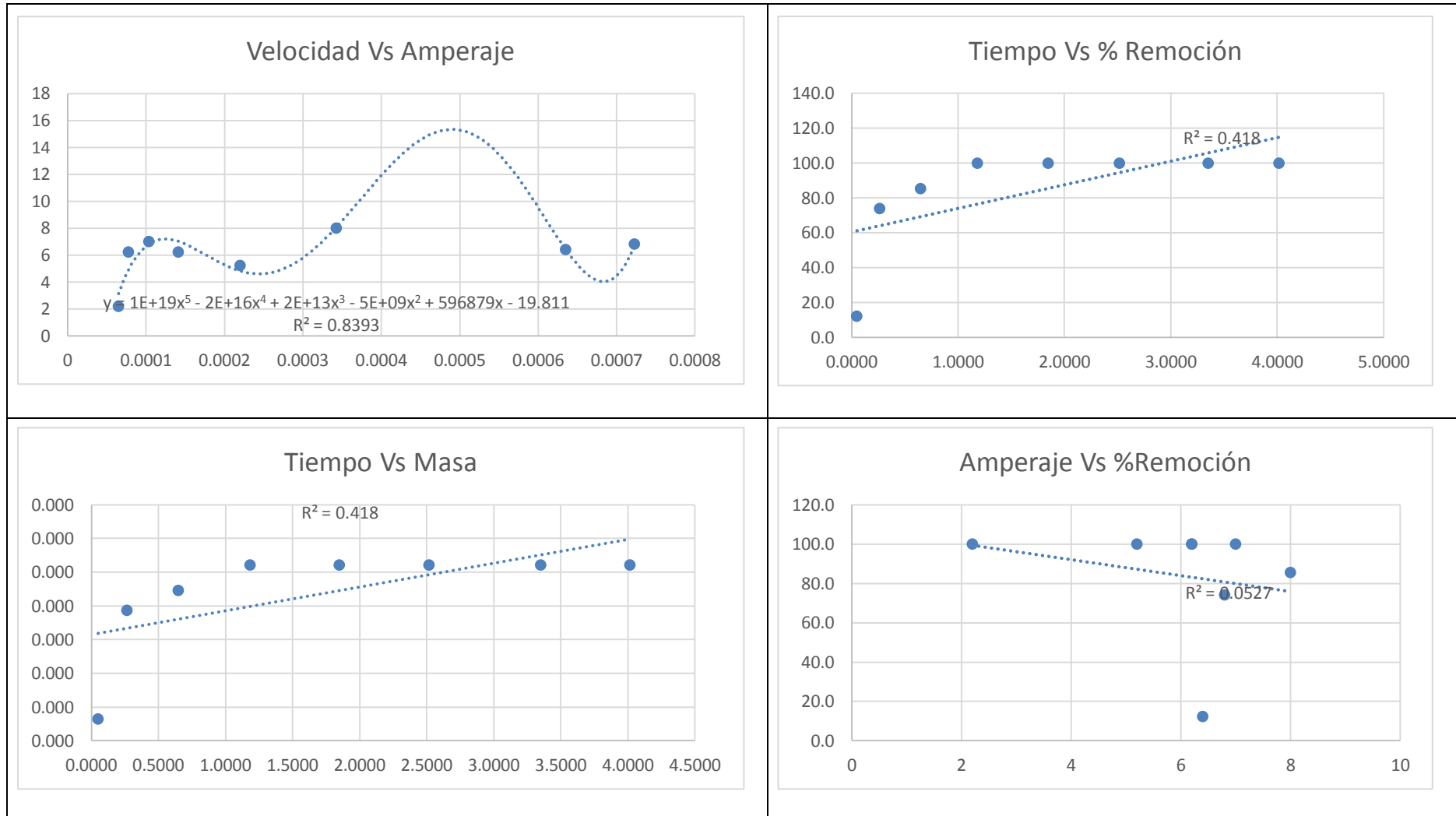
Fuente: Elaboración Propia

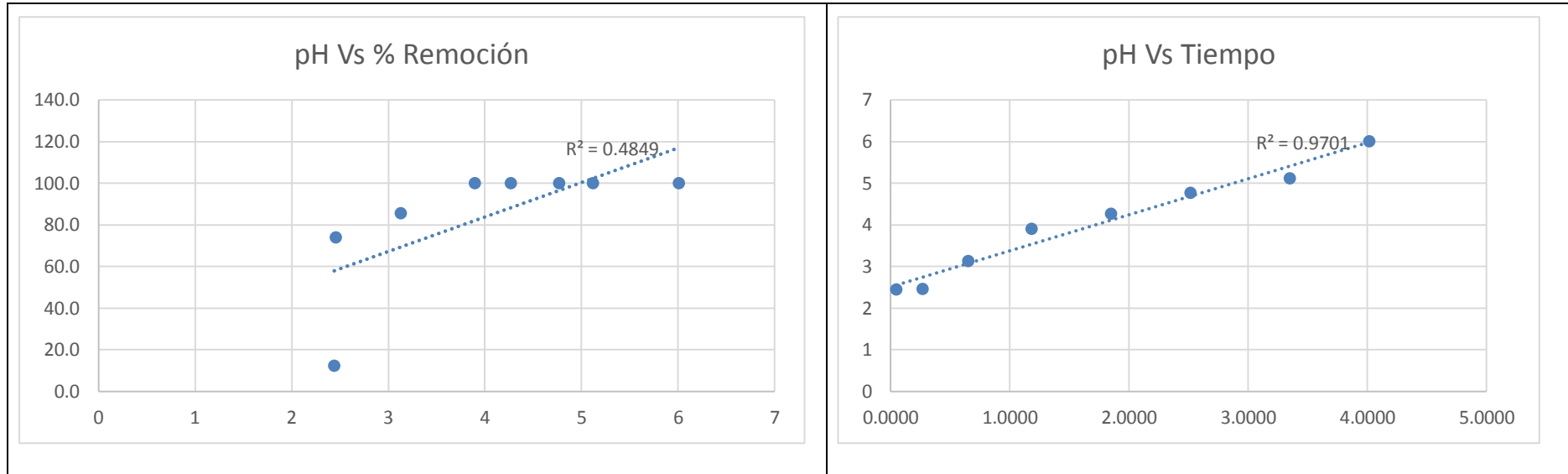
Tabla 54

Análisis de las Variables de Estudio del Cd

Tiempo (horas)	Amperios (A)	Dif. masa (gramos)	Remoción (%)	Velocidad	pH
0.0500	6.4	0.000	12.2	0.00063532	2.44
0.2667	6.8	0.000	74.0	0.000723098	2.46
0.6500	8	0.000	85.5	0.000342455	3.13
1.1833	5.2	0.000	100.0	0.000220078	3.9
1.8500	6.2	0.000	100.0	0.000140771	4.27
2.5167	7	0.000	100.0	0.000103481	4.77
3.3500	6.2	0.000	100.0	7.77391E-05	5.12
4.0167	2.2	0.000	100.0	6.48363E-05	6.01

Fuente: Elaboración Propia





Fuente: Elaboración Propia

Tabla 55

Condiciones del Co

Fecha	Volumen		Co ley cabeza
	V _o	V _f	
19/11/2018	1.18 L	0.45 L	4.485 mg/L 5.2923 mg

Fuente: Elaboración Propia

Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Co

pH	A	V	T°C	Tiempo [min]	Vol Muestra [mL]	Vol	Solución [ppm]	Volumen [mL]	Extracción [mg]	Diferencia de masa	% Remoción
2.44	6.4	43.1	48.4	3	70	0.31	4.404	1110	4.9	0.404	7.6
2.46	6.8	42.56	57	16	70	0.21	3.024	1040	3.1	2.147	40.6
3.1	8	42.27	59.2	39	70	0.16	2.328	970	2.3	3.034	57.3
3.9	5.2	43.86	35.8	71	70	0.09	1.279	900	1.2	4.141	78.2
4.27	6.2	43.33	53	111	70	0.05	0.644	830	0.5	4.758	89.9
4.77	7	42.72	60.2	151	70	0.03	0.385	760	0.3	5.000	94.5
5.12	6.2	43.17	62.5	201	70	0.01	0.146	690	0.1	5.192	98.1
6.01	2.2	45.34	48.2	241	70	0.01	0.169	620	0.1	5.188	98.0

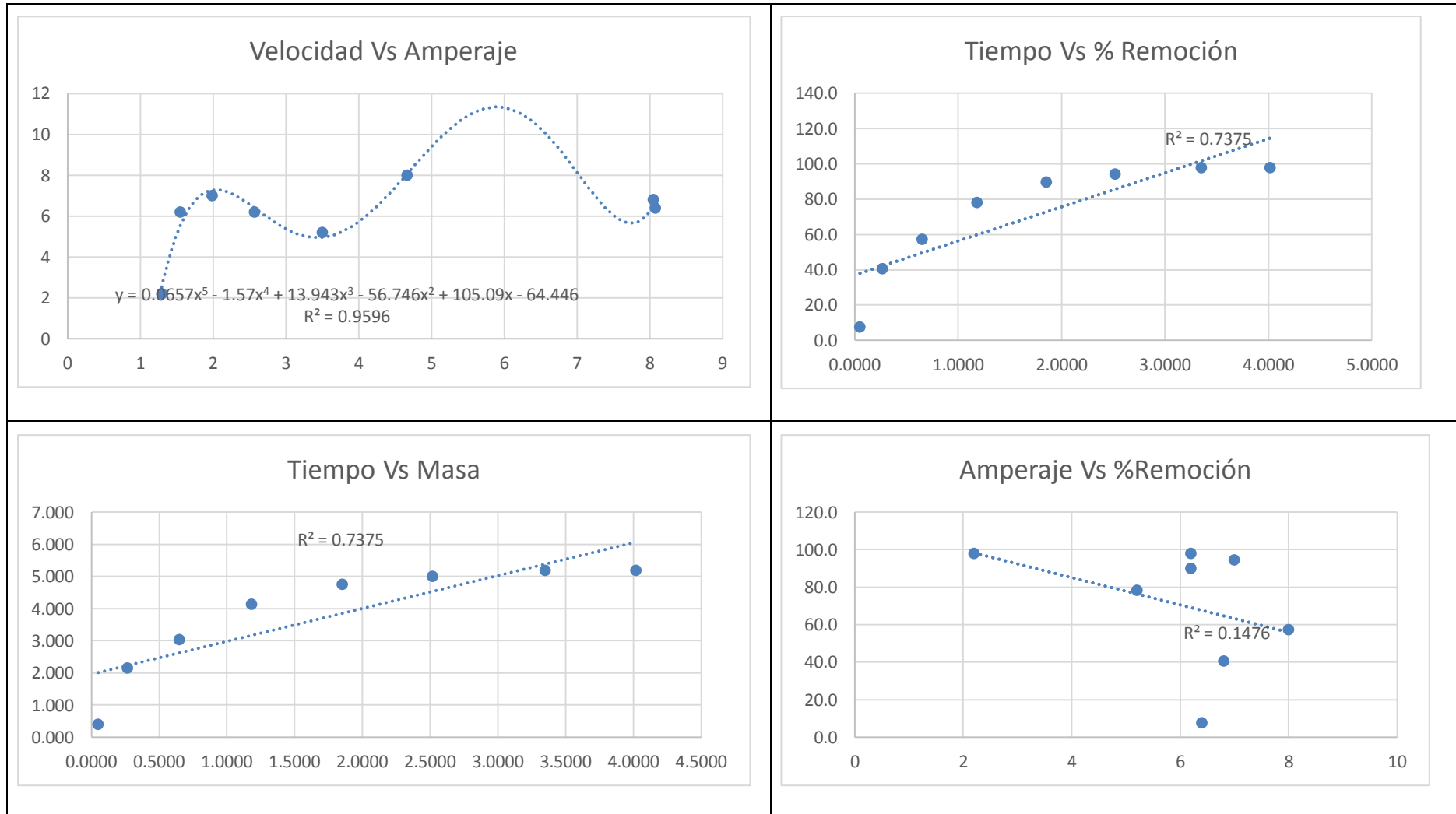
Fuente: Elaboración Propia

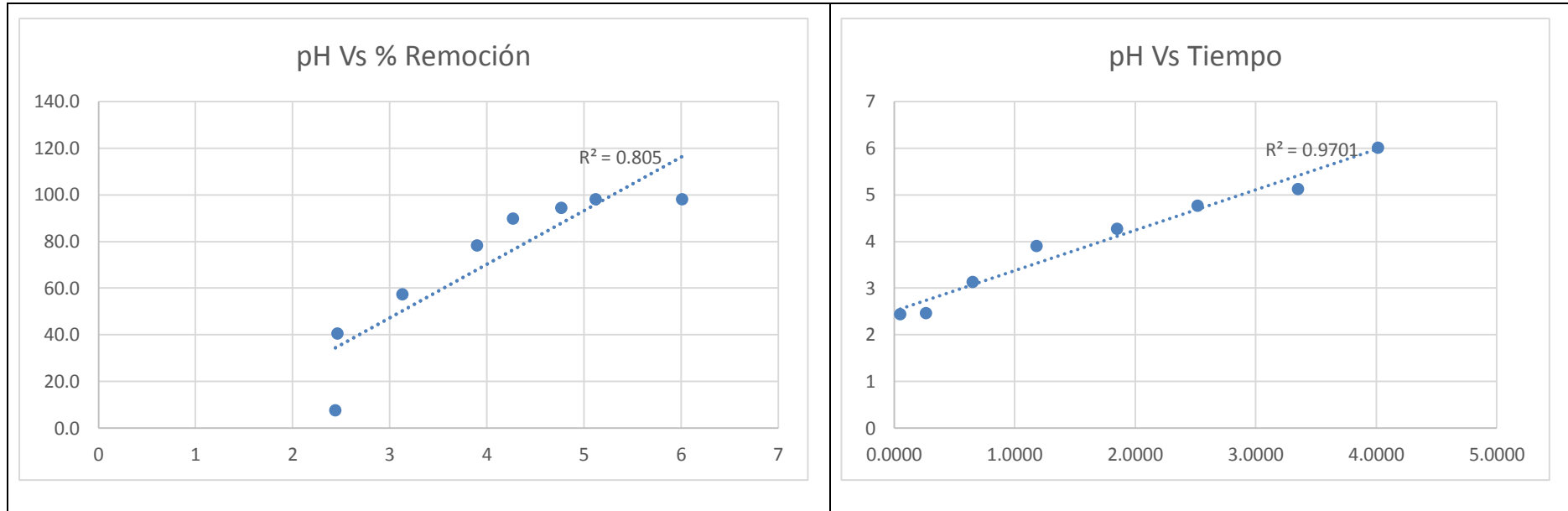
Tabla 57

Análisis de las Variables de Estudio del Co

Tiempo (horas)	Amperios (A)	Dif. masa (gramos)	Remoción (%)	Velocidad	pH
0.0500	6.4	0.404	7.6	8.0772	2.44
0.2667	6.8	2.147	40.6	8.052525	2.46
0.6500	8	3.034	57.3	4.667907692	3.13
1.1833	5.2	4.141	78.2	3.499605634	3.9
1.8500	6.2	4.758	89.9	2.571772973	4.27
2.5167	7	5.000	94.5	1.986635762	4.77
3.3500	6.2	5.192	98.1	1.549719403	5.12
4.0167	2.2	5.188	98.0	1.291498755	6.01

Fuente: Elaboración Propia





Fuente: Elaboración Propia

Tabla 58

Condiciones del Cr

Fecha	Volumen		Cr ley cabeza
	V _O	V _f	
19/11/2018	1.18 L	0.45 L	0.4045 mg/L 0.47731 mg

Fuente: Elaboración Propia

Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Cr

pH	A	V	T°C	Tiempo [min]	Vol Muestra [mL]	Vol	Solución [ppm]	Volumen [mL]	Extracción [mg]	Diferencia de masa	% Remoción
2.44	6.4	43.1	48.4	3	70	0.03	0.491	1110	0.5	-0.068	-14.2
2.46	6.8	42.56	57	16	70	0.03	0.384	1040	0.4	0.078	16.3
3.1	8	42.27	59.2	39	70	0.03	0.478	970	0.5	0.014	2.9
3.9	5.2	43.86	35.8	71	70	0.02	0.311	900	0.3	0.197	41.4
4.27	6.2	43.33	53	111	70	0.00	0.045	830	0.0	0.440	92.2
4.77	7	42.72	60.2	151	70	0.00	0.000	760	0.0	0.477	100.0
5.12	6.2	43.17	62.5	201	70	0.00	0.000	690	0.0	0.477	100.0
6.01	2.2	45.34	48.2	241	70	0.00	0.000	620	0.0	0.477	100.0

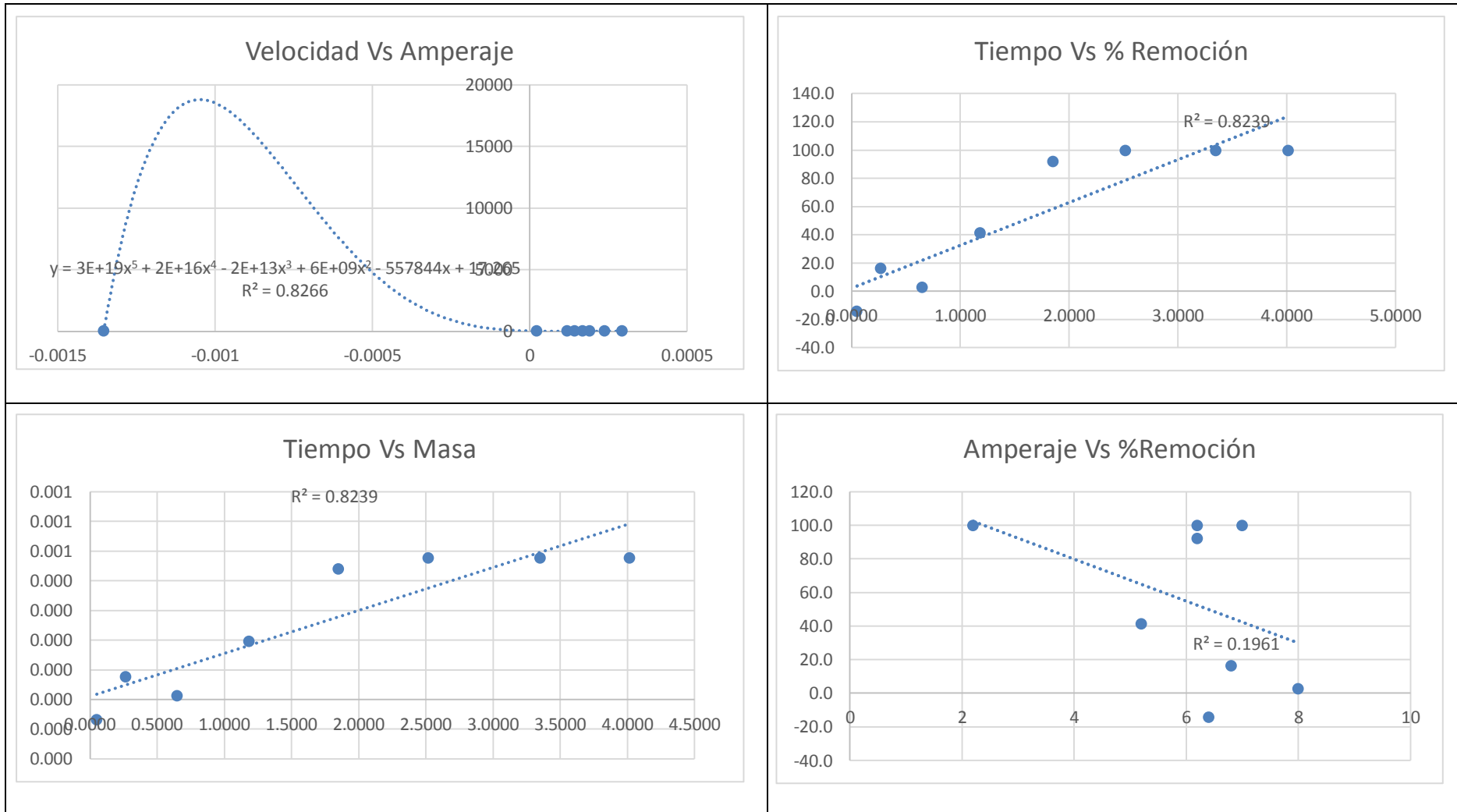
Fuente: Elaboración Propia

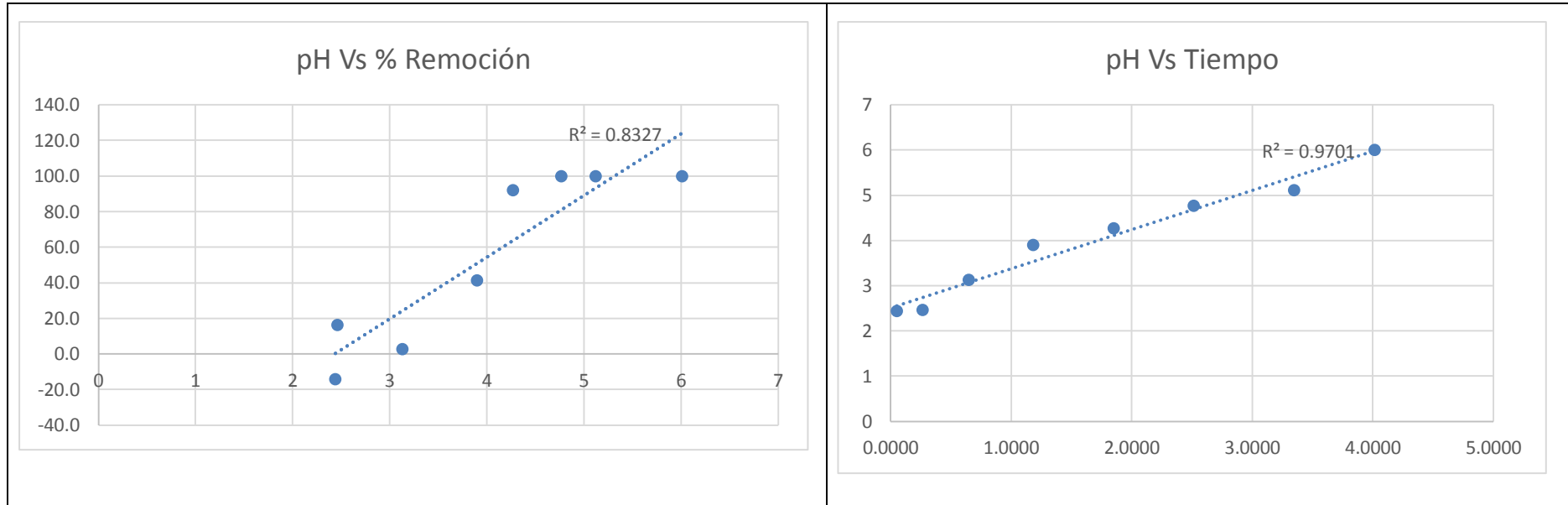
Tabla 60

Análisis de las Variables de Estudio del Cr

Tiempo (horas)	Amperios (A)	Dif. masa (gramos)	Remoción (%)	Velocidad	pH
0.0500	6.4	0.000	-14.2	-0.001354	2.44
0.2667	6.8	0.000	16.3	0.000292313	2.46
0.6500	8	0.000	2.9	2.1E-05	3.13
1.1833	5.2	0.000	41.4	0.000166825	3.9
1.8500	6.2	0.000	92.2	0.000237816	4.27
2.5167	7	0.000	100.0	0.00018966	4.77
3.3500	6.2	0.000	100.0	0.000142481	5.12
4.0167	2.2	0.000	100.0	0.000118832	6.01

Fuente: Elaboración Propia





Fuente: Elaboración Propia

Tabla 61

Condiciones del Cu

Fecha	Volumen		Cu ley cabeza
	V _O	V _f	
19/11/2018	1.18 L	0.45 L	348.61 mg/L 411.36 mg

Fuente: Elaboración Propia

Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Cu

pH	A	V	T°C	Tiempo [min]	Vol Muestra [mL]	Vol	Solución [ppm]	Volumen [mL]	Extracción [mg]	Diferencia de masa	% Remoción
2.44	6.4	43.1	48.4	3	70	20.30	289.985	1110	321.9	89.476	21.8
2.46	6.8	42.56	57	16	70	8.95	127.842	1040	133.0	278.404	67.7
3.1	8	42.27	59.2	39	70	5.61	80.178	970	77.8	333.587	81.1
3.9	5.2	43.86	35.8	71	70	1.27	18.147	900	16.3	395.028	96.0
4.27	6.2	43.33	53	111	70	0.12	1.748	830	1.5	409.909	99.6
4.77	7	42.72	60.2	151	70	0.01	0.083	760	0.1	411.297	100.0
5.12	6.2	43.17	62.5	201	70	0.00	0.069	690	0.0	411.312	100.0
6.01	2.2	45.34	48.2	241	70	0.00	0.048	620	0.0	411.330	100.0

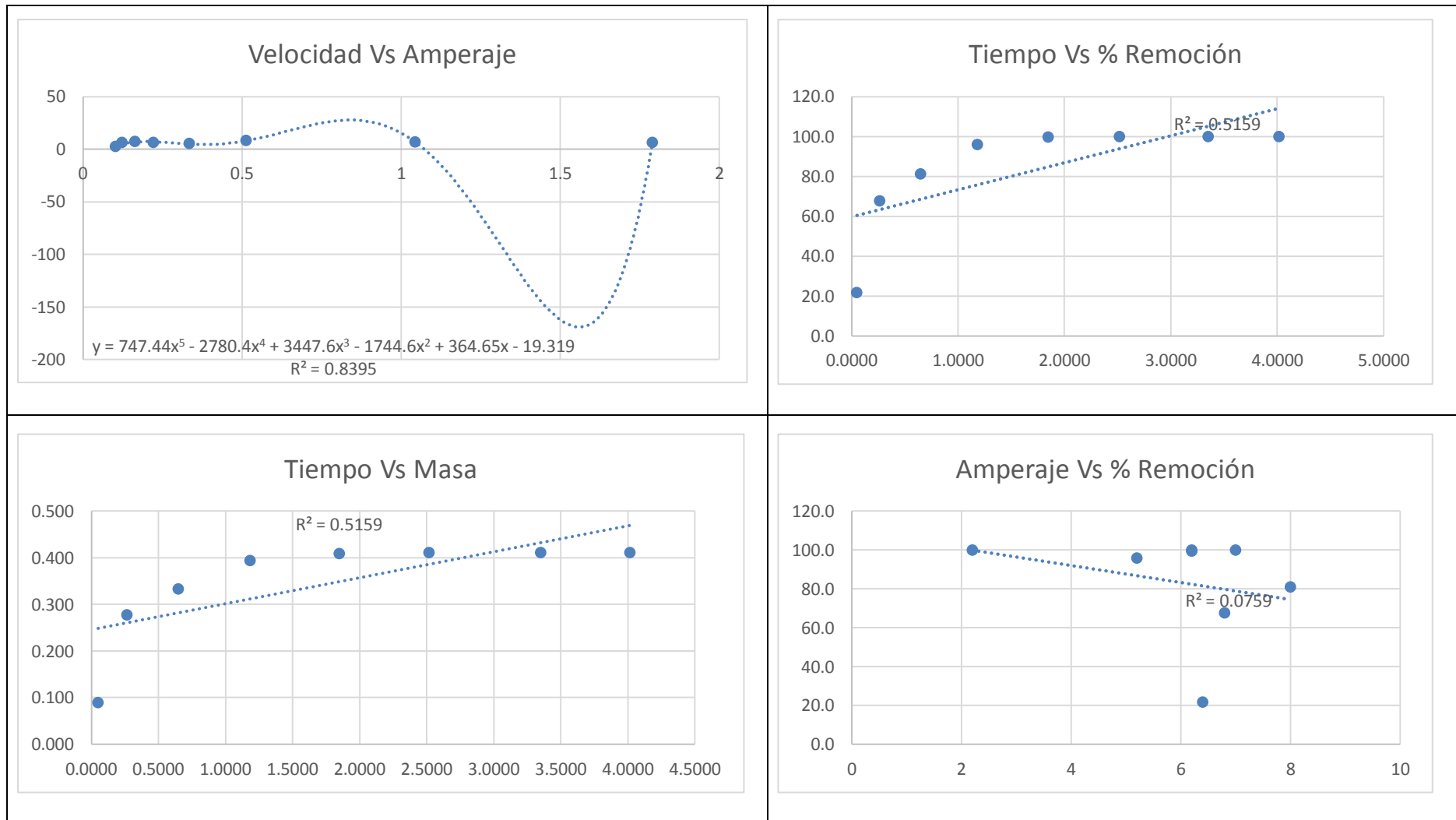
Fuente: Elaboración Propia

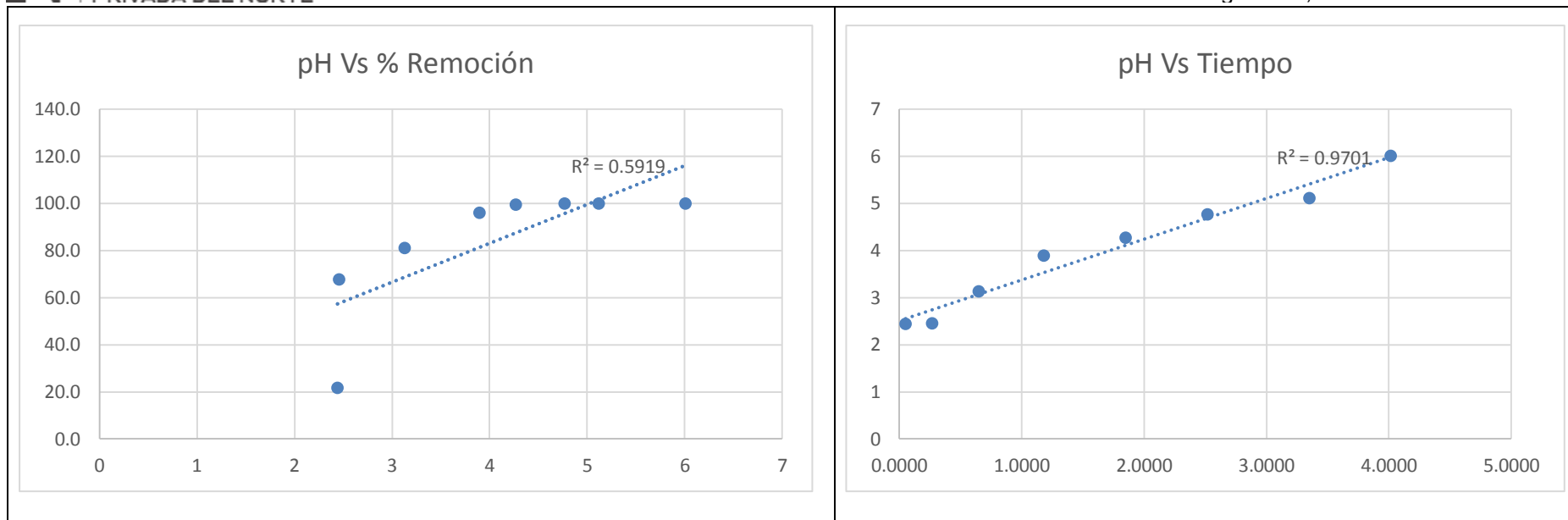
Tabla 63

Análisis de las Variables de Estudio del Cu

Tiempo (horas)	Amperios (A)	Dif. masa (gramos)	Remoción (%)	Velocidad	pH
0.0500	6.4	0.089	21.8	1.789529	2.44
0.2667	6.8	0.278	67.7	1.04401545	2.46
0.6500	8	0.334	81.1	0.513210985	3.13
1.1833	5.2	0.395	96.0	0.333826056	3.9
1.8500	6.2	0.410	99.6	0.221572411	4.27
2.5167	7	0.411	100.0	0.16342916	4.77
3.3500	6.2	0.411	100.0	0.122779758	5.12
4.0167	2.2	0.411	100.0	0.102405819	6.01

Fuente: Elaboración Propia





Fuente: Elaboración Propia

Tabla 64

Condiciones del Mg

Fecha	Volumen		Mg ley cabeza
	V _O	V _f	
19/11/2018	1.18 L	0.45 L	47.92 mg/L 56.5456 mg

Fuente: Elaboración Propia

Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Mg

A	V	T°C	Tiempo [min]	Vol Muestra [mL]	Vol	Solución [ppm]	Volumen [mL]	Extracción [mg]	Diferencia de masa	% Remoción
6.4	43.1	48.4	3	70	4.20	59.935	1110	66.5	-9.982	-17.7
6.8	42.56	57	16	70	3.98	56.912	1040	59.2	-2.643	-4.7
8	42.27	59.2	39	70	3.90	55.723	970	54.1	2.494	4.4
5.2	43.86	35.8	71	70	3.89	55.585	900	50.0	6.519	11.5
6.2	43.33	53	111	70	3.68	52.528	830	43.6	12.947	22.9
7	42.72	60.2	151	70	3.44	49.095	760	37.3	19.233	34.0
6.2	43.17	62.5	201	70	3.61	51.510	690	35.5	21.004	37.1
2.2	45.34	48.2	241	70	3.76	53.720	620	33.3	23.239	41.1

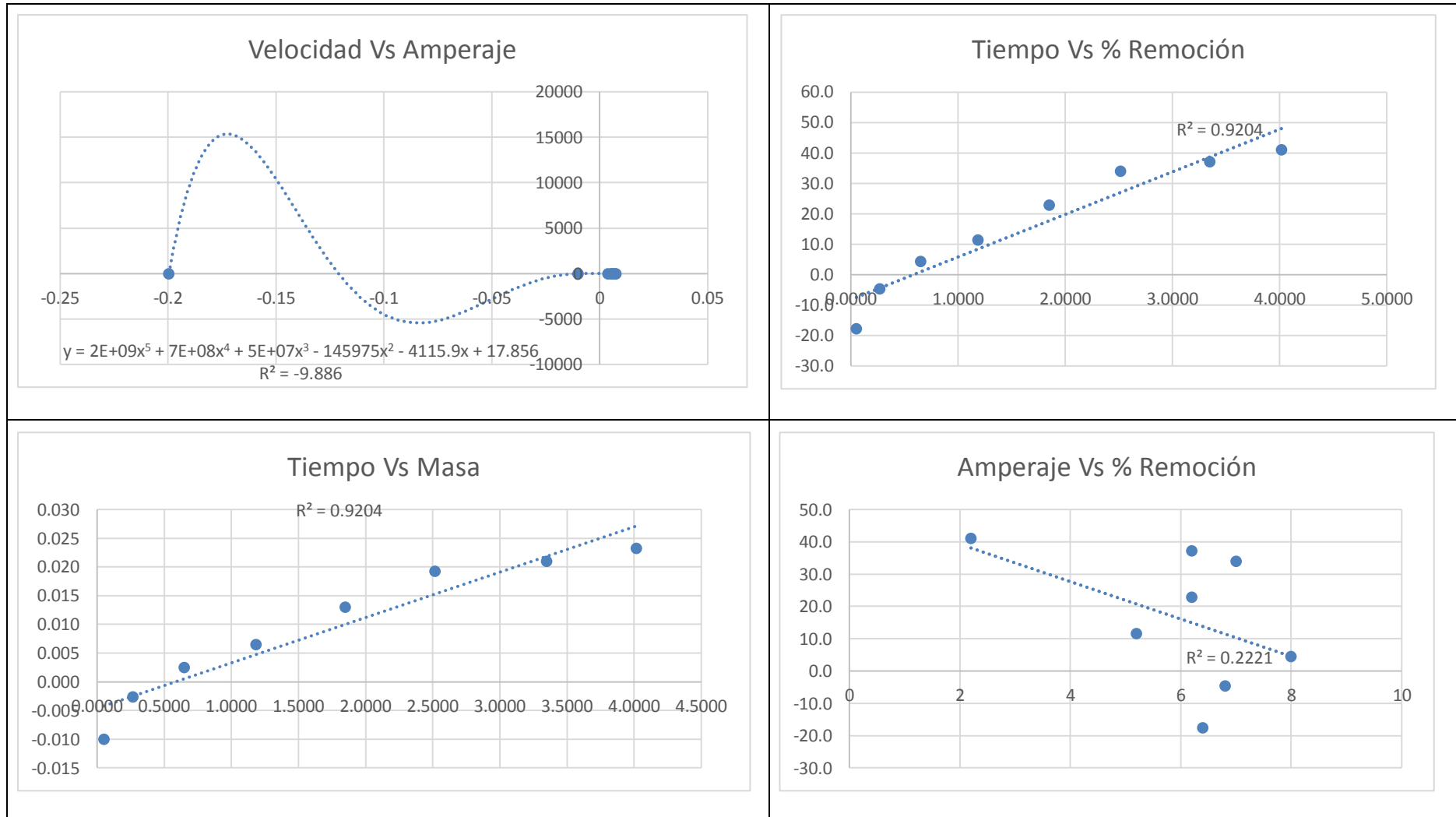
Fuente: Elaboración Propia

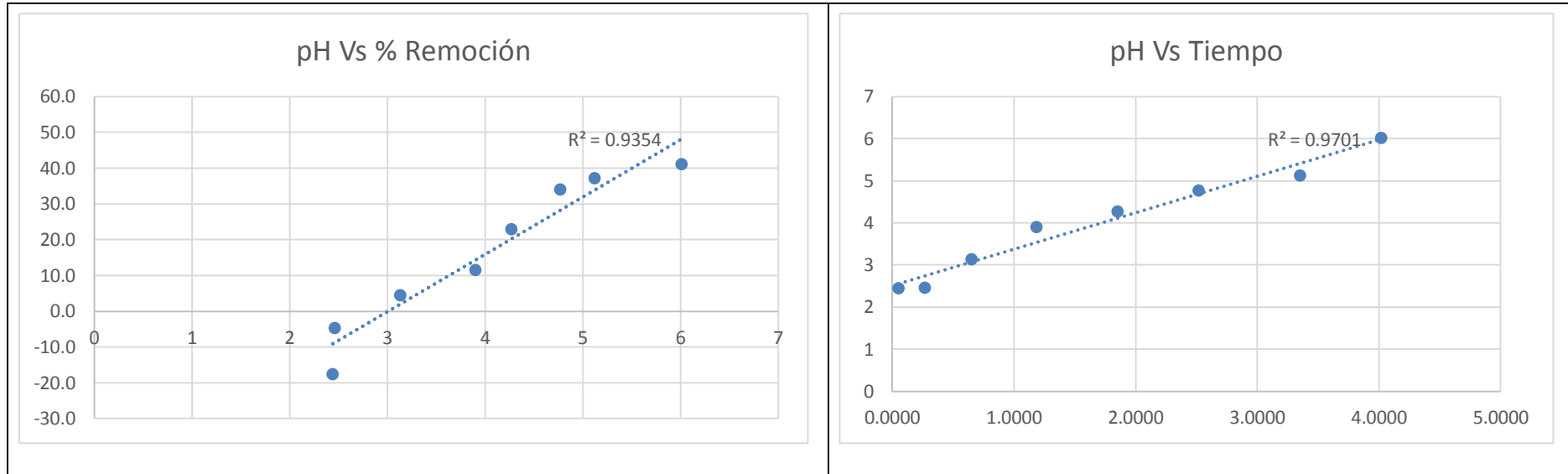
Tabla 66

Análisis de las Variables de Estudio del Mg

Tiempo (horas)	Amperios (A)	Dif. masa (gramos)	Remoción (%)	Velocidad	pH
0.0500	6.4	-0.010	-17.7	-0.199645	2.44
0.2667	6.8	-0.003	-4.7	-0.0099108	2.46
0.6500	8	0.002	4.4	0.003837369	3.13
1.1833	5.2	0.007	11.5	0.005509099	3.9
1.8500	6.2	0.013	22.9	0.006998573	4.27
2.5167	7	0.019	34.0	0.007642411	4.77
3.3500	6.2	0.021	37.1	0.006269761	5.12
4.0167	2.2	0.023	41.1	0.005785693	6.01

Fuente: Elaboración Propia





Fuente: Elaboración Propia

Tabla 67

Condiciones del Ni

Fecha	Volumen		Ni ley cabeza
	V ₀	V _f	
19/11/2018	1.18 L	0.45 L	1.626 mg/L 1.91868 mg

Fuente: Elaboración Propia

Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Ni

pH	A	V	T°C	Tiempo [min]	Vol Muestra [mL]	Vol	Solución [ppm]	Volumen [mL]	Extracción [mg]	Diferencia de masa	% Remoción
2.44	6.4	43.1	48.4	3	70	0.12	1.745	1110	1.9	-0.018	-1.0
2.46	6.8	42.56	57	16	70	0.08	1.192	1040	1.2	0.679	35.4
3.1	8	42.27	59.2	39	70	0.07	1.050	970	1.0	0.900	46.9
3.9	5.2	43.86	35.8	71	70	0.05	0.657	900	0.6	1.327	69.2
4.27	6.2	43.33	53	111	70	0.04	0.572	830	0.5	1.444	75.3
4.77	7	42.72	60.2	151	70	0.03	0.397	760	0.3	1.617	84.3
5.12	6.2	43.17	62.5	201	70	0.02	0.277	690	0.2	1.728	90.0
6.01	2.2	45.34	48.2	241	70	0.02	0.257	620	0.2	1.759	91.7

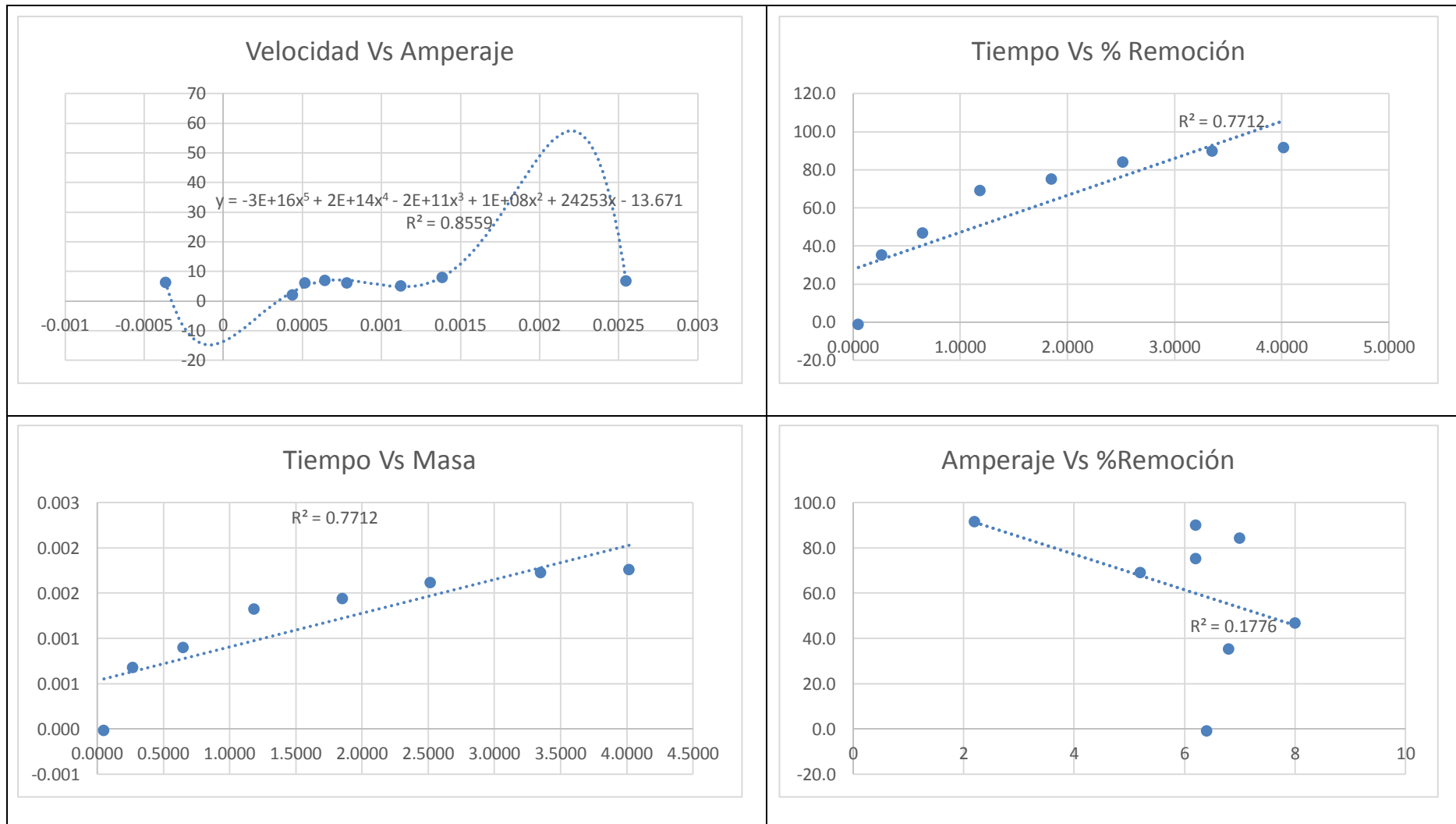
Fuente: Elaboración Propia

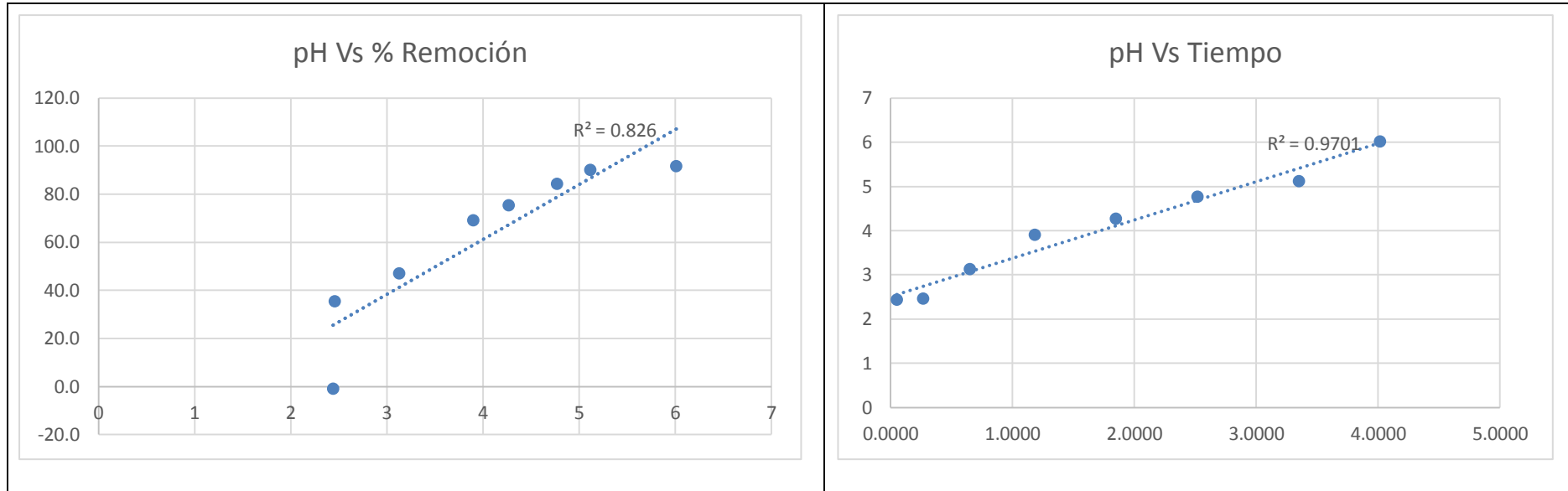
Tabla 69

Análisis de las Variables de Estudio del Ni

Tiempo (horas)	Amperios (A)	Dif. masa (gramos)	Remoción (%)	Velocidad	pH
0.0500	6.4	0.000	-1.0	-0.0003654	2.44
0.2667	6.8	0.001	35.4	0.00254625	2.46
0.6500	8	0.001	46.9	0.001384892	3.13
1.1833	5.2	0.001	69.2	0.00112173	3.9
1.8500	6.2	0.001	75.3	0.000780497	4.27
2.5167	7	0.002	84.3	0.000642501	4.77
3.3500	6.2	0.002	90.0	0.000515687	5.12
4.0167	2.2	0.002	91.7	0.00043801	6.01

Fuente: Elaboración Propia





Fuente: Elaboración Propia

Tabla 70

Condiciones del Pb

Fecha	Volumen		Pb ley cabeza
	V _O	V _f	
19/11/2018	1.18 L	0.45 L	0.0261 mg/L 0.0308 mg

Fuente: Elaboración Propia

Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Pb

pH	A	V	T°C	Tiempo [min]	Vol Muestra [mL]	Vol	Solución [ppm]	Volumen [mL]	Extracción [mg]	Diferencia de masa	% Remoción
2.44	6.4	43.1	48.4	3	70	0.00	0.028	1110	0.0	0.000	-0.9
2.46	6.8	42.56	57	16	70	0.00	0.000	1040	0.0	0.031	100.0
3.1	8	42.27	59.2	39	70	0.00	0.000	970	0.0	0.031	100.0
3.9	5.2	43.86	35.8	71	70	0.00	0.000	900	0.0	0.031	100.0
4.27	6.2	43.33	53	111	70	0.01	0.077	830	0.1	-0.033	-107.5
4.77	7	42.72	60.2	151	70	0.00	0.000	760	0.0	0.031	100.0
5.12	6.2	43.17	62.5	201	70	0.00	0.056	690	0.0	-0.008	-25.5
6.01	2.2	45.34	48.2	241	70	0.00	0.000	620	0.0	0.031	100.0

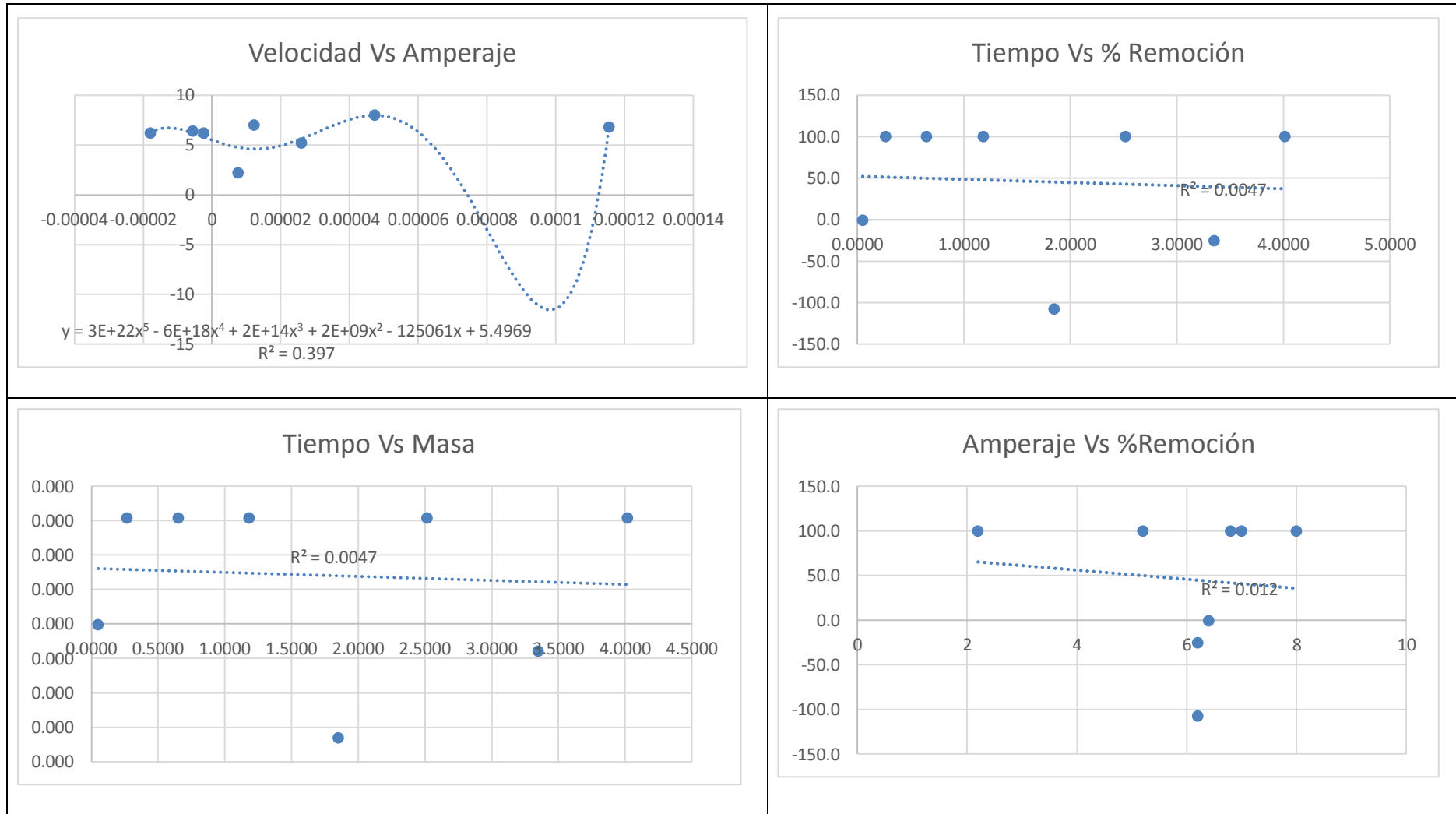
Fuente: Elaboración Propia

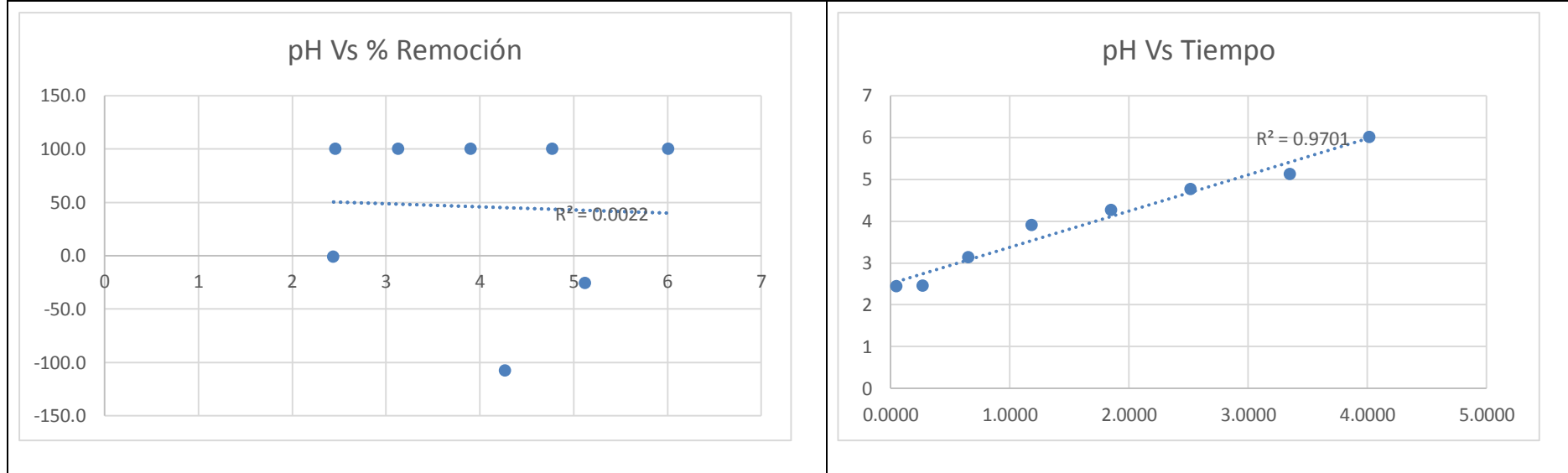
Tabla 72

Análisis de las Variables de Estudio del Pb

Tiempo (horas)	Amperios (A)	Dif. masa (gramos)	Remoción (%)	Velocidad	pH
0.0500	6.4	0.000	-0.9	-5.64E-06	2.44
0.2667	6.8	0.000	100.0	0.000115493	2.46
0.6500	8	0.000	100.0	4.73815E-05	3.13
1.1833	5.2	0.000	100.0	2.60265E-05	3.9
1.8500	6.2	0.000	-107.5	-1.78984E-05	4.27
2.5167	7	0.000	100.0	1.22376E-05	4.77
3.3500	6.2	0.000	-25.5	-2.3409E-06	5.12
4.0167	2.2	0.000	100.0	7.66755E-06	6.01

Fuente: Elaboración Propia





Fuente: Elaboración Propia

Tabla 73

Condiciones del Zn

Fecha	Volumen		Zn ley cabeza
	V ₀	V _f	
19/11/2018	1.18 L	0.45 L	26.43 mg/L 31.1874 mg

Fuente: Elaboración Propia

Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Zn

pH	A	V	T°C	Tiempo [min]	Vol Muestra [mL]	Vol	Solución [ppm]	Volumen [mL]	Extracción [mg]	Diferencia de masa	% Remoción
2.44	6.4	43.1	48.4	3	70	1.63	23.271	1110	25.8	5.357	17.2
2.46	6.8	42.56	57	16	70	1.09	15.533	1040	16.2	15.033	48.2
3.1	8	42.27	59.2	39	70	0.82	11.672	970	11.3	19.866	63.7
3.9	5.2	43.86	35.8	71	70	0.42	5.936	900	5.3	25.845	82.9
4.27	6.2	43.33	53	111	70	0.20	2.924	830	2.4	28.760	92.2
4.77	7	42.72	60.2	151	70	0.13	1.870	760	1.4	29.766	95.4
5.12	6.2	43.17	62.5	201	70	0.11	1.586	690	1.1	30.093	96.5
6.01	2.2	45.34	48.2	241	70	0.11	1.602	620	1.0	30.194	96.8

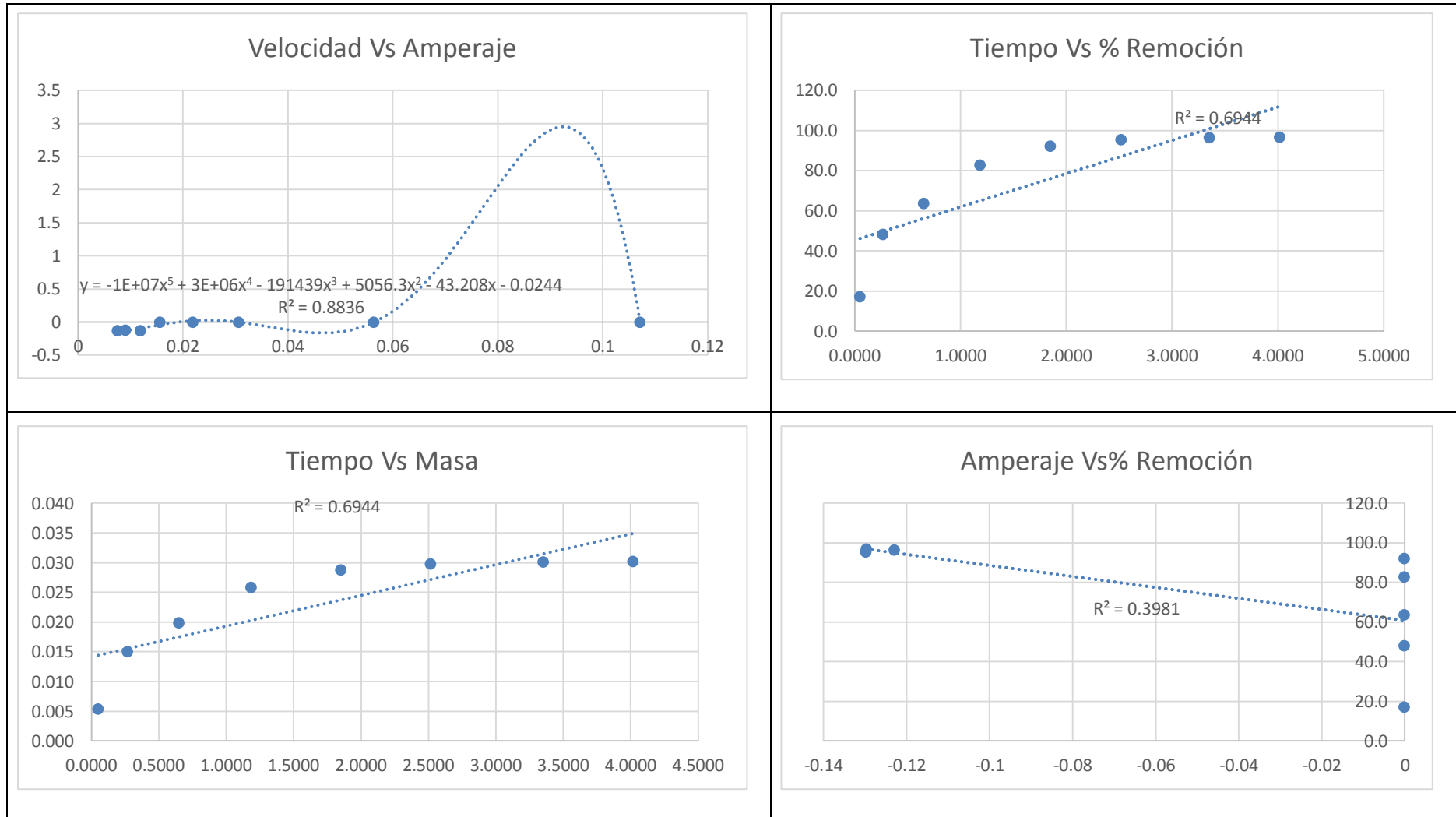
Fuente: Elaboración Propia

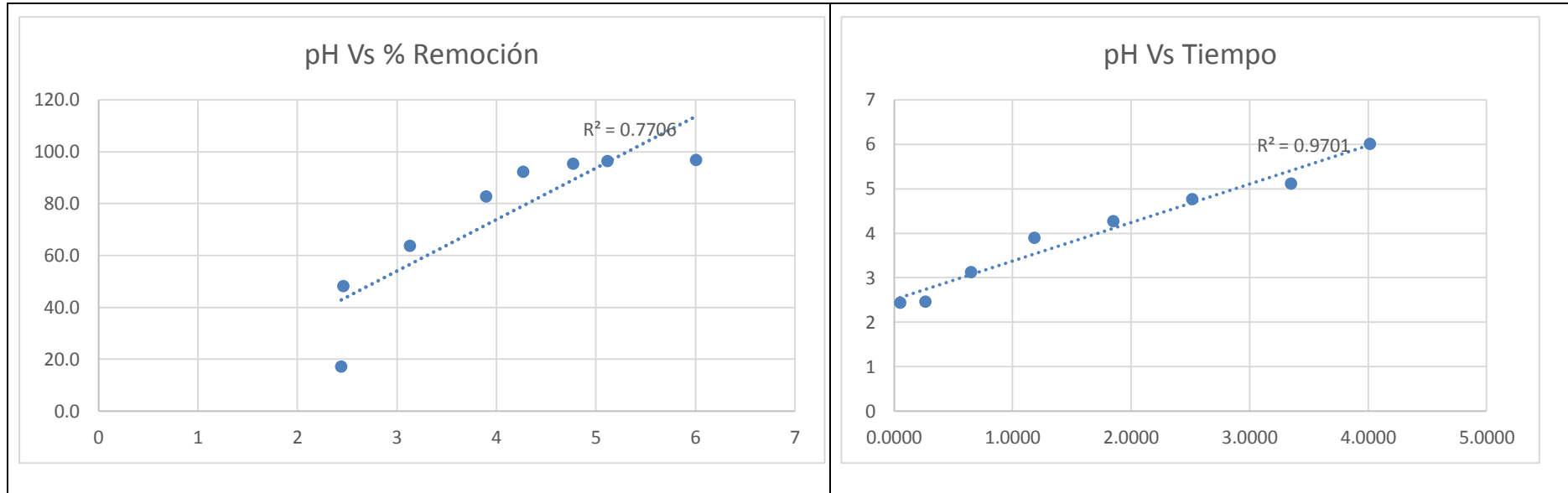
Tabla 75

Análisis de las Variables de Estudio del Zn

Tiempo (horas)	Amperios (A)	Dif. masa (gramos)	Remoción (%)	Velocidad	pH
0.0500	-0.0002073	0.005	17.2	0.1071318	2.44
0.2667	-0.00014649	0.015	48.2	0.05637405	2.46
0.6500	-0.00018301	0.020	63.7	0.0305624	3.13
1.1833	-0.00020331	0.026	82.9	0.021840845	3.9
1.8500	-0.00015035	0.029	92.2	0.015546205	4.27
2.5167	-0.129848	0.030	95.4	0.011827629	4.77
3.3500	-0.122998	0.030	96.5	0.008983003	5.12
4.0167	-0.129728	0.030	96.8	0.007517218	6.01

Fuente: Elaboración Propia





Fuente: Elaboración Propia

- **Tercera Prueba Al-AL-Fe-Al-Al**

Tabla 76

Condiciones del Fe

Fecha	Volumen		W _(electrodo)		Fe ley cabeza
	V _o	V _f	W _o	W _f	
21/11/2018	1.18 L	0.51 L	120.1305 gr	120.1423 gr	5067 mg/L 5979.06 mg

Fuente: Elaboración Propia

Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Fe

pH	A	V	T°C	Tiempo [min]	Vol Muestra [mL]	Vol	Solución [ppm]	Volumen [mL]	Extracción [mg]	Diferencia de masa	% Remoción
2.29	3.2	44.99	51.38	40	27	108.15	4005.6	1153	4618.4	1360.634	22.8
2.8	2.4	45.33	51.4	70	27	118.55	4390.9	1126	4944.1	1034.958	17.3
3.77	7	42.83	57.46	100	27	121.75	4509.2	1099	4955.6	1023.455	17.1
3.96	8.2	41.9	60.18	131	27	134.10	4966.8	1072	5324.4	654.611	10.9
4.03	7	42.89	57.1	163	27	131.89	4884.9	1045	5104.7	874.392	14.6
4.12	8.2	41.87	61.9	190	27	132.68	4914.2	1018	5002.6	976.446	16.3
4.21	6	43.3	58.8	220	27	138.98	5147.5	991	5101.2	877.857	14.7

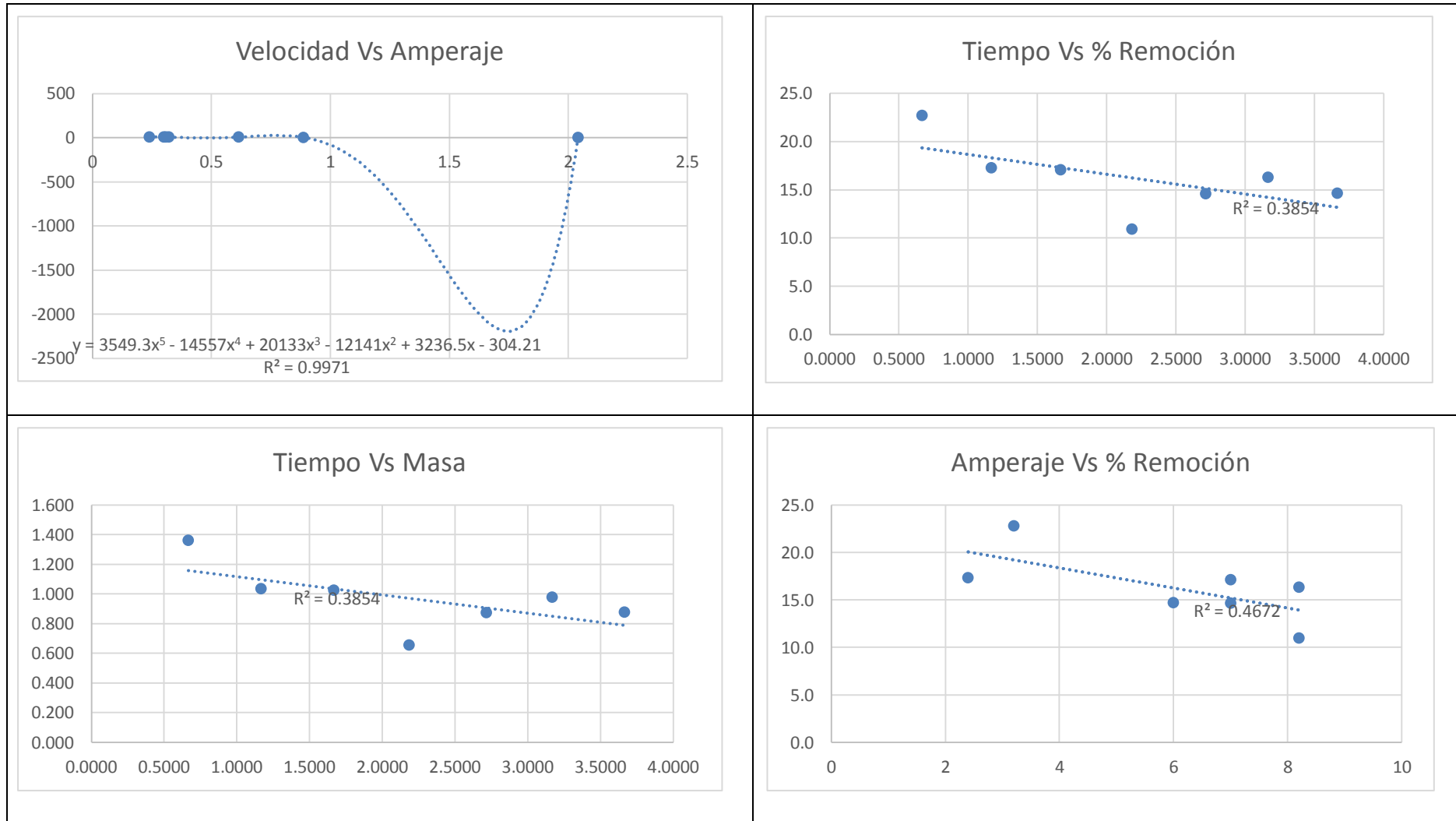
Fuente: Elaboración Propia

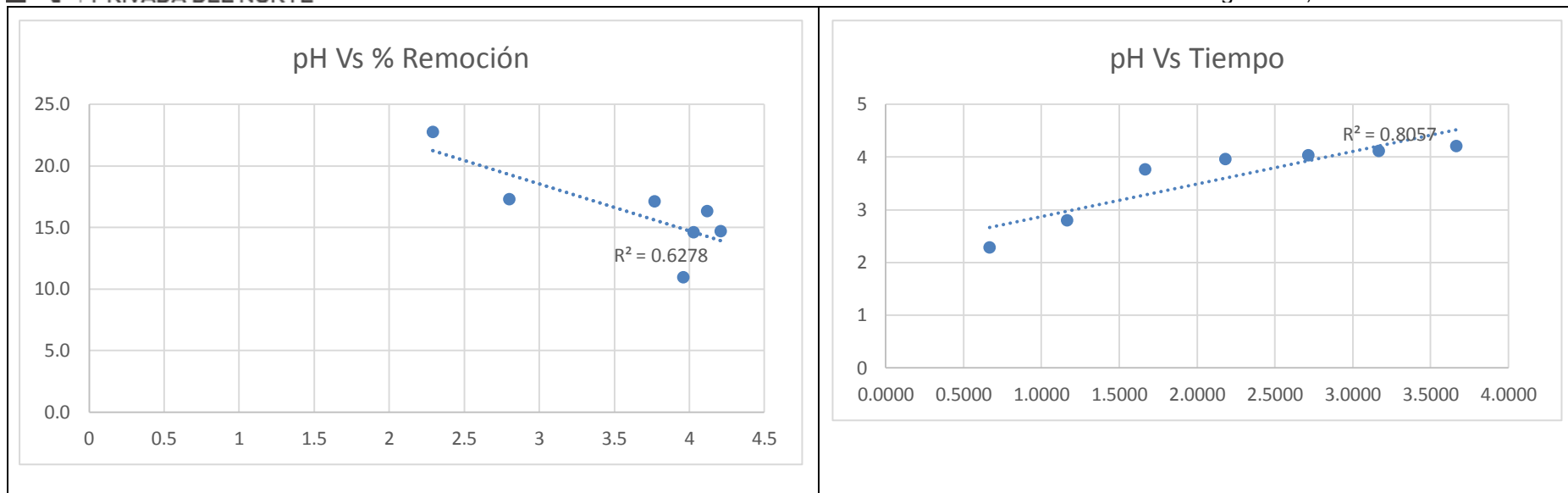
Tabla 78

Análisis de las Variables de Estudio del Fe

Tiempo (horas)	Amperios (A)	Dif. masa (gramos)	Remoción (%)	Velocidad	pH
0.6667	3.2	1.361	22.8	2.0409515	2.29
1.1667	2.4	1.035	17.3	0.8871072	2.8
1.6667	7	1.023	17.1	0.61407282	3.77
2.1833	8.2	0.655	10.9	0.29982171	3.96
2.7167	7	0.874	14.6	0.32186199	4.03
3.1667	8.2	0.976	16.3	0.30835141	4.12
3.6667	6	0.878	14.7	0.23941549	4.21

Fuente: Elaboración Propia





Fuente: Elaboración Propia

Tabla 79

Condiciones del Al

Fecha	Volumen		W _(electrodo)		Al ley cabeza
	V ₀	V _f	W ₀	W _f	
21/11/2018	1.18 L	0.51 L	144.7987 gr	142.219 gr	219.22 mg/L 258.6796 mg

Fuente: Elaboración Propia

Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Al

pH	A	V	T°C	Tiempo [min]	Vol Muestra [mL]	Vol Solución [ppm]	Volumen [mL]	Extracción [mg]	Diferencia de masa	% Remoción	
2.29	3.2	44.99	51.38	40	27	8.78	325.275	1153	375.0	-116.362	-45.0
2.8	2.4	45.33	51.4	70	27	10.95	405.733	1126	456.9	-198.176	-76.6
3.77	7	42.83	57.46	100	27	8.06	298.627	1099	328.2	-69.511	-26.9
3.96	8.2	41.9	60.18	131	27	4.93	182.423	1072	195.6	63.122	24.4
4.03	7	42.89	57.1	163	27	2.97	110.081	1045	115.0	143.645	55.5
4.12	8.2	41.87	61.9	190	27	6.25	231.320	1018	235.5	23.196	9.0
4.21	6	43.3	58.8	220	27	2.62	97.101	991	96.2	162.453	62.8

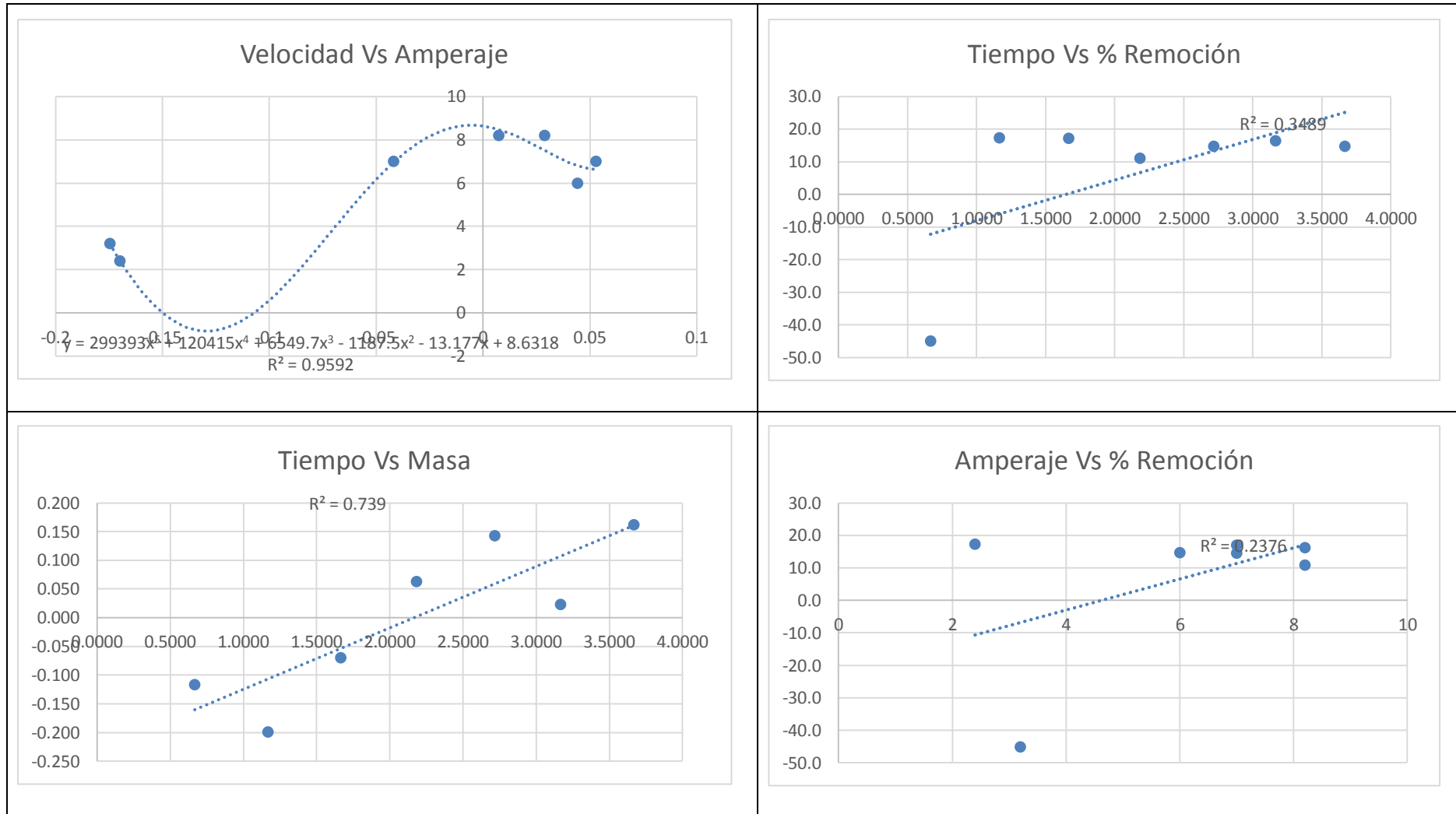
Fuente: Elaboración Propia

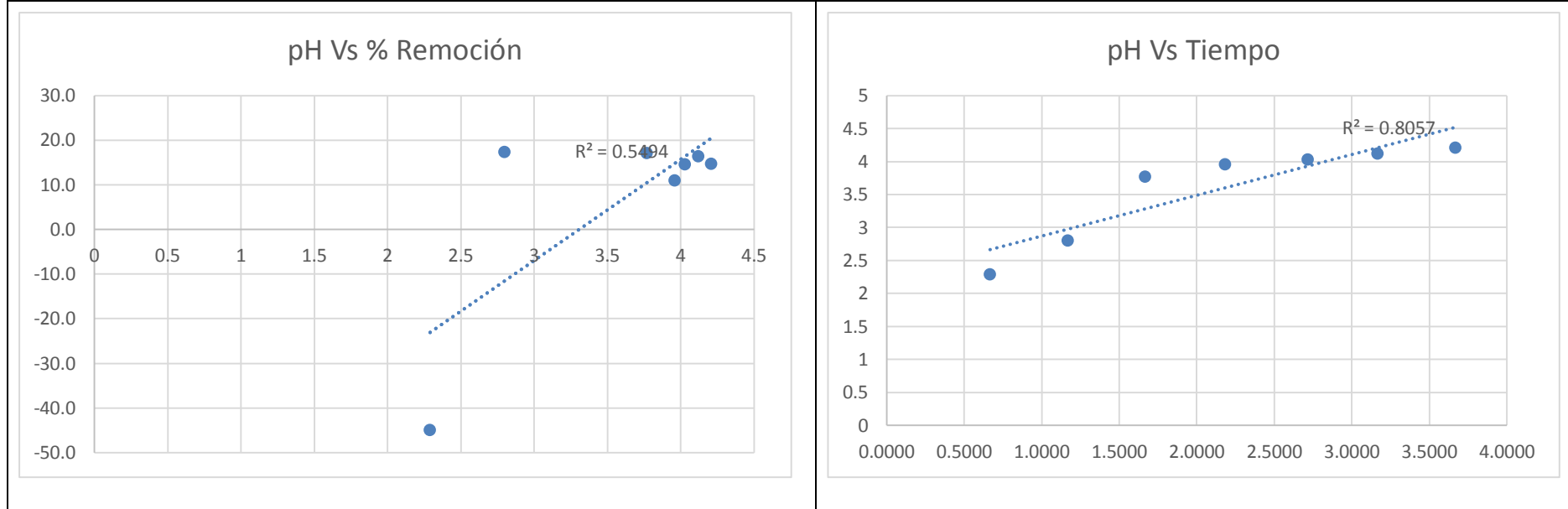
Tabla 81

Análisis de las Variables de Estudio del Al

Tiempo (horas)	Amperios (A)	Dif. masa (gramos)	Remoción (%)	Velocidad	pH
0.6667	3.2	-0.116	-45.0	-0.17454371	2.29
1.1667	2.4	-0.198	17.3	-0.16986494	2.8
1.6667	7	-0.070	17.1	-0.04170688	3.77
2.1833	8.2	0.063	10.9	0.02891091	3.96
2.7167	7	0.144	14.6	0.05287544	4.03
3.1667	8.2	0.023	16.3	0.007325	4.12
3.6667	6	0.162	14.7	0.04430523	4.21

Fuente: Elaboración Propia





Fuente: Elaboración Propia

Tabla 82

Condiciones del As

Fecha	Volumen		AS ley cabeza
	V _o	V _f	
21/11/2018	1.18 L	0.51 L	177.9 mg/L 209.922 mg

Fuente: Elaboración Propia

Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el As

pH	A	V	T°C	Tiempo [min]	Vol Muestra [mL]	Vol	Solución [ppm]	Volumen [mL]	Extracción [mg]	Diferencia de masa	% Remoción
2.29	3.2	44.99	51.38	40	27	0.08	2.951	1153	3.4	206.519	98.4
2.8	2.4	45.33	51.4	70	27	0.01	0.190	1126	0.2	209.708	99.9
3.77	7	42.83	57.46	100	27	0.00	0.000	1099	0.0	209.922	100.0
3.96	8.2	41.9	60.18	131	27	0.00	0.000	1072	0.0	209.922	100.0
4.03	7	42.89	57.1	163	27	0.00	0.000	1045	0.0	209.922	100.0
4.12	8.2	41.87	61.9	190	27	0.00	0.078	1018	0.1	209.843	100.0
4.21	6	43.3	58.8	220	27	0.00	0.000	991	0.0	209.922	100.0

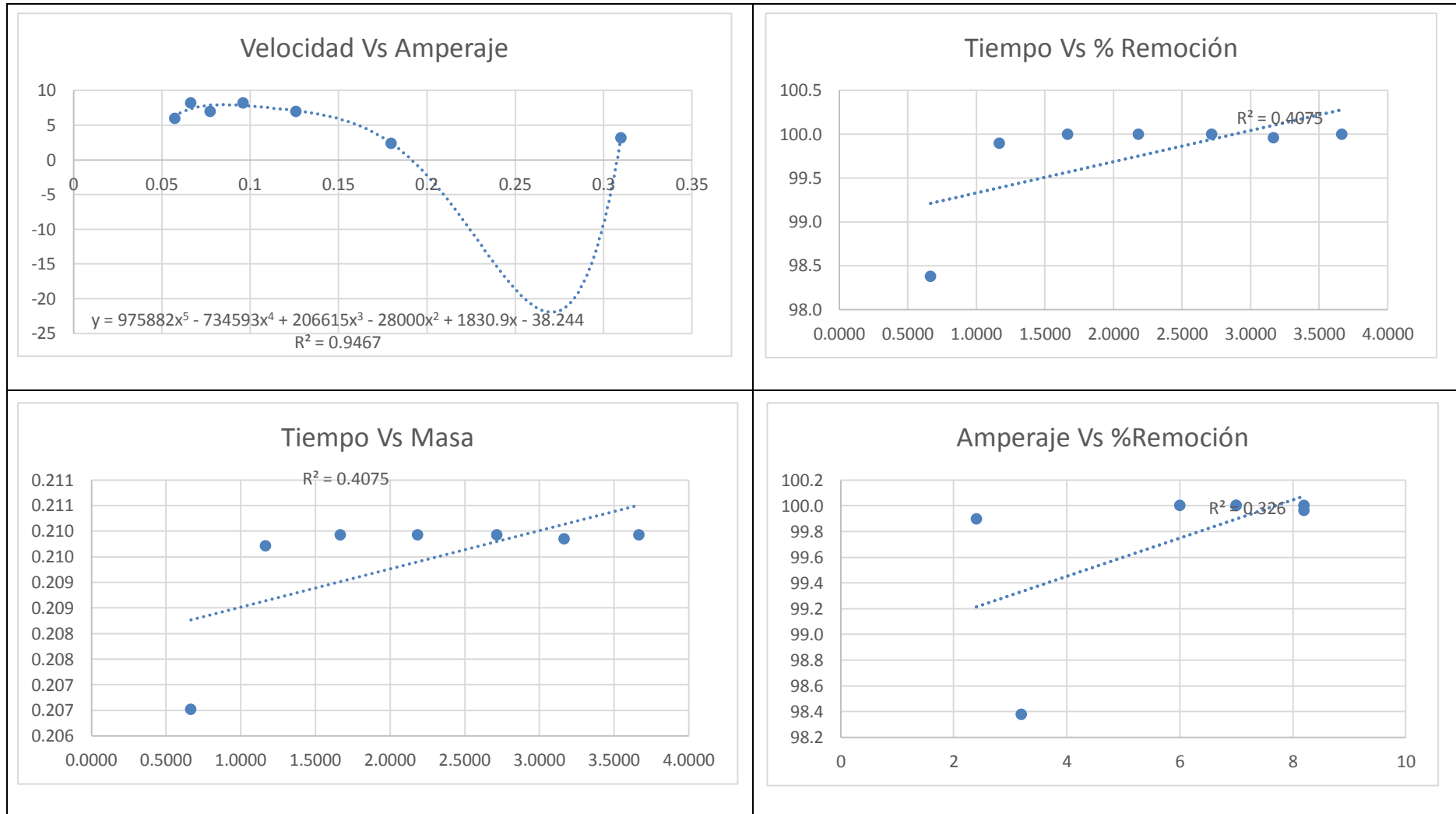
Fuente: Elaboración Propia

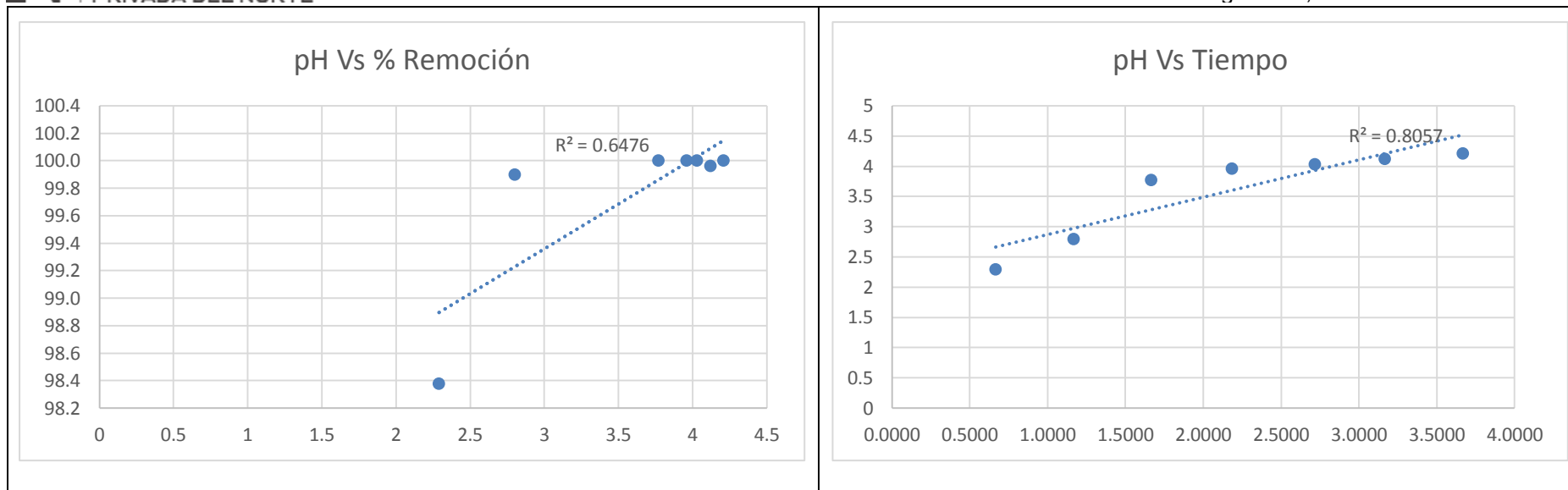
Tabla 84

Análisis de las Variables de Estudio del As

Tiempo (horas)	Amperios (A)	Dif. masa (gramos)	Remoción (%)	Velocidad	pH
0.6667	3.2	0.207	98.4	0.309779246	2.29
1.1667	2.4	0.210	99.9	0.179749766	2.8
1.6667	7	0.210	100.0	0.1259532	3.77
2.1833	8.2	0.210	100.0	0.096147481	3.96
2.7167	7	0.210	100.0	0.077271902	4.03
3.1667	8.2	0.210	100.0	0.066266083	4.12
3.6667	6	0.210	100.0	0.057251455	4.21

Fuente: Elaboración Propia





Fuente: Elaboración Propia

Tabla 85

Condiciones del Ca

Fecha	Volumen		Ca ley cabeza
	V _O	V _f	
21/11/2018	1.18 L	0.51 L	330.1 mg/L 389.518 mg

Fuente: Elaboración Propia

Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Ca

pH	A	V	T°C	Tiempo [min]	Vol Muestra [mL]	Vol	Solución [ppm]	Volumen [mL]	Extracción [mg]	Diferencia de masa	% Remoción
2.29	3.2	44.99	51.38	40	27	9.72	359.919	1153	415.0	-25.469	-6.5
2.8	2.4	45.33	51.4	70	27	9.91	366.994	1126	413.2	-23.717	-6.1
3.77	7	42.83	57.46	100	27	9.59	355.007	1099	390.2	-0.635	-0.2
3.96	8.2	41.9	60.18	131	27	9.59	355.266	1072	380.8	8.673	2.2
4.03	7	42.89	57.1	163	27	9.48	351.294	1045	367.1	22.416	5.8
4.12	8.2	41.87	61.9	190	27	9.89	366.385	1018	373.0	16.538	4.2
4.21	6	43.3	58.8	220	27	10.37	384.183	991	380.7	8.793	2.3

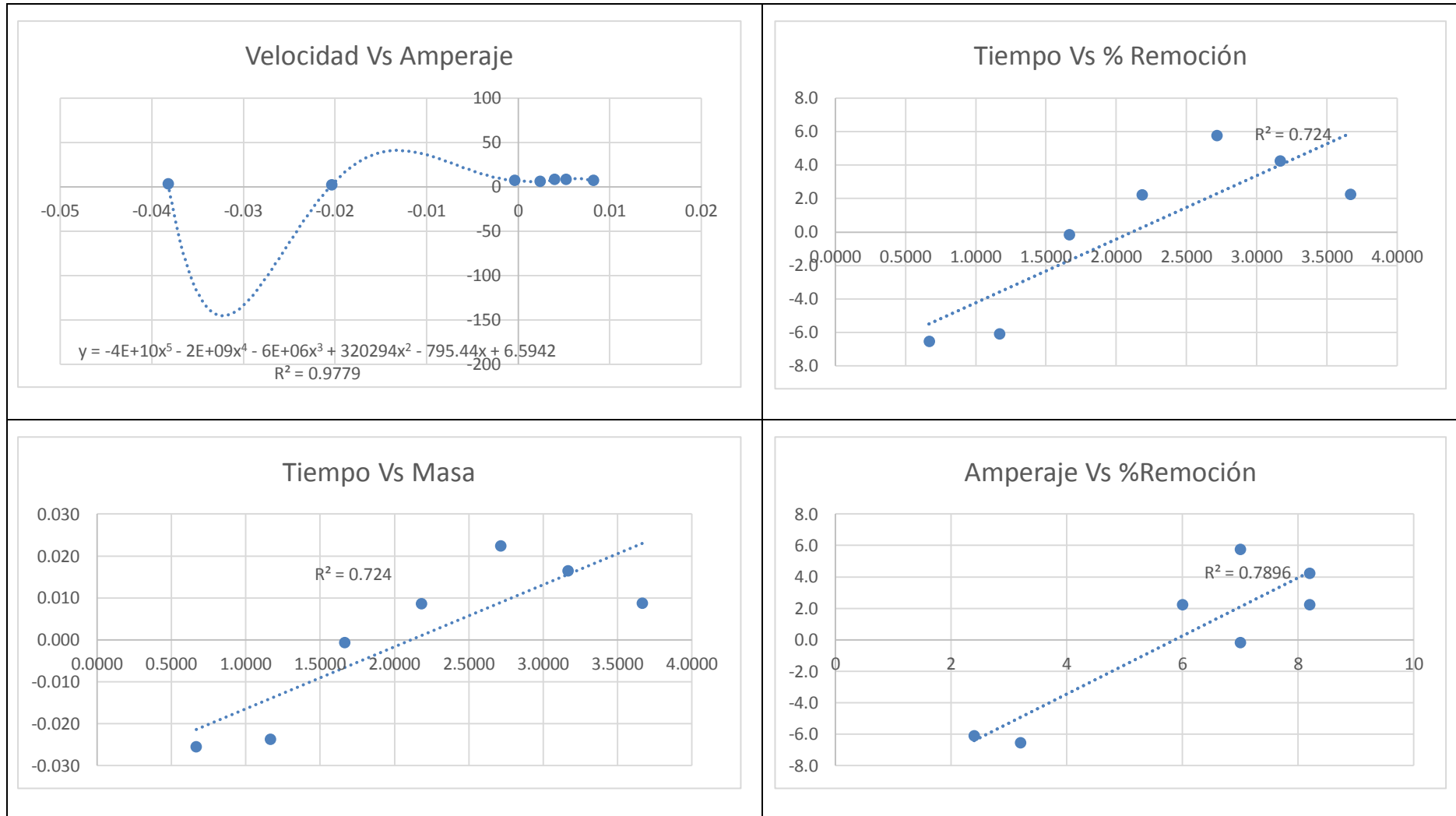
Fuente: Elaboración Propia

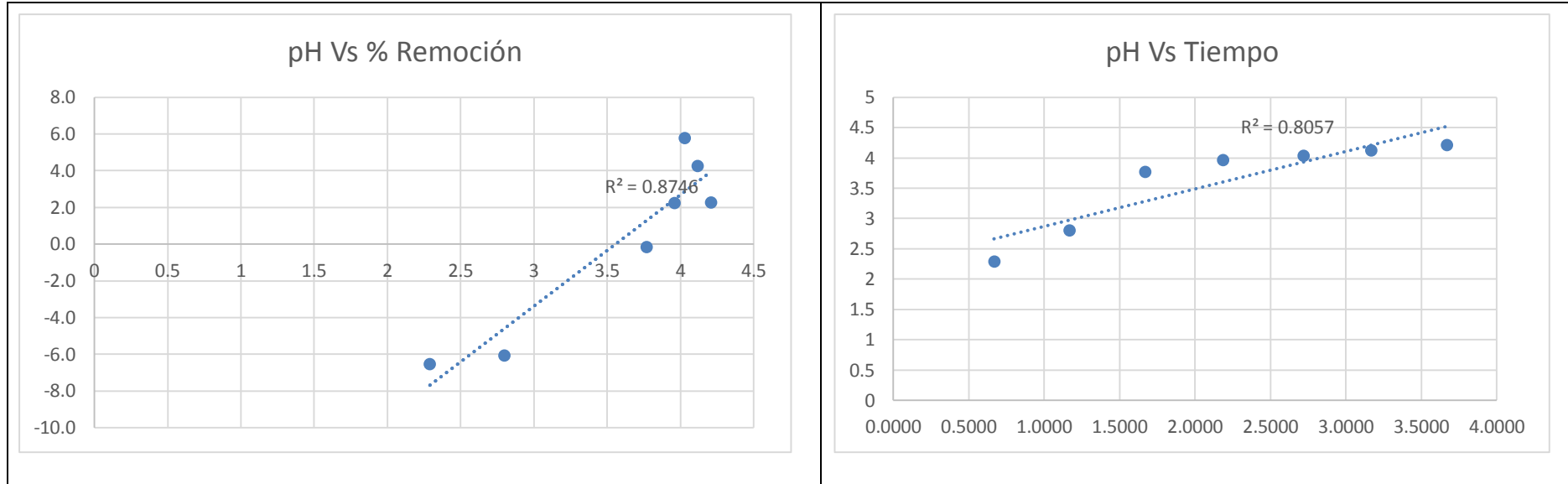
Tabla 87

Análisis de las Variables de Estudio del Ca

Tiempo (horas)	Amperios (A)	Dif. masa (gramos)	Remoción (%)	Velocidad	pH
0.6667	3.2	-0.025	-6.5	-0.038202911	2.29
1.1667	2.4	-0.024	-6.1	-0.020329066	2.8
1.6667	7	-0.001	-0.2	-0.000380816	3.77
2.1833	8.2	0.009	2.2	0.003972297	3.96
2.7167	7	0.022	5.8	0.008251204	4.03
3.1667	8.2	0.017	4.2	0.005222548	4.12
3.6667	6	0.009	2.3	0.002397995	4.21

Fuente: Elaboración Propia





Fuente: Elaboración Propia

Tabla 88

Condiciones del Cd

Fecha	Volumen		Cd ley cabeza
	V ₀	V _f	
21/11/2018	1.18 L	0.51 L	0.2207 mg/L 0.26043 mg

Fuente: Elaboración Propia

Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Cd

pH	A	V	T°C	Tiempo [min]	Vol Muestra [mL]	Vol	Solución [ppm]	Volumen [mL]	Extracción [mg]	Diferencia de masa	% Remoción
2.29	3.2	44.99	51.38	40	27	0.00	0.048	1153	0.1	0.205	78.7
2.8	2.4	45.33	51.4	70	27	0.00	0.029	1126	0.0	0.228	87.5
3.77	7	42.83	57.46	100	27	0.00	0.000	1099	0.0	0.260	100.0
3.96	8.2	41.9	60.18	131	27	0.00	0.000	1072	0.0	0.260	100.0
4.03	7	42.89	57.1	163	27	0.00	0.000	1045	0.0	0.260	100.0
4.12	8.2	41.87	61.9	190	27	0.00	0.000	1018	0.0	0.260	100.0
4.21	6	43.3	58.8	220	27	0.00	0.000	991	0.0	0.260	100.0

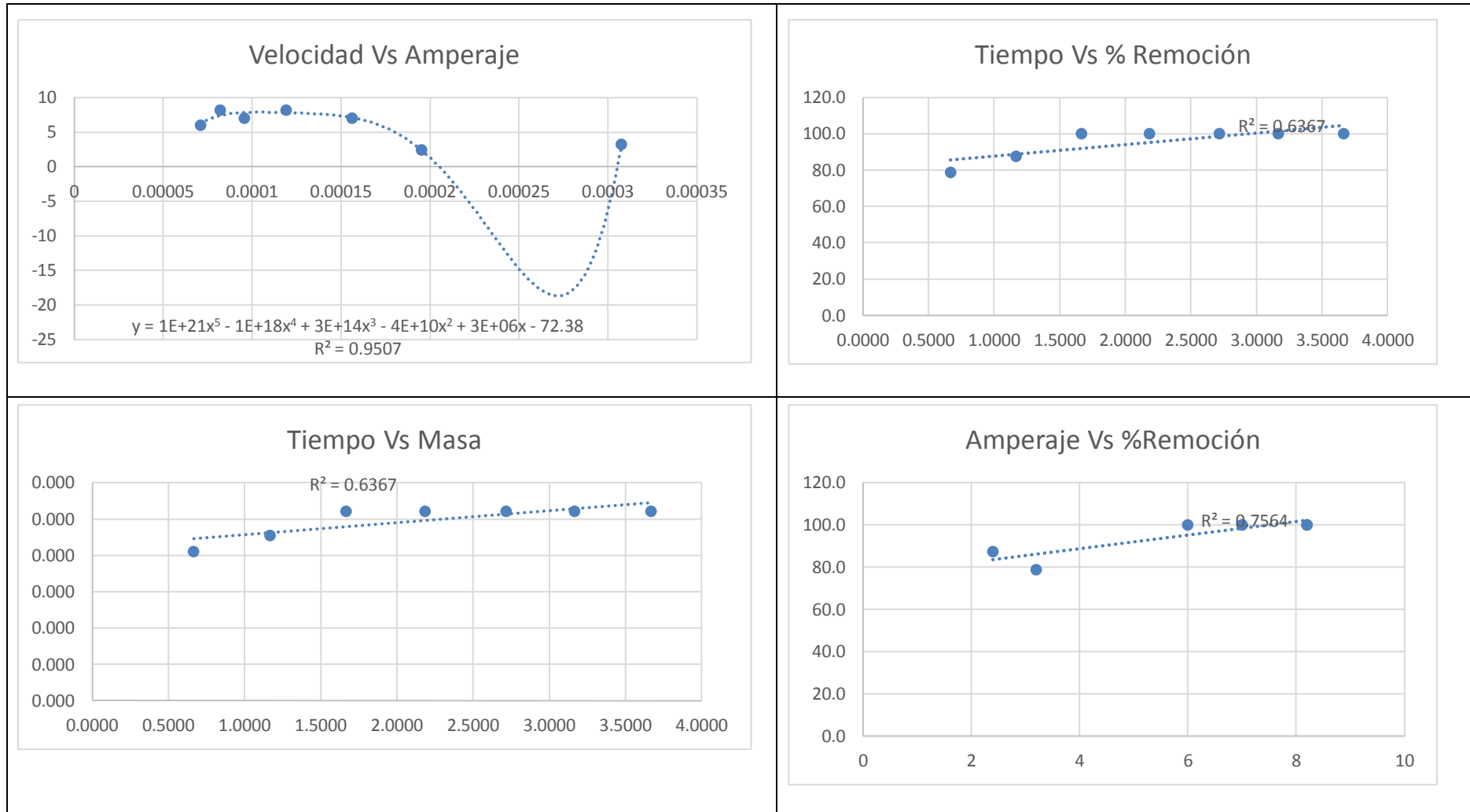
Fuente: Elaboración Propia

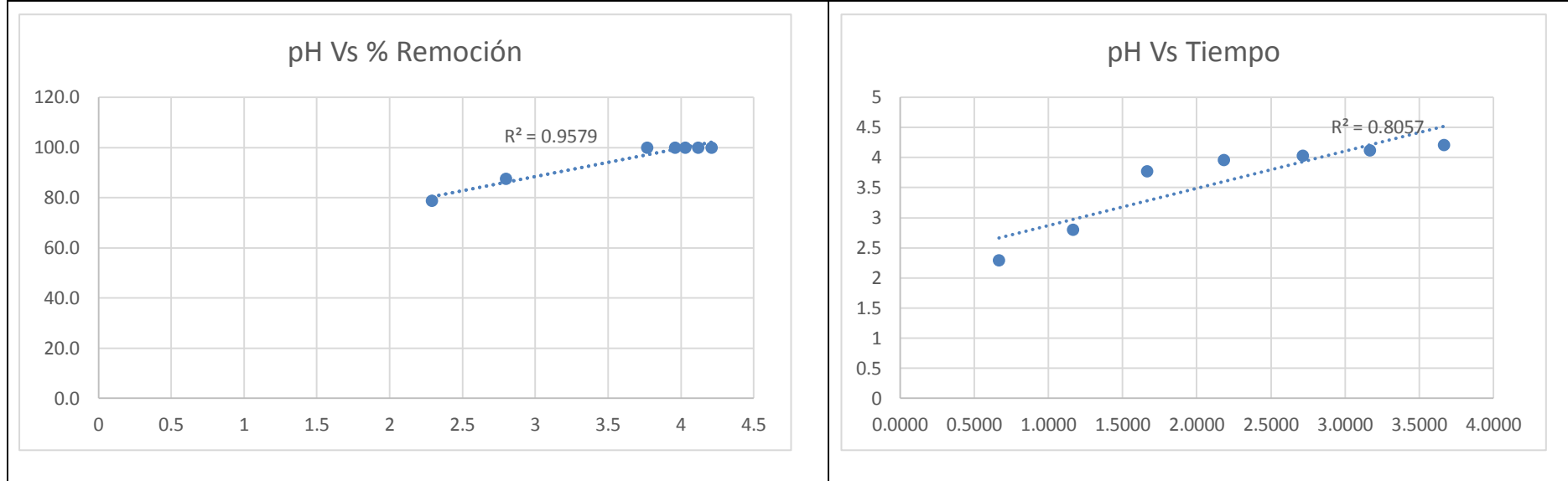
Tabla 90

Análisis de las Variables de Estudio del Cd

Tiempo (horas)	Amperios (A)	Dif. masa (gramos)	Remoción (%)	Velocidad	pH
0.6667	3.2	0.000	78.7	0.000307623	2.29
1.1667	2.4	0.000	87.5	0.000195233	2.8
1.6667	7	0.000	100.0	0.000156256	3.77
2.1833	8.2	0.000	100.0	0.000119279	3.96
2.7167	7	0.000	100.0	9.58623E-05	4.03
3.1667	8.2	0.000	100.0	8.22398E-05	4.12
3.6667	6	0.000	100.0	7.10253E-05	4.21

Fuente: Elaboración Propia





Fuente: Elaboración Propia

Tabla 91

Condiciones del Co

Fecha	Volumen		Co ley cabeza
	V _O	V _f	
21/11/2018	1.18 L	0.51 L	4.485 mg/L 5.2923 mg

Fuente: Elaboración Propia

Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Co

pH	A	V	T°C	Tiempo [min]	Vol Muestra [mL]	Vol	Solución [ppm]	Volumen [mL]	Extracción [mg]	Diferencia de masa	% Remoción
2.29	3.2	44.99	51.38	40	27	0.08	2.943	1153	3.4	1.899	35.9
2.8	2.4	45.33	51.4	70	27	0.07	2.517	1126	2.8	2.458	46.4
3.77	7	42.83	57.46	100	27	0.05	1.775	1099	2.0	3.342	63.1
3.96	8.2	41.9	60.18	131	27	0.03	1.228	1072	1.3	3.976	75.1
4.03	7	42.89	57.1	163	27	0.02	0.801	1045	0.8	4.455	84.2
4.12	8.2	41.87	61.9	190	27	0.01	0.507	1018	0.5	4.776	90.2
4.21	6	43.3	58.8	220	27	0.01	0.358	991	0.4	4.938	93.3

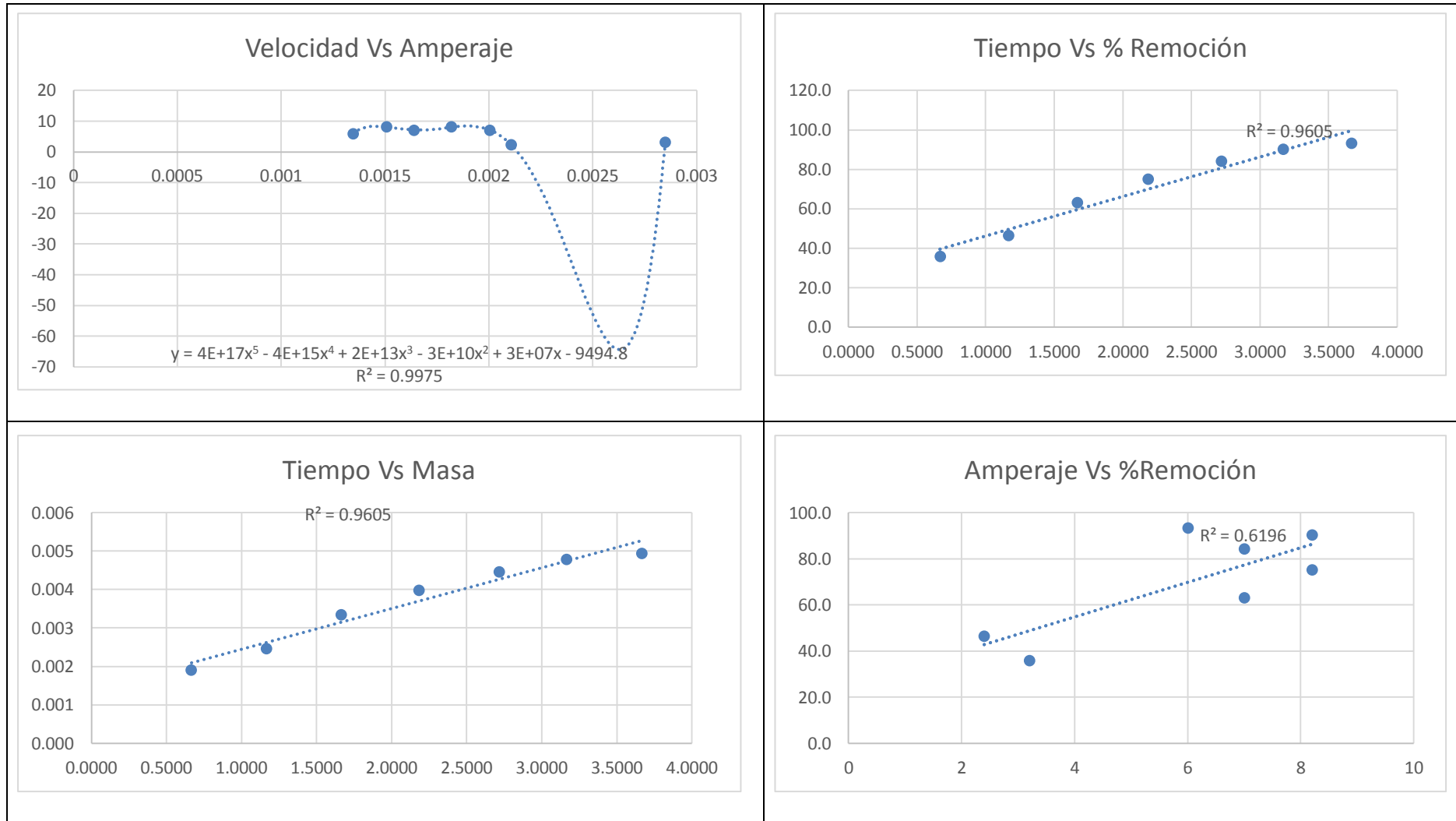
Fuente: Elaboración Propia

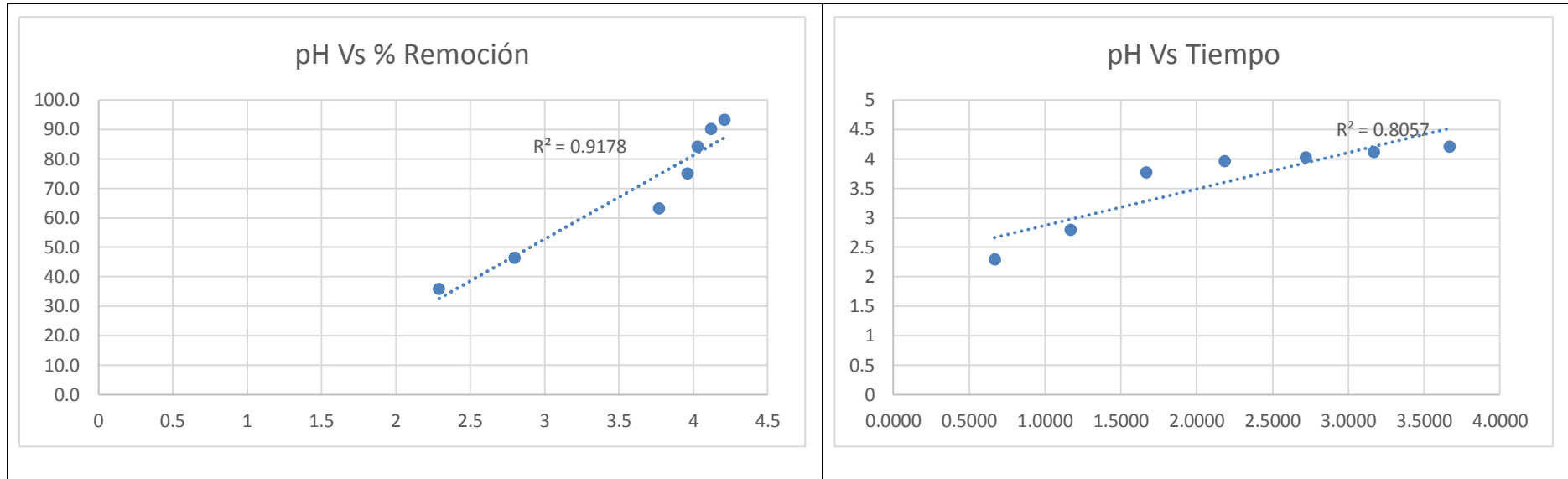
Tabla 93

Análisis de las Variables de Estudio del Co

Tiempo (horas)	Amperios (A)	Dif. masa (gramos)	Remoción (%)	Velocidad	pH
0.6667	3.2	0.002	35.9	0.002848532	2.29
1.1667	2.4	0.002	46.4	0.002106993	2.8
1.6667	7	0.003	63.1	0.002004945	3.77
2.1833	8.2	0.004	75.1	0.001821016	3.96
2.7167	7	0.004	84.2	0.001639971	4.03
3.1667	8.2	0.005	90.2	0.001508265	4.12
3.6667	6	0.005	93.3	0.001346597	4.21

Fuente: Elaboración Propia





Fuente: *Elaboración Propia*

Tabla 94

Condiciones del Cr

Fecha	Volumen		Cr ley cabeza
	V _O	V _f	
21/11/2018	1.18 L	0.51 L	0.4045 mg/L 0.47731 mg

Fuente: *Elaboración Propia*

Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Cr

pH	A	V	T°C	Tiempo [min]	Vol Muestra [mL]	Vol	Solución [ppm]	Volumen [mL]	Extracción [mg]	Diferencia de masa	% Remoción
2.29	3.2	44.99	51.38	40	27	0.01	0.311	1153	0.4	0.119	24.9
2.8	2.4	45.33	51.4	70	27	0.01	0.280	1126	0.3	0.162	33.9
3.77	7	42.83	57.46	100	27	0.01	0.219	1099	0.2	0.237	49.6
3.96	8.2	41.9	60.18	131	27	0.00	0.143	1072	0.2	0.324	67.9
4.03	7	42.89	57.1	163	27	0.00	0.091	1045	0.1	0.382	80.1
4.12	8.2	41.87	61.9	190	27	0.01	0.241	1018	0.2	0.232	48.6
4.21	6	43.3	58.8	220	27	0.00	0.011	991	0.0	0.466	97.7

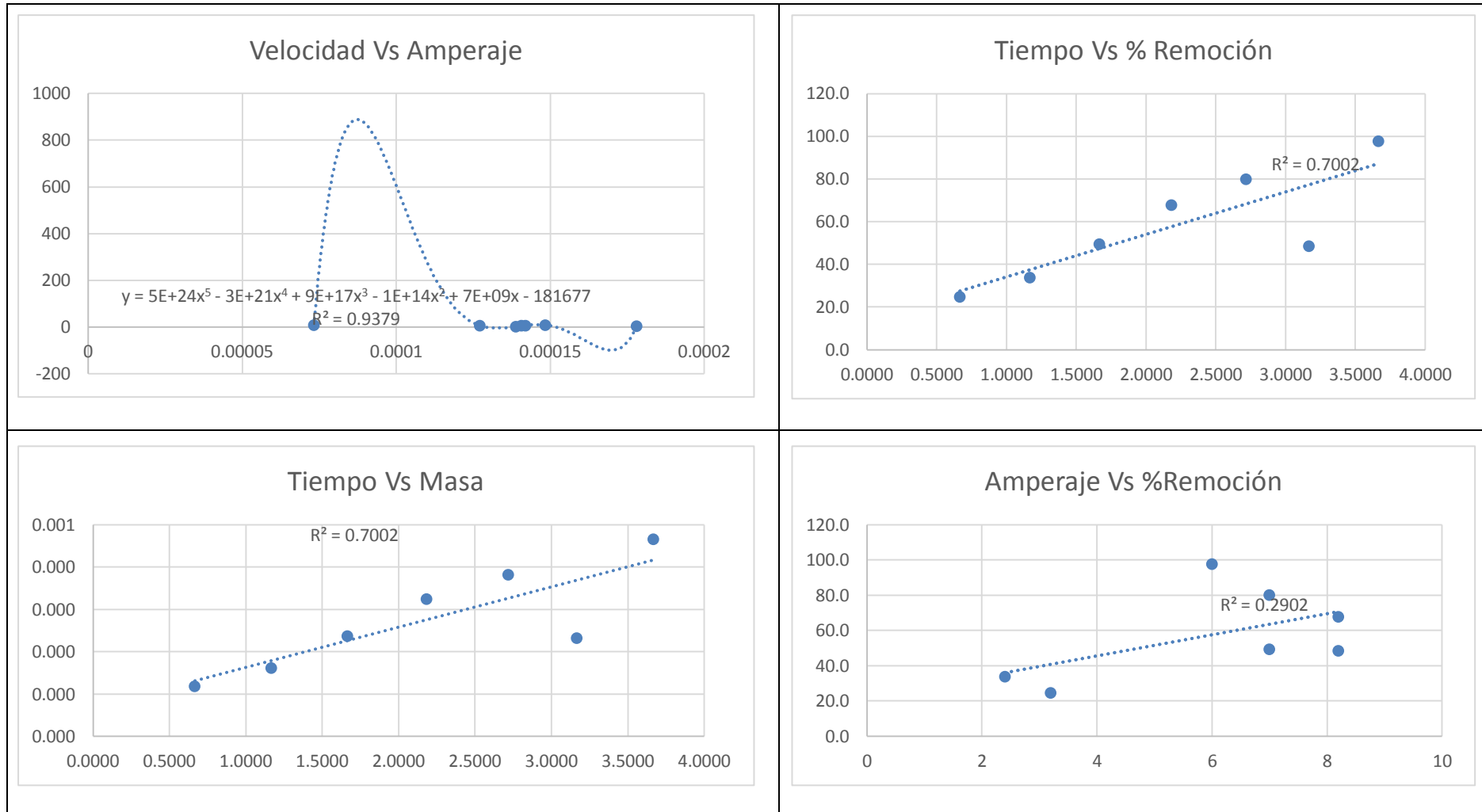
Fuente: Elaboración Propia

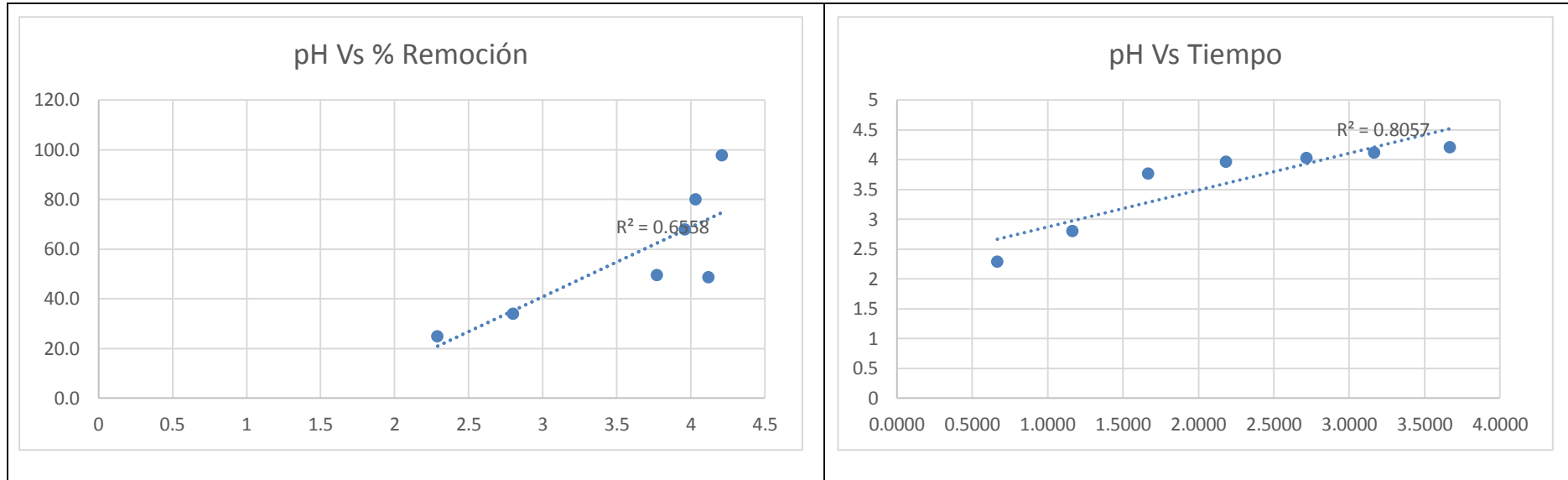
Tabla 96

Análisis de las Variables de Estudio del Cr

Tiempo (horas)	Amperios (A)	Dif. masa (gramos)	Remoción (%)	Velocidad	pH
0.6667	3.2	0.000	24.9	0.000178091	2.29
1.1667	2.4	0.000	33.9	0.000138883	2.8
1.6667	7	0.000	49.6	0.000141977	3.77
2.1833	8.2	0.000	67.9	0.000148403	3.96
2.7167	7	0.000	80.1	0.000140693	4.03
3.1667	8.2	0.000	48.6	7.32543E-05	4.12
3.6667	6	0.000	97.7	0.000127202	4.21

Fuente: Elaboración Propia





Fuente: Elaboración Propia

Tabla 97

Condiciones del Cu

Fecha	Volumen		Cu ley cabeza
	V _O	V _f	
21/11/2018	1.18 L	0.51 L	384.61 mg/L 411.36mg

Fuente: Elaboración Propia

Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Cu

pH	A	V	T°C	Tiempo [min]	Vol Muestra [mL]	Vol	Solución [ppm]	Volumen [mL]	Extracción [mg]	Diferencia de masa	% Remoción
2.29	3.2	44.99	51.38	40	27	2.93	108.340	1153	124.9	286.444	69.6
2.8	2.4	45.33	51.4	70	27	1.19	43.935	1126	49.5	361.889	88.0
3.77	7	42.83	57.46	100	27	0.47	17.373	1099	19.1	392.267	95.4
3.96	8.2	41.9	60.18	131	27	0.14	5.151	1072	5.5	405.838	98.7
4.03	7	42.89	57.1	163	27	0.05	1.995	1045	2.1	409.275	99.5
4.12	8.2	41.87	61.9	190	27	0.02	0.662	1018	0.7	410.686	99.8
4.21	6	43.3	58.8	220	27	0.01	0.495	991	0.5	410.869	99.9

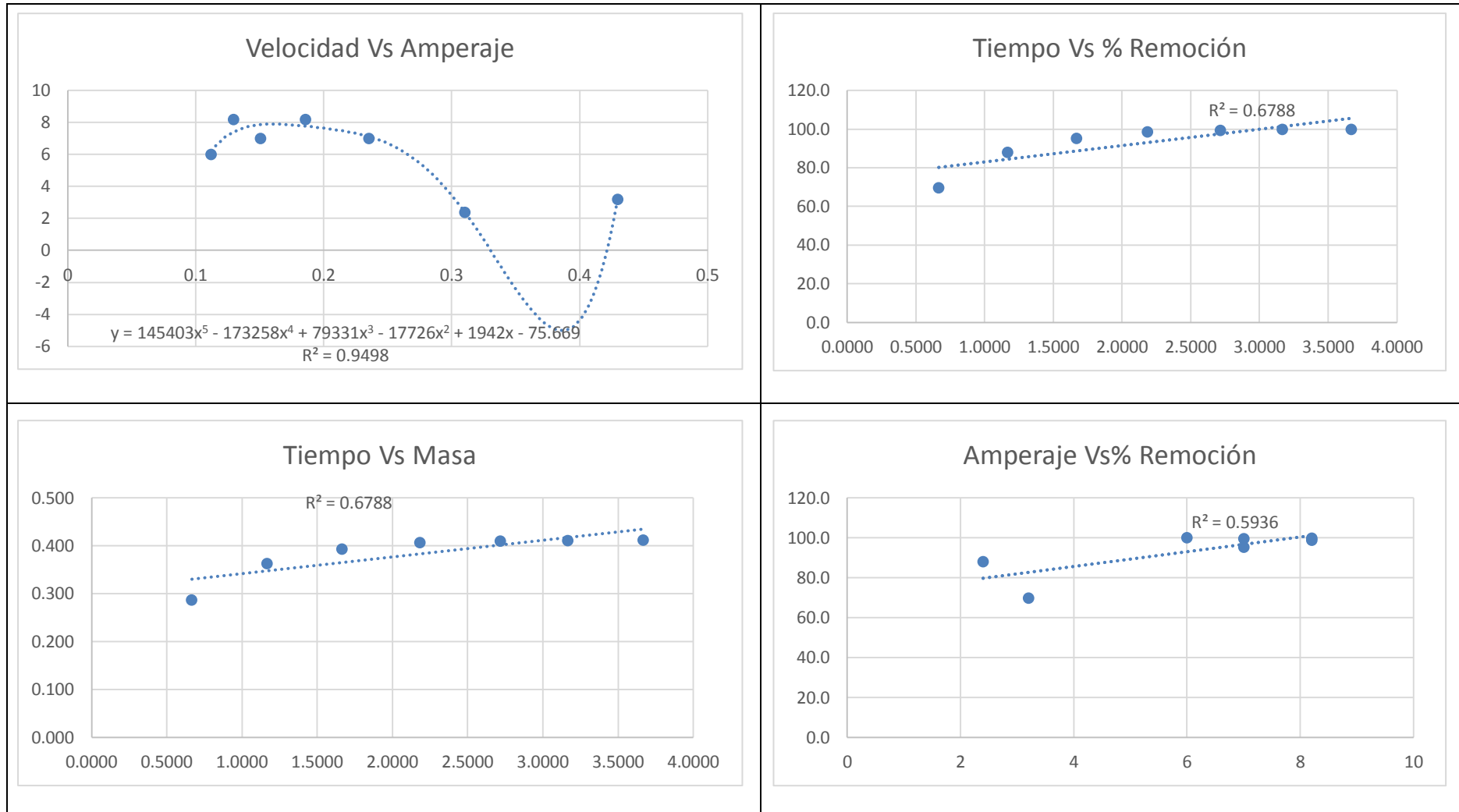
Fuente: Elaboración Propia

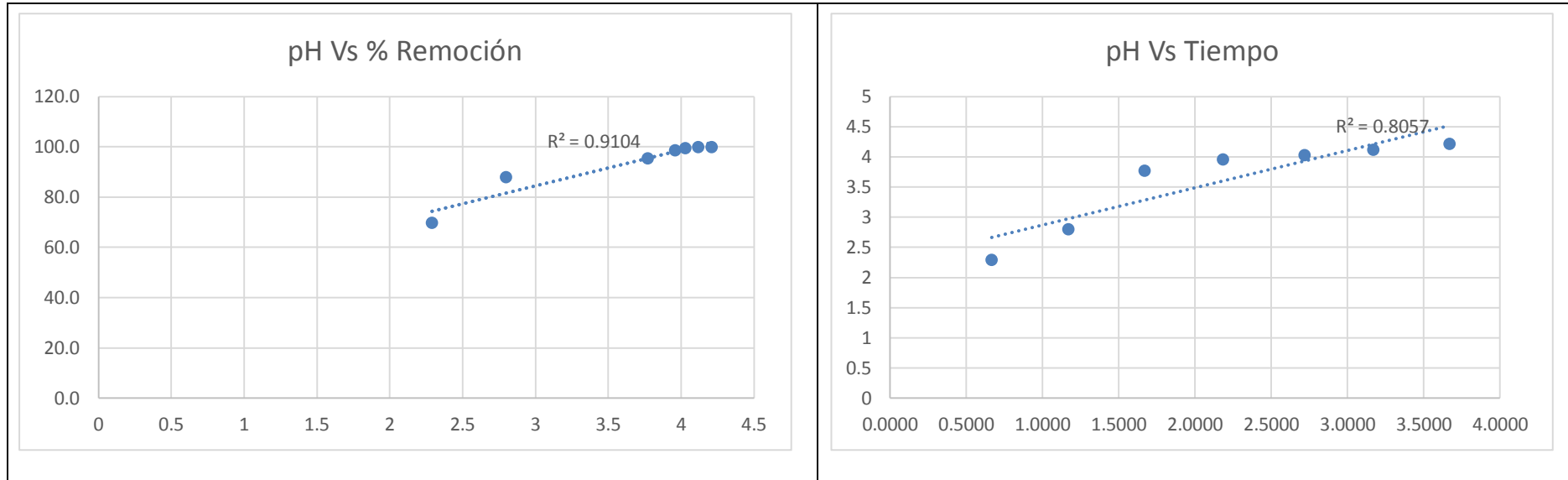
Tabla 99

Análisis de las Variables de Estudio del Cu

Tiempo (horas)	Amperios (A)	Dif. masa (gramos)	Remoción (%)	Velocidad	pH
0.6667	3.2	0.286	69.6	0.42966567	2.29
1.1667	2.4	0.362	88.0	0.310190563	2.8
1.6667	7	0.392	95.4	0.235360124	3.77
2.1833	8.2	0.406	98.7	0.185879967	3.96
2.7167	7	0.409	99.5	0.150653383	4.03
3.1667	8.2	0.411	99.8	0.129690279	4.12
3.6667	6	0.411	99.9	0.112055251	4.21

Fuente: Elaboración Propia





Fuente: Elaboración Propia

Tabla 100

Condiciones del Mg

Fecha	Volumen		Mg ley cabeza
	V _O	V _f	
21/11/2018	1.18 L	0.51 L	47.92 mg/L 56.5456 mg

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 101

Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Mg

pH	A	V	T°C	Tiempo [min]	Vol Muestra [mL]	Vol	Solución [ppm]	Volumen [mL]	Extracción [mg]	Diferencia de masa	% Remoción
2.29	3.2	44.99	51.38	40	27	1.51	55.849	1153	64.4	-7.848	-13.9
2.8	2.4	45.33	51.4	70	27	1.59	58.775	1126	66.2	-9.635	-17.0
3.77	7	42.83	57.46	100	27	1.55	57.509	1099	63.2	-6.657	-11.8
3.96	8.2	41.9	60.18	131	27	1.52	56.449	1072	60.5	-3.968	-7.0
4.03	7	42.89	57.1	163	27	1.43	52.942	1045	55.3	1.221	2.2
4.12	8.2	41.87	61.9	190	27	1.40	52.021	1018	53.0	3.588	6.3
4.21	6	43.3	58.8	220	27	1.37	50.694	991	50.2	6.308	11.2

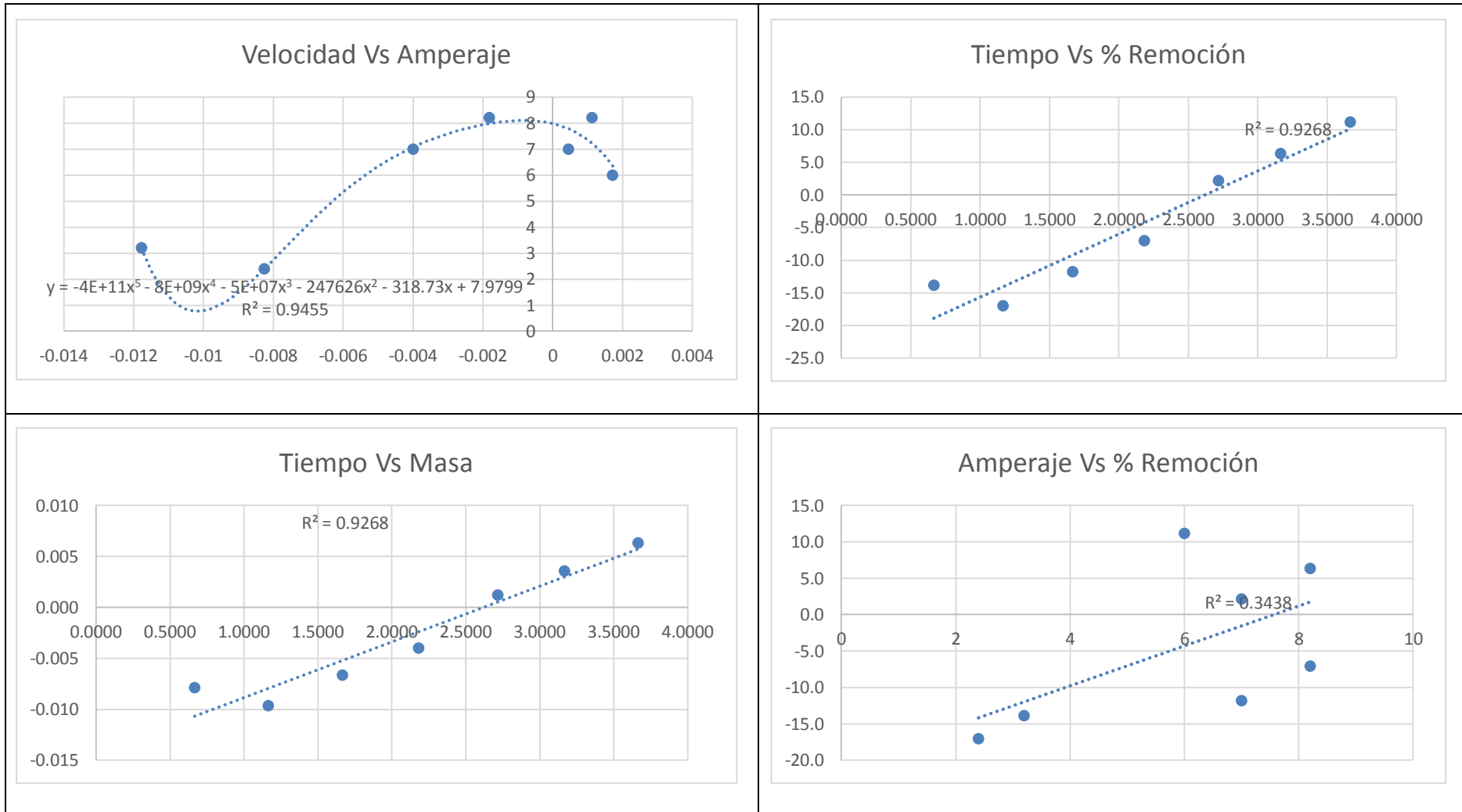
Fuente: Elaboración Propia

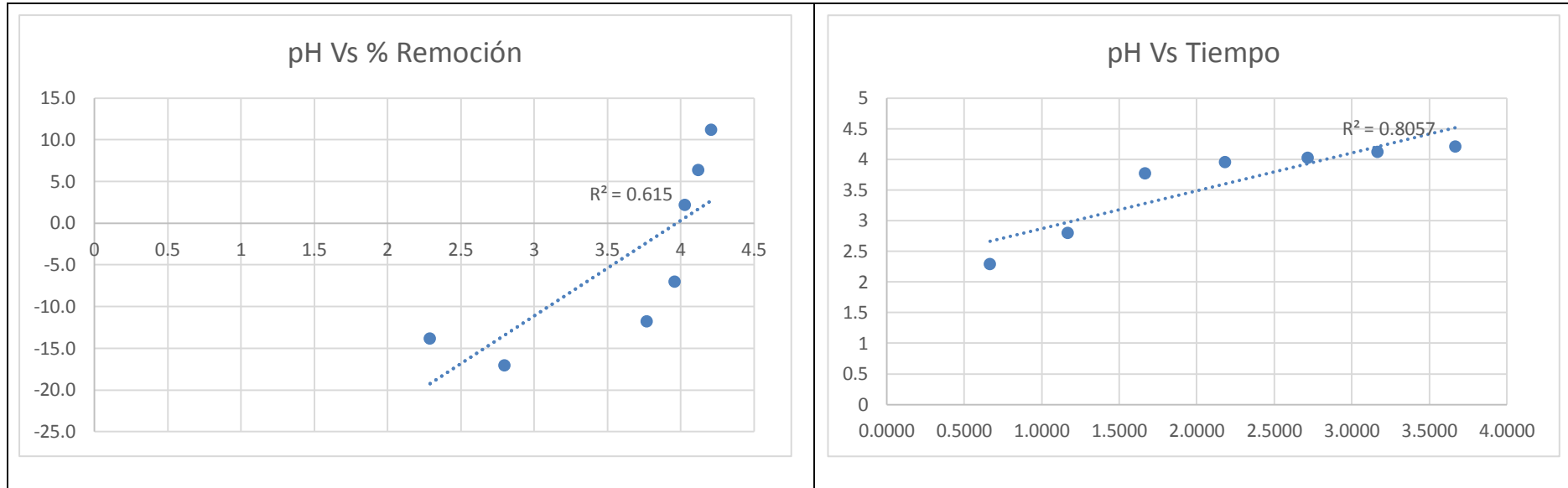
Tabla 102

Análisis de las Variables de Estudio del Mg

Tiempo (horas)	Amperios (A)	Dif. masa (gramos)	Remoción (%)	Velocidad	pH
0.6667	3.2	-0.008	-13.9	-0.011772446	2.29
1.1667	2.4	-0.010	-17.0	-0.008258614	2.8
1.6667	7	-0.007	-11.8	-0.003994075	3.77
2.1833	8.2	-0.004	-7.0	-0.00181728	3.96
2.7167	7	0.001	2.2	0.000449525	4.03
3.1667	8.2	0.004	6.3	0.001133123	4.12
3.6667	6	0.006	11.2	0.001720322	4.21

Fuente: Elaboración Propia





Fuente: Elaboración Propia

Tabla 103

Condiciones del Ni

Fecha	Volumen		Ni ley cabeza
	V ₀	V _f	
21/11/2018	1.18 L	0.51 L	1.626 mg/L 1.91868 mg

Fuente: Elaboración Propia

Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Ni

pH	A	V	T°C	Tiempo [min]	Vol Muestra [mL]	Vol	Solución [ppm]	Volumen [mL]	Extracción [mg]	Diferencia de masa	% Remoción
2.29	3.2	44.99	51.38	40	27	0.03	0.982	1153	1.1	0.786	41.0
2.8	2.4	45.33	51.4	70	27	0.02	0.783	1126	0.9	1.037	54.0
3.77	7	42.83	57.46	100	27	0.01	0.544	1099	0.6	1.321	68.8
3.96	8.2	41.9	60.18	131	27	0.01	0.526	1072	0.6	1.355	70.6
4.03	7	42.89	57.1	163	27	0.01	0.420	1045	0.4	1.480	77.1
4.12	8.2	41.87	61.9	190	27	0.01	0.322	1018	0.3	1.591	82.9
4.21	6	43.3	58.8	220	27	0.01	0.267	991	0.3	1.654	86.2

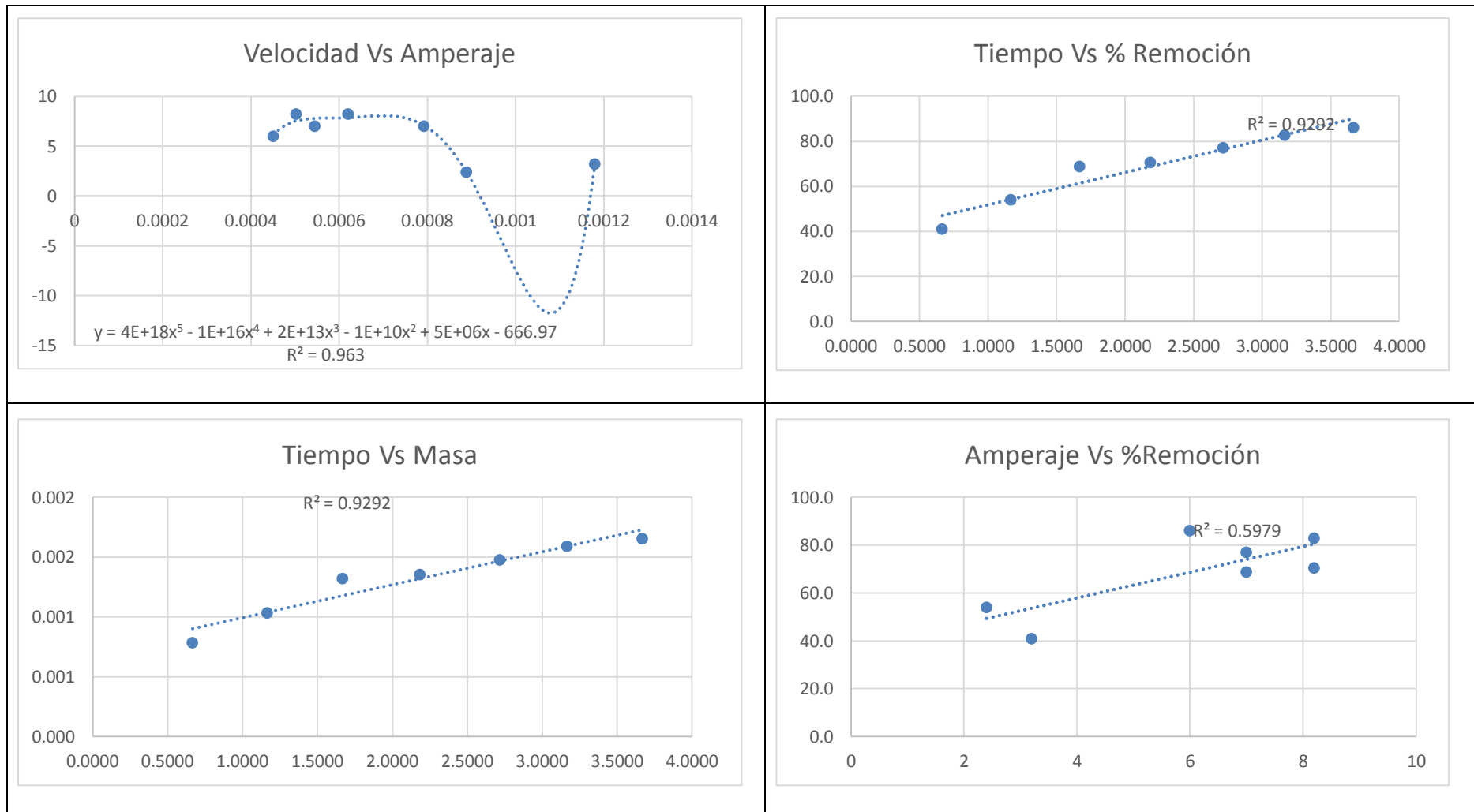
Fuente: Elaboración Propia

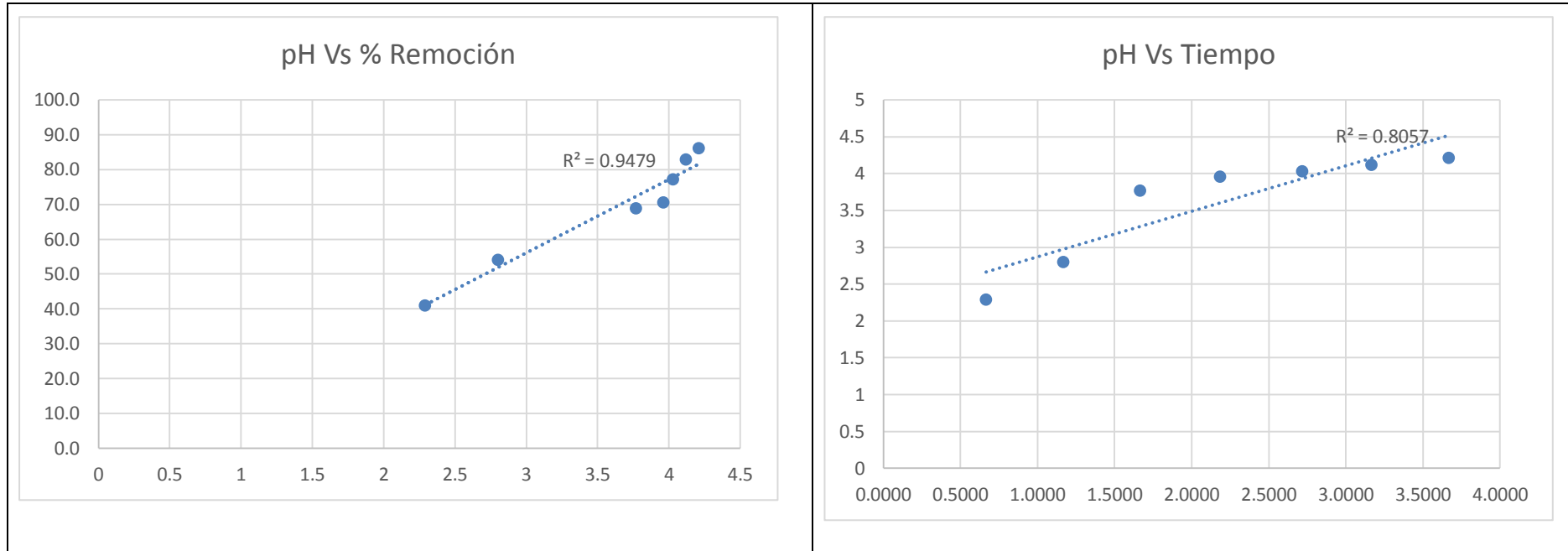
Tabla 105

Análisis de las Variables de Estudio del Ni

Tiempo (horas)	Amperios (A)	Dif. masa (gramos)	Remoción (%)	Velocidad	pH
0.6667	3.2	0.001	41.0	0.001179651	2.29
1.1667	2.4	0.001	54.0	0.000888876	2.8
1.6667	7	0.001	68.8	0.000792494	3.77
2.1833	8.2	0.001	70.6	0.000620523	3.96
2.7167	7	0.001	77.1	0.000544704	4.03
3.1667	8.2	0.002	82.9	0.000502384	4.12
3.6667	6	0.002	86.2	0.000451114	4.21

Fuente: Elaboración Propia





Fuente: Elaboración Propia

Tabla 106

Condiciones del Pb

Fecha	Volumen		Pb ley cabeza
	V _O	V _f	
21/11/2018	1.18 L	0.51 L	0.0261 mg/L 0.0308 mg

Fuente: Elaboración Propia

Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Pb

pH	A	V	T°C	Tiempo [min]	Vol Muestra [mL]	Vol	Solución [ppm]	Volumen [mL]	Extracción [mg]	Diferencia de masa	% Remoción
2.29	3.2	44.99	51.38	40	27	0.00	0.159	1153	0.2	-0.153	-495.3
2.8	2.4	45.33	51.4	70	27	0.00	0.027	1126	0.0	0.000	1.3
3.77	7	42.83	57.46	100	27	0.00	0.000	1099	0.0	0.031	100.0
3.96	8.2	41.9	60.18	131	27	0.00	0.000	1072	0.0	0.031	100.0
4.03	7	42.89	57.1	163	27	0.00	0.000	1045	0.0	0.031	100.0
4.12	8.2	41.87	61.9	190	27	0.00	0.000	1018	0.0	0.031	100.0
4.21	6	43.3	58.8	220	27	0.00	0.039	991	0.0	-0.008	-25.5

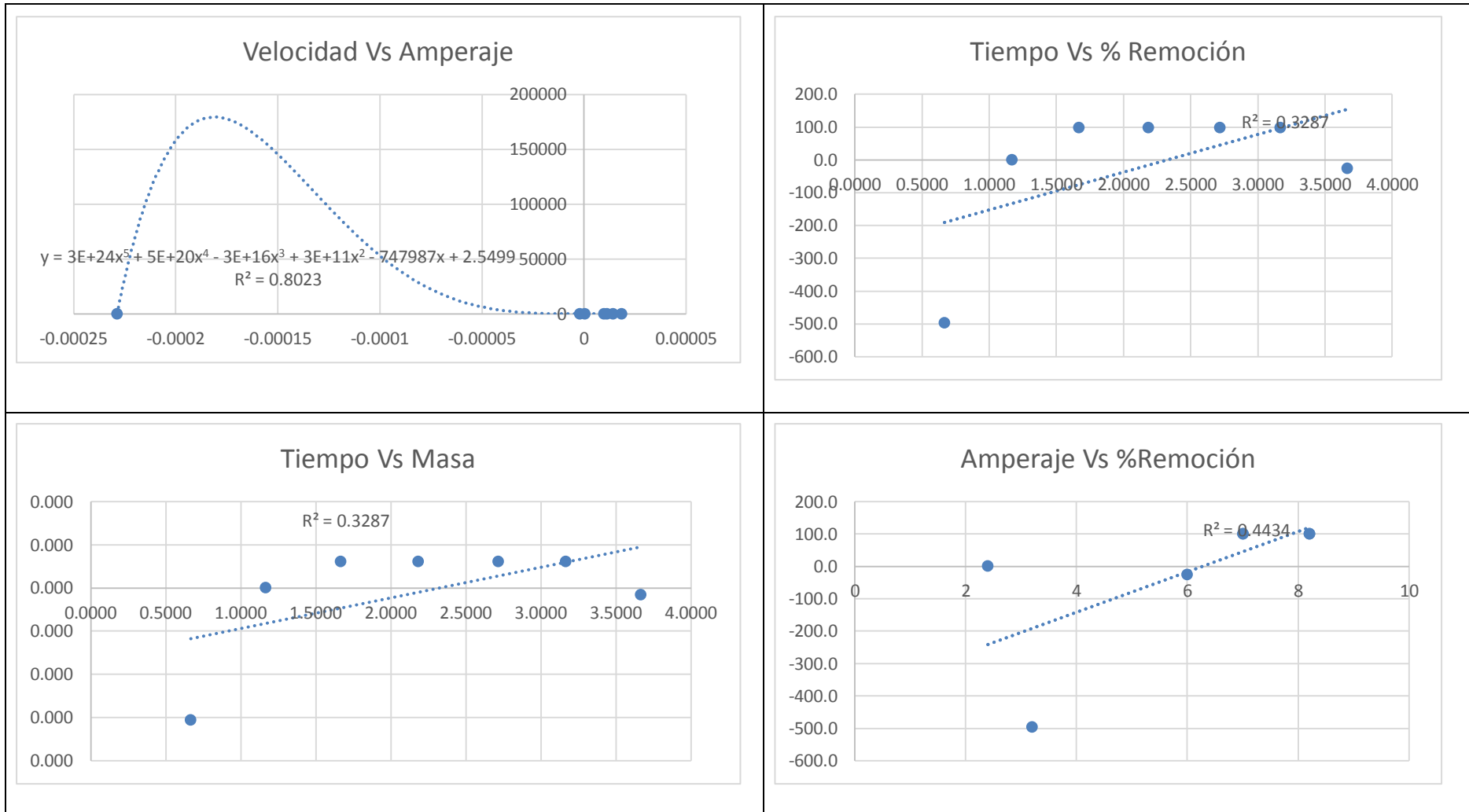
Fuente: Elaboración Propia

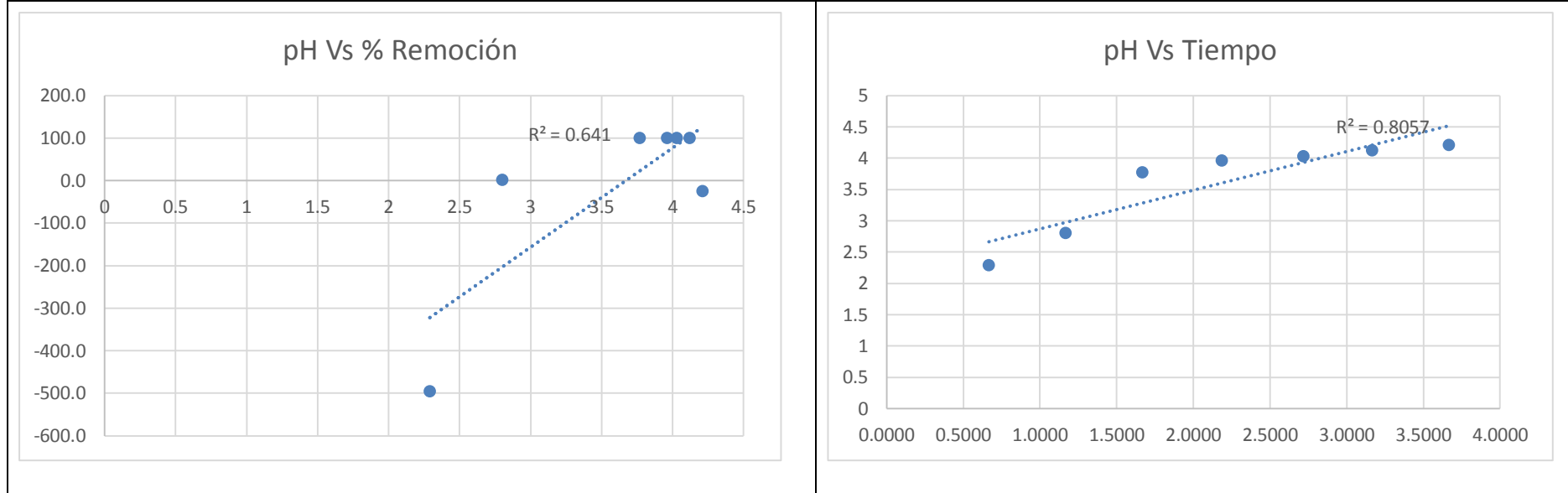
Tabla 108

Análisis de las Variables de Estudio del Pb

Tiempo (horas)	Amperios (A)	Dif. masa (gramos)	Remoción (%)	Velocidad	pH
0.6667	3.2	0.000	-495.3	-0.000228794	2.29
1.1667	2.4	0.000	1.3	3.39429E-07	2.8
1.6667	7	0.000	100.0	1.84788E-05	3.77
2.1833	8.2	0.000	100.0	1.4106E-05	3.96
2.7167	7	0.000	100.0	1.13367E-05	4.03
3.1667	8.2	0.000	100.0	9.72568E-06	4.12
3.6667	6	0.000	-25.5	-2.14118E-06	4.21

Fuente: Elaboración Propia





Fuente: Elaboración Propia

Tabla 109

Condiciones del Zn

Fecha	Volumen		Zn ley cabeza
	V _O	V _f	
21/11/2018	1.18 L	0.51 L	26.43 mg/L 31.1874mg

Fuente: Elaboración Propia

Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Zn

pH	A	V	T°C	Tiempo [min]	Vol Muestra [mL]	Vol	Solución [ppm]	Volumen [mL]	Extracción [mg]	Diferencia de masa	% Remoción
2.29	3.2	44.99	51.38	40	27	0.43	15.781	1153	18.2	12.992	41.7
2.8	2.4	45.33	51.4	70	27	0.36	13.351	1126	15.0	16.154	51.8
3.77	7	42.83	57.46	100	27	0.25	9.308	1099	10.2	20.958	67.2
3.96	8.2	41.9	60.18	131	27	0.16	5.929	1072	6.4	24.832	79.6
4.03	7	42.89	57.1	163	27	0.11	4.030	1045	4.2	26.976	86.5
4.12	8.2	41.87	61.9	190	27	0.08	3.086	1018	3.1	28.046	89.9
4.21	6	43.3	58.8	220	27	0.07	2.494	991	2.5	28.716	92.1

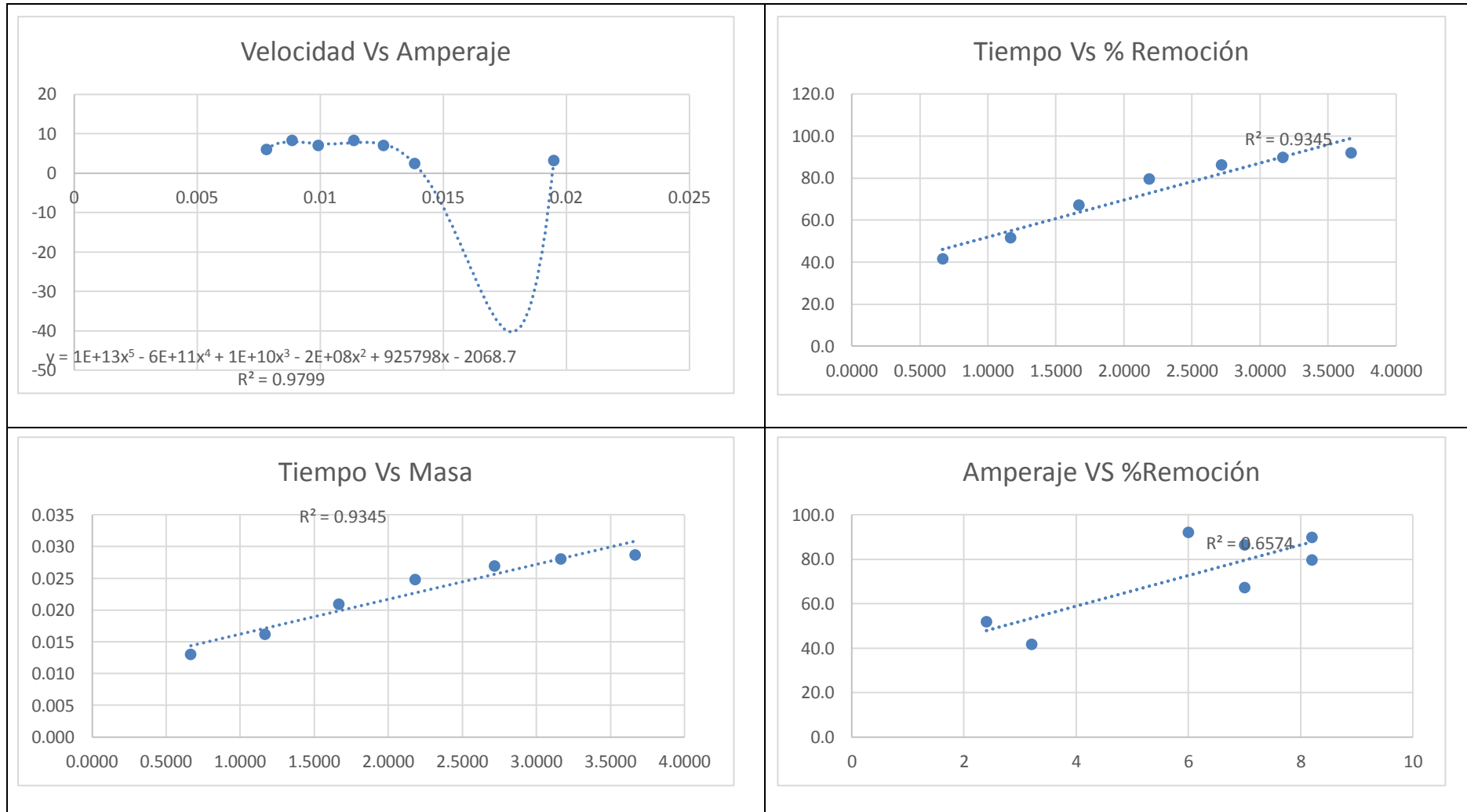
Fuente: Elaboración Propia

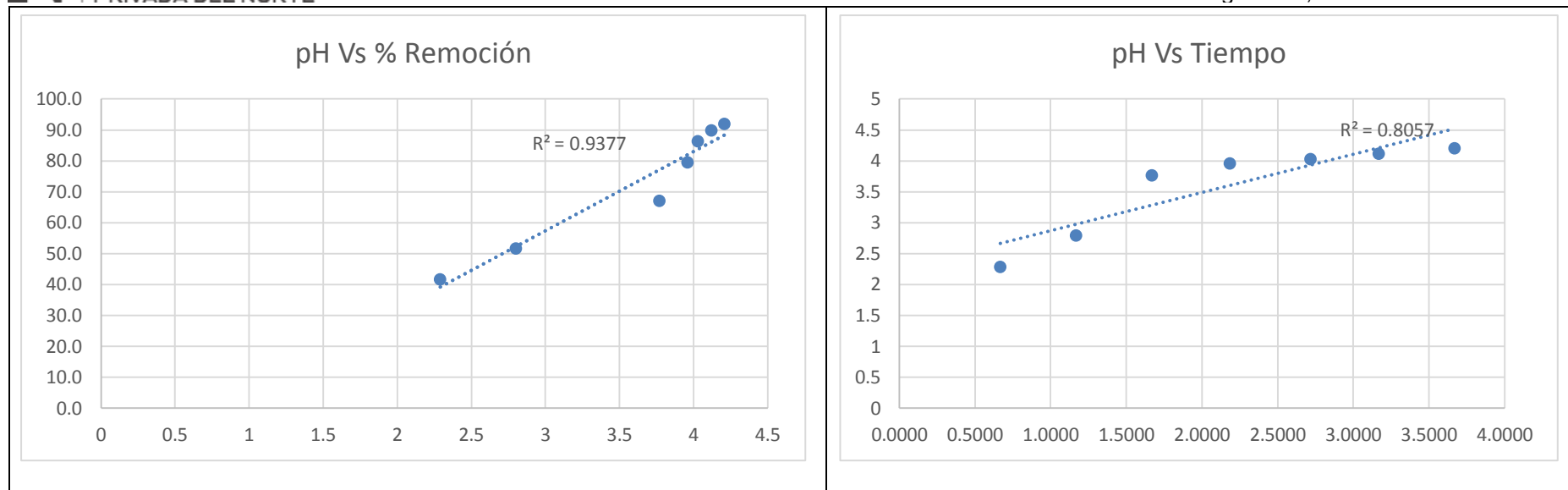
Tabla 111

Análisis de las Variables de Estudio del Zn

Tiempo (horas)	Amperios (A)	Dif. masa (gramos)	Remoción (%)	Velocidad	pH
0.6667	3.2	0.013	41.7	0.019487861	2.29
1.1667	2.4	0.016	51.8	0.013846435	2.8
1.6667	7	0.021	67.2	0.012574745	3.77
2.1833	8.2	0.025	79.6	0.011373212	3.96
2.7167	7	0.027	86.5	0.009929834	4.03
3.1667	8.2	0.028	89.9	0.008856585	4.12
3.6667	6	0.029	92.1	0.007831594	4.21

Fuente: Elaboración Propia





Fuente: Elaboración Propia

- **Cuarta Prueba Al-Fe-Al**

Tabla 112

Condiciones del Fe

Fecha	Volumen		W _(electrodo)		Fe ley cabeza
	V _O	V _f	W _o	W _f	
28/11/2018	1.18 L	0.51 L	87.3145 gr	69.632 gr	5067 mg/L 5979.06 mg

Fuente: Elaboración Propia

Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Fe

pH	A	V	T°C	Tiempo [min]	Vol Muestra [mL]	Vol	Solución [ppm]	Volumen [mL]	Extracción [mg]	Diferencia de masa	% Remoción
2.1	5.6	43.7	19.5	2	25	32.40	1295.9	1155	1496.8	4482.252	75.0
2.27	4.8	44.12	41.8	32	25	32.80	1312.1	1130	1482.6	4496.422	75.2
2.3	5.8	43.14	55.82	62	25	32.98	1319.1	1105	1457.6	4521.410	75.6
2.63	8.8	41.81	59.5	92	25	33.31	1332.2	1080	1438.8	4540.267	75.9
3.65	6.8	42.87	62	122	25	33.66	1346.3	1055	1420.4	4558.671	76.2
3.87	6.4	43.03	63.22	152	25	33.91	1356.3	1030	1397.0	4582.037	76.6
4.67	6	43.33	62.62	182	25	33.58	1343.3	1005	1350.0	4629.037	77.4

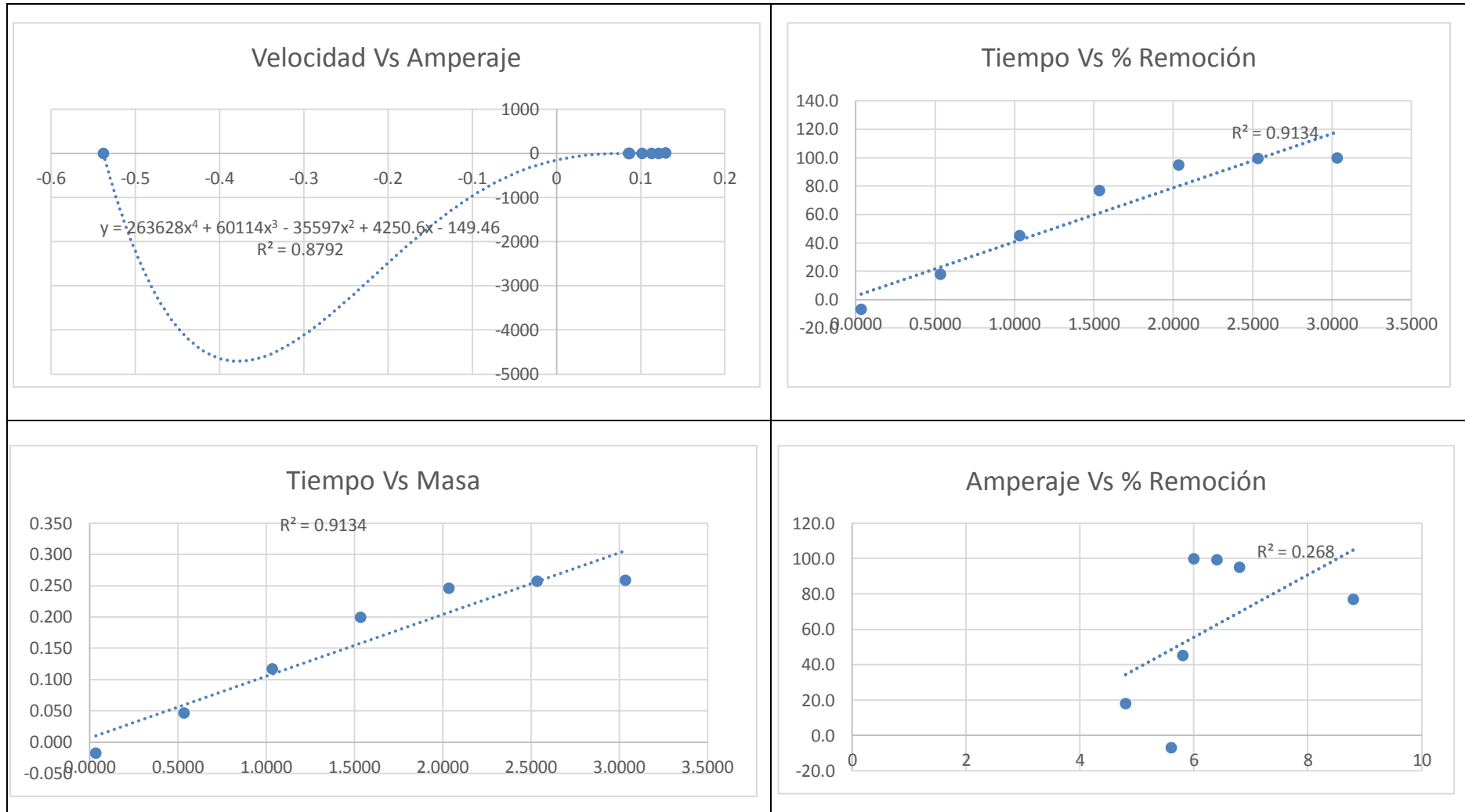
Fuente: Elaboración Propia

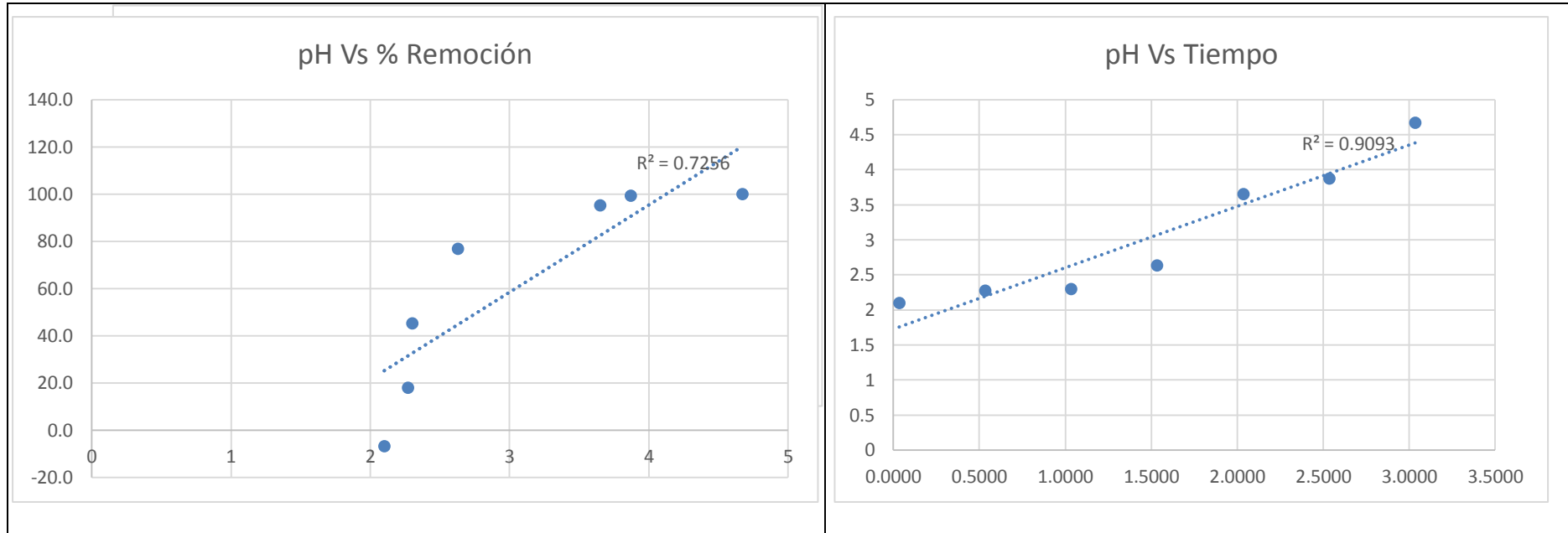
Tabla 114

Análisis de las Variables de Estudio del Fe

Tiempo (horas)	Amperios (A)	Dif. masa (gramos)	Remoción (%)	Velocidad	pH
0.0333	5.6	-0.018	-6.9	-0.538287	2.1
0.5333	4.8	0.046	17.9	0.08675858	2.27
1.0333	5.8	0.117	45.1	0.11302031	2.3
1.5333	8.8	0.199	76.9	0.1297128	2.63
2.0333	6.8	0.246	95.1	0.12095693	3.65
2.5333	6.4	0.257	99.4	0.10145659	3.87
3.0333	6	0.258	99.9	0.08518224	4.67

Fuente: Elaboración Propia





Fuente: Elaboración Propia

Tabla 115

Condiciones del Al

Fecha	Volumen		W _(electrodo)		Al ley cabeza
	V _O	V _f	W _o	W _f	
28/11/2018	1.18 L	0.51 L	66.5541 gr	80.9986 gr	219.22 mg/L 258.6796 mg

Fuente: Elaboración Propia

Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Al

pH	A	V	T°C	Tiempo [min]	Vol Muestra [mL]	Vol	Solución [ppm]	Volumen [mL]	Extracción [mg]	Diferencia de masa	% Remoción
2.1	5.6	43.7	41.0	2	25	5.99	239.500	1155	276.6	-17.943	-6.9
2.27	4.8	44.12	41.8	32	25	4.70	187.972	1130	212.4	46.271	17.9
2.3	5.8	43.14	55.82	62	25	3.21	128.409	1105	141.9	116.788	45.1
2.63	8.8	41.81	59.5	92	25	1.38	55.358	1080	59.8	198.893	76.9
3.65	6.8	42.87	62	122	25	0.30	12.070	1055	12.7	245.946	95.1
3.87	6.4	43.03	63.22	152	25	0.04	1.608	1030	1.7	257.023	99.4
4.67	6	43.33	62.62	182	25	0.01	0.292	1005	0.3	258.386	99.9

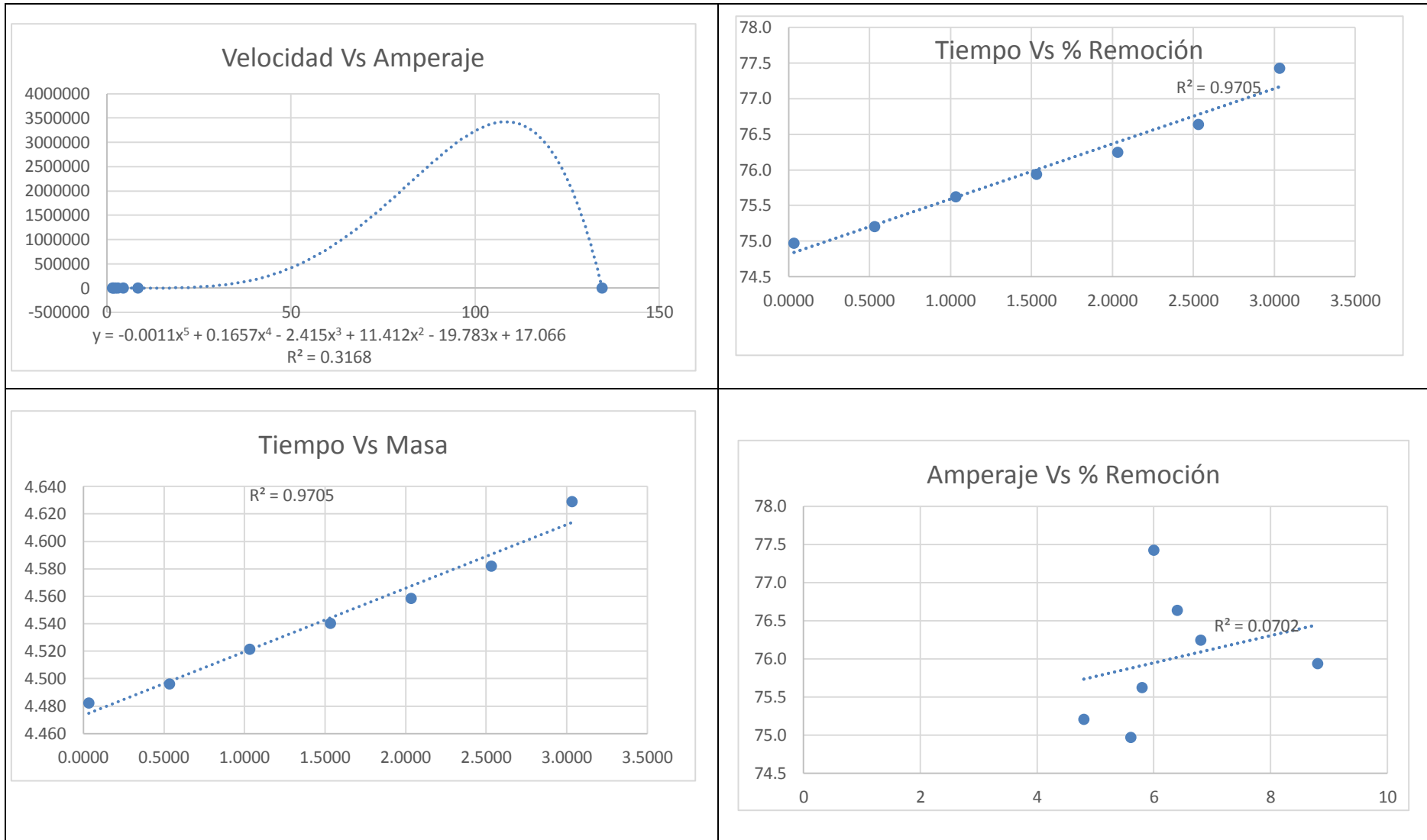
Fuente: Elaboración Propia

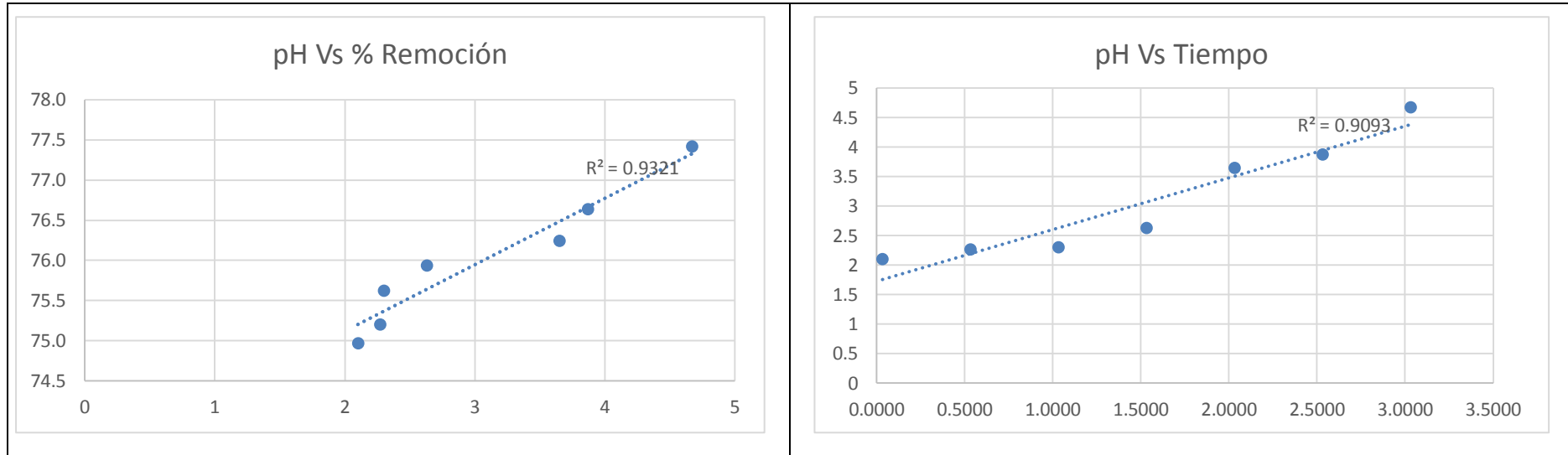
Tabla 117

Análisis de las Variables de Estudio del Al

Tiempo (horas)	Amperios (A)	Dif. masa (gramos)	Remoción (%)	Velocidad	pH
0.0333	5.6	4.482	75.0	134.467548	2.1
0.5333	4.8	4.496	75.2	8.43079131	2.27
1.0333	5.8	4.521	75.6	4.37555835	2.3
1.5333	8.8	4.540	75.9	2.96104351	2.63
2.0333	6.8	4.559	76.2	2.24196949	3.65
2.5333	6.4	4.582	76.6	1.80869882	3.87
3.0333	6	4.629	77.4	1.52605631	4.67

Fuente: Elaboración Propia





Fuente: Elaboración Propia

Tabla 118

Condiciones del As

Fecha	Volumen		AS ley cabeza
	V _O	V _f	
28/11/2018	1.18 L	0.5 L	177.9 mg/L 209.922 mg

Fuente: Elaboración Propia

Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el As

pH	A	V	T°C	Tiempo [min]	Vol Muestra [mL]	Vol	Solución [ppm]	Volumen [mL]	Extracción [mg]	Diferencia de masa	% Remoción
2.1	5.6	43.7	41.0	2	25	3.85	153.819	1155	177.7	32.261	15.4
2.27	4.8	44.12	41.8	32	25	1.20	48.102	1130	54.4	155.567	74.1
2.3	5.8	43.14	55.82	62	25	0.12	4.953	1105	5.5	204.449	97.4
2.63	8.8	41.81	59.5	92	25	0.00	0.183	1080	0.2	209.724	99.9
3.65	6.8	42.87	62	122	25	0.00	0.000	1055	0.0	209.922	100.0
3.87	6.4	43.03	63.22	152	25	0.00	0.000	1030	0.0	209.922	100.0
4.67	6	43.33	62.62	182	25	0.00	0.000	1005	0.0	209.922	100.0

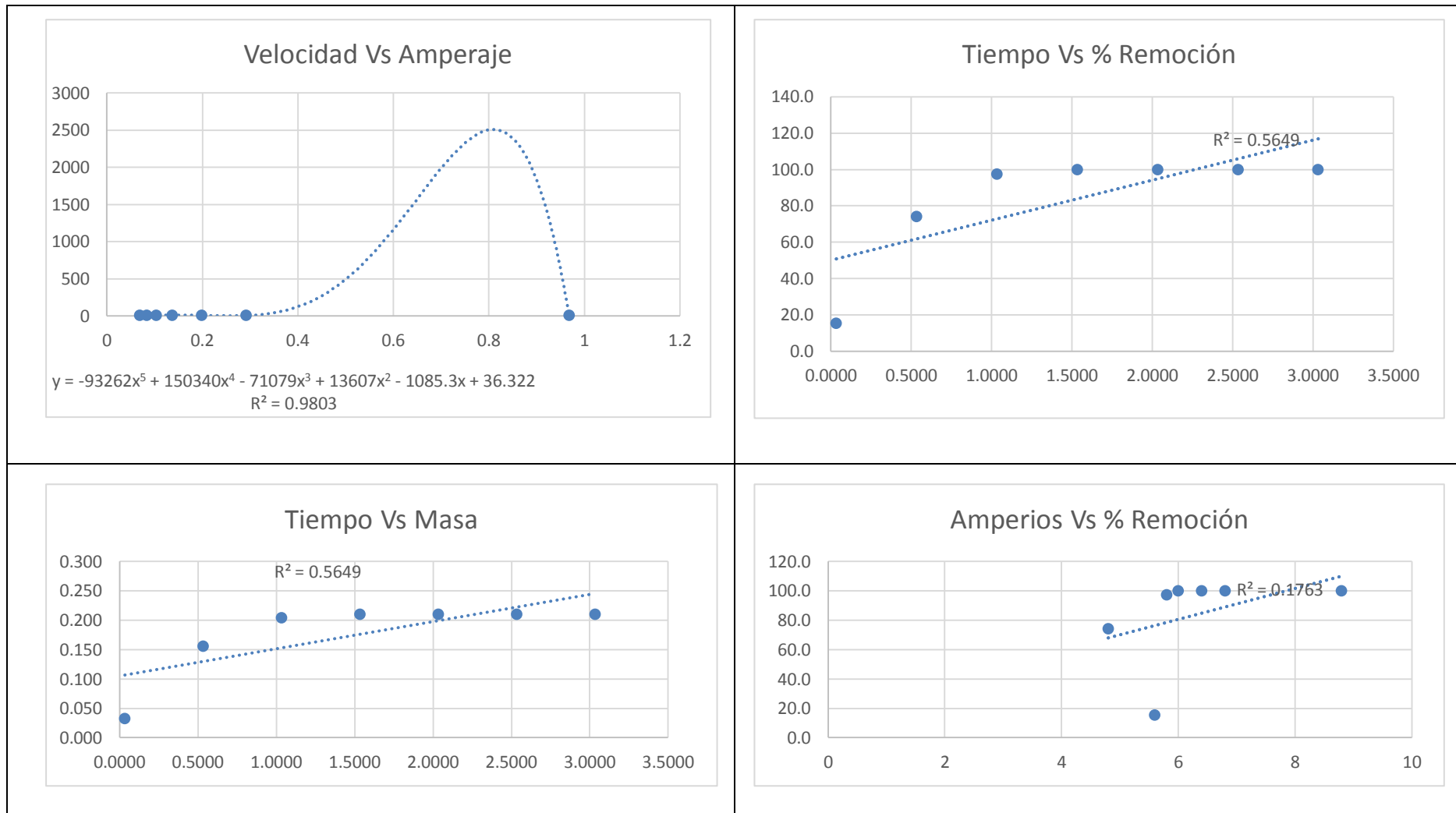
Fuente: Elaboración Propia

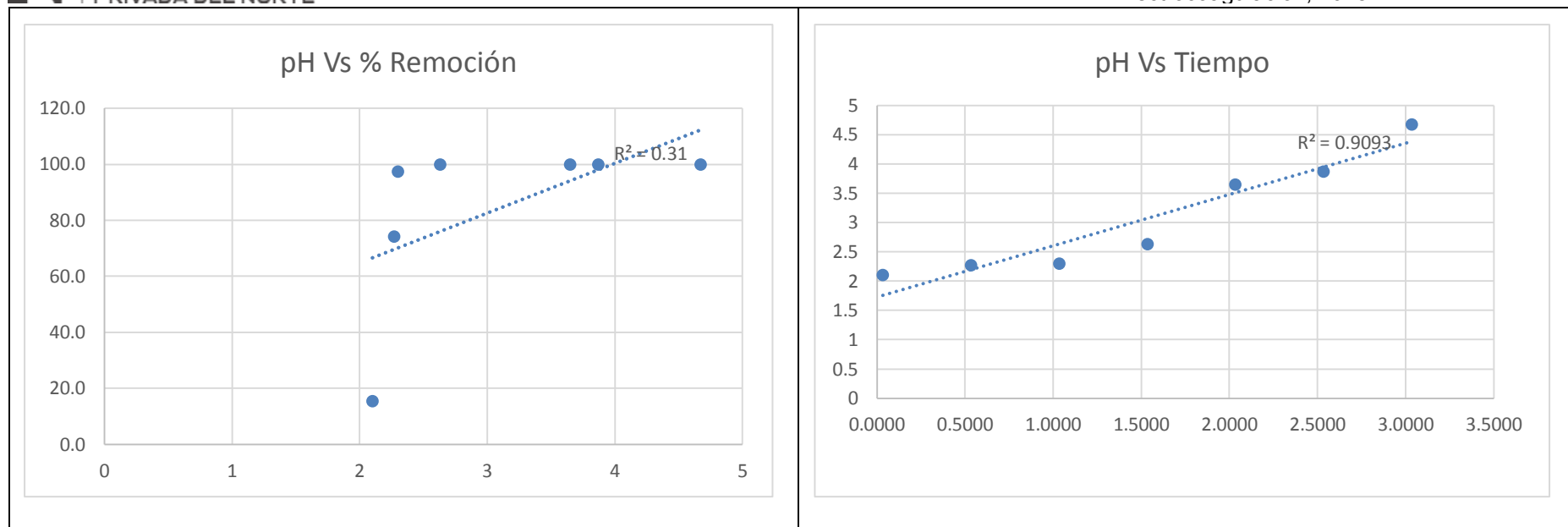
Tabla 120

Análisis de las Variables de Estudio del As

Tiempo (horas)	Amperios (A)	Dif. masa (gramos)	Remoción (%)	Velocidad	pH
0.0333	5.6	0.032	15.4	0.96783165	2.1
0.5333	4.8	0.156	74.1	0.291687638	2.27
1.0333	5.8	0.204	97.4	0.197853808	2.3
1.5333	8.8	0.210	99.9	0.136776757	2.63
2.0333	6.8	0.210	100.0	0.103240328	3.65
2.5333	6.4	0.210	100.0	0.082863947	3.87
3.0333	6	0.210	100.0	0.069205055	4.67

Fuente: Elaboración Propia





Fuente: Elaboración Propia

Tabla 121

Condiciones del Ca

Fecha	Volumen		Ca ley cabeza
	V _O	V _f	
28/11/2018	1.18 L	0.51 L	330.1 mg/L 389.518 mg

Fuente: Elaboración Propia

Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Ca

pH	A	V	T°C	Tiempo [min]	Vol Muestra [mL]	Vol	Solución [ppm]	Volumen [mL]	Extracción [mg]	Diferencia de masa	% Remoción
2.1	5.6	43.7		2	25	11.76	470.223	1155	543.1	-153.590	-39.4
2.27	4.8	44.12	41.8	32	25	11.99	479.714	1130	542.1	-152.559	-39.2
2.3	5.8	43.14	55.82	62	25	11.21	448.392	1105	495.5	-105.955	-27.2
2.63	8.8	41.81	59.5	92	25	11.36	454.286	1080	490.6	-101.111	-26.0
3.65	6.8	42.87	62	122	25	11.77	470.732	1055	496.6	-107.104	-27.5
3.87	6.4	43.03	63.22	152	25	11.97	478.965	1030	493.3	-103.816	-26.7
4.67	6	43.33	62.62	182	25	12.22	488.747	1005	491.2	-101.673	-26.1

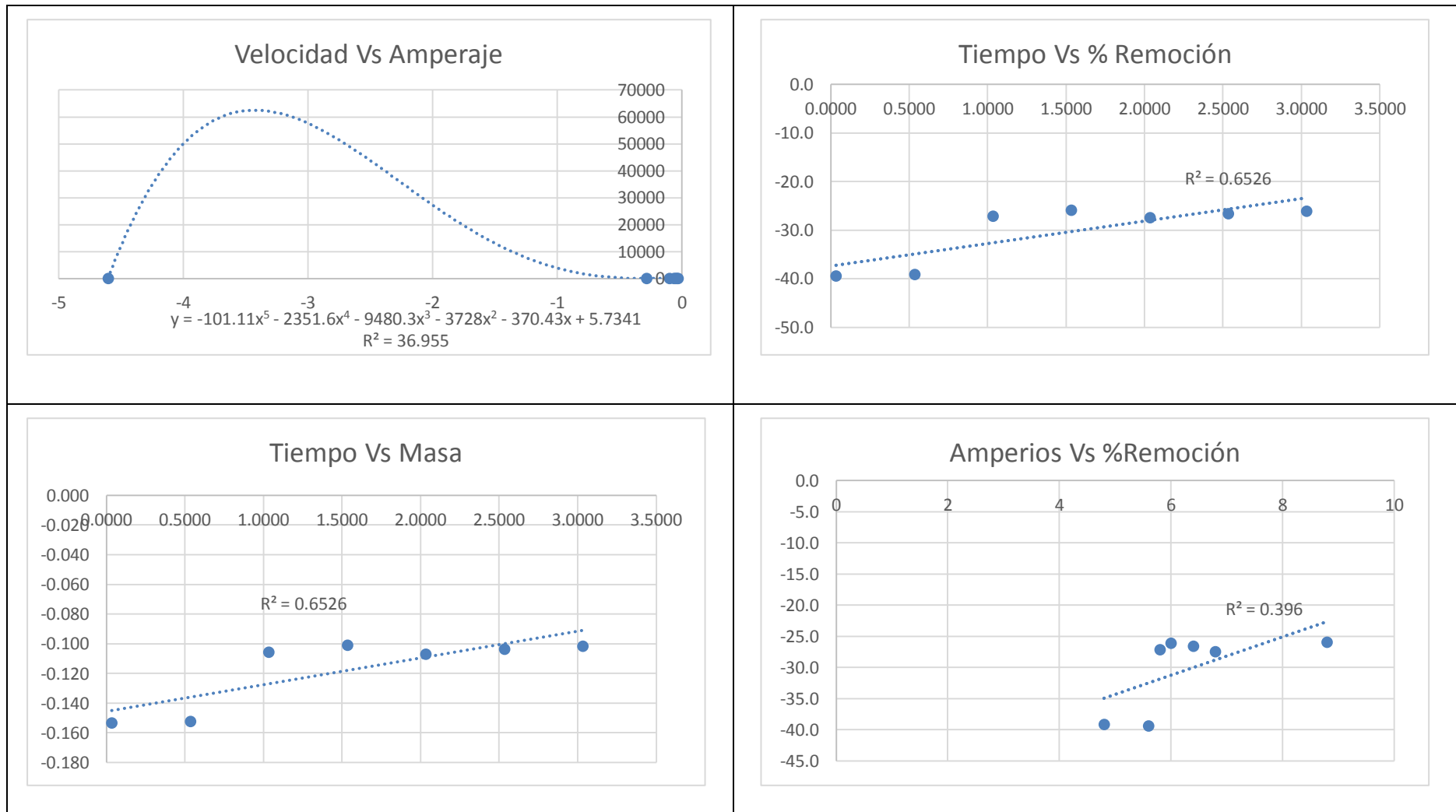
Fuente: Elaboración Propia

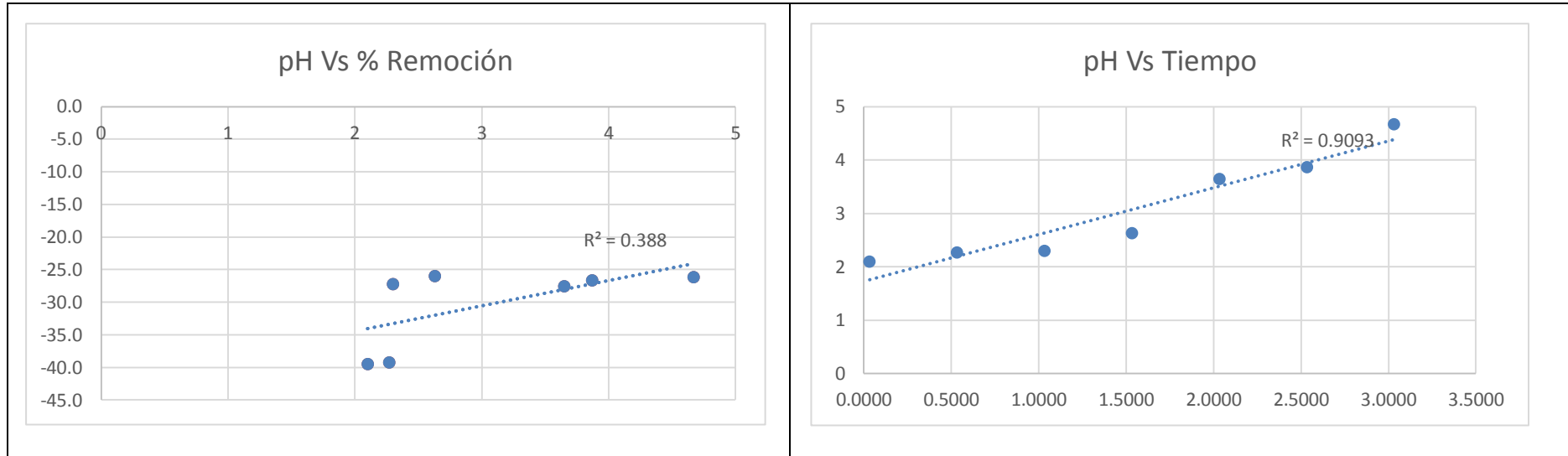
Tabla 123

Análisis de las Variables de Estudio Ca

Tiempo (horas)	Amperios (A)	Dif. masa (gramos)	Remoción (%)	Velocidad	pH
0.0333	5.6	-0.154	-39.4	-4.60768695	2.1
0.5333	4.8	-0.153	-39.2	-0.286047788	2.27
1.0333	5.8	-0.106	-27.2	-0.102537252	2.3
1.5333	8.8	-0.101	-26.0	-0.065941878	2.63
2.0333	6.8	-0.107	-27.5	-0.052674226	3.65
2.5333	6.4	-0.104	-26.7	-0.04097998	3.87
3.0333	6	-0.102	-26.1	-0.033518484	4.67

Fuente: Elaboración Propia





Fuente: Elaboración Propia

Tabla 124

Condiciones del Cd

Fecha	Volumen		Cd ley cabeza
	V _o	V _f	
28/11/2018	1.18 L	0.51 L	0.2207 mg/L 0.26043 mg

Fuente: Elaboración Propia

Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Cd

pH	A	V	T°C	Tiempo [min]	Vol Muestra [mL]	Vol Solución [ppm]	Volumen [mL]	Extracción [mg]	Diferencia de masa	% Remoción
2.1	5.6	43.7	41.0	2	25	0.01	1155	0.4	-0.118	-45.5
2.27	4.8	44.12	41.8	32	25	0.00	1130	0.2	0.068	26.2
2.3	5.8	43.14	55.82	62	25	0.00	1105	0.1	0.172	66.1
2.63	8.8	41.81	59.5	92	25	0.00	1080	0.0	0.249	95.4
3.65	6.8	42.87	62	122	25	0.00	1055	0.0	0.260	100.0
3.87	6.4	43.03	63.22	152	25	0.00	1030	0.0	0.260	100.0
4.67	6	43.33	62.62	182	25	0.00	1005	0.0	0.260	100.0

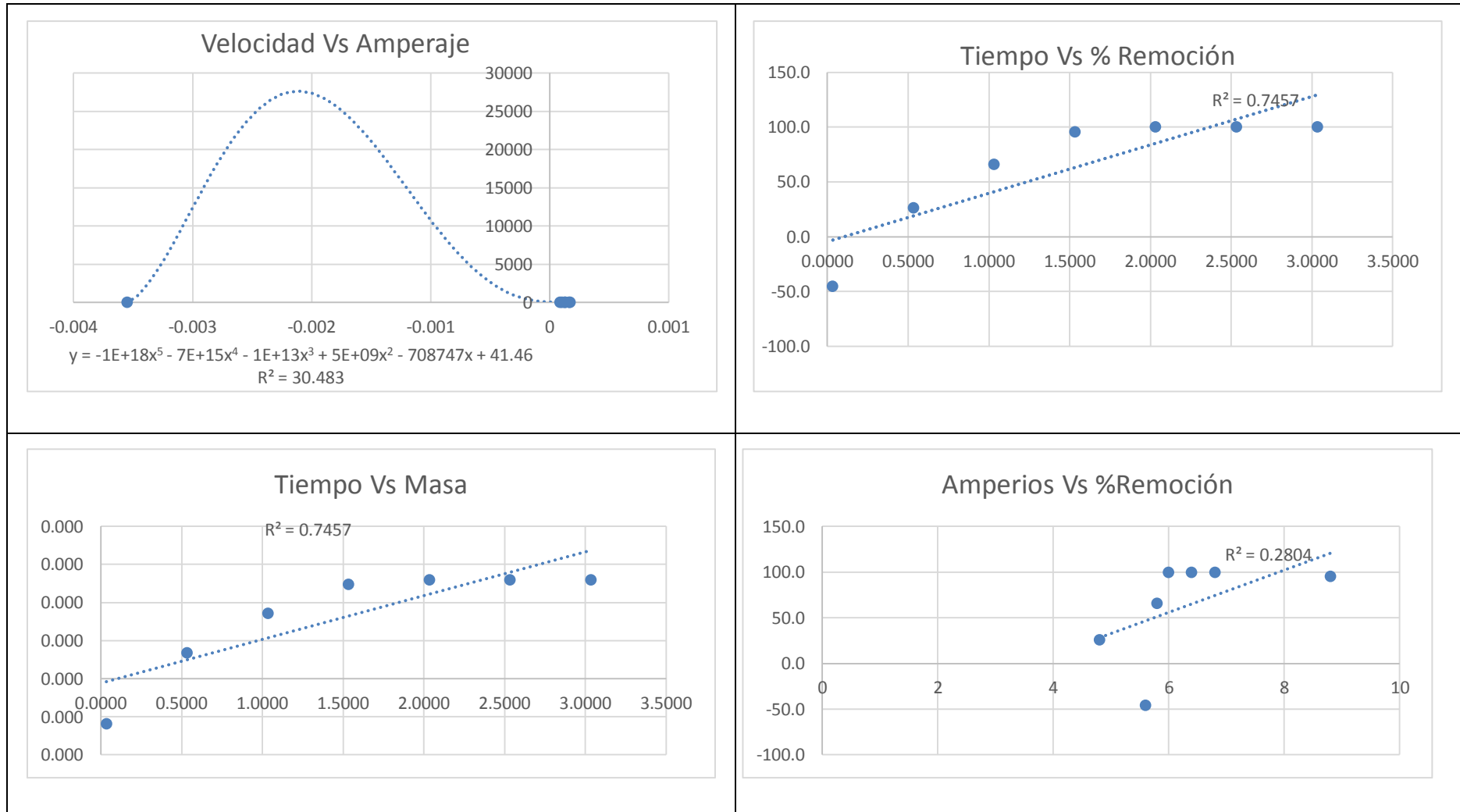
Fuente: Elaboración Propia

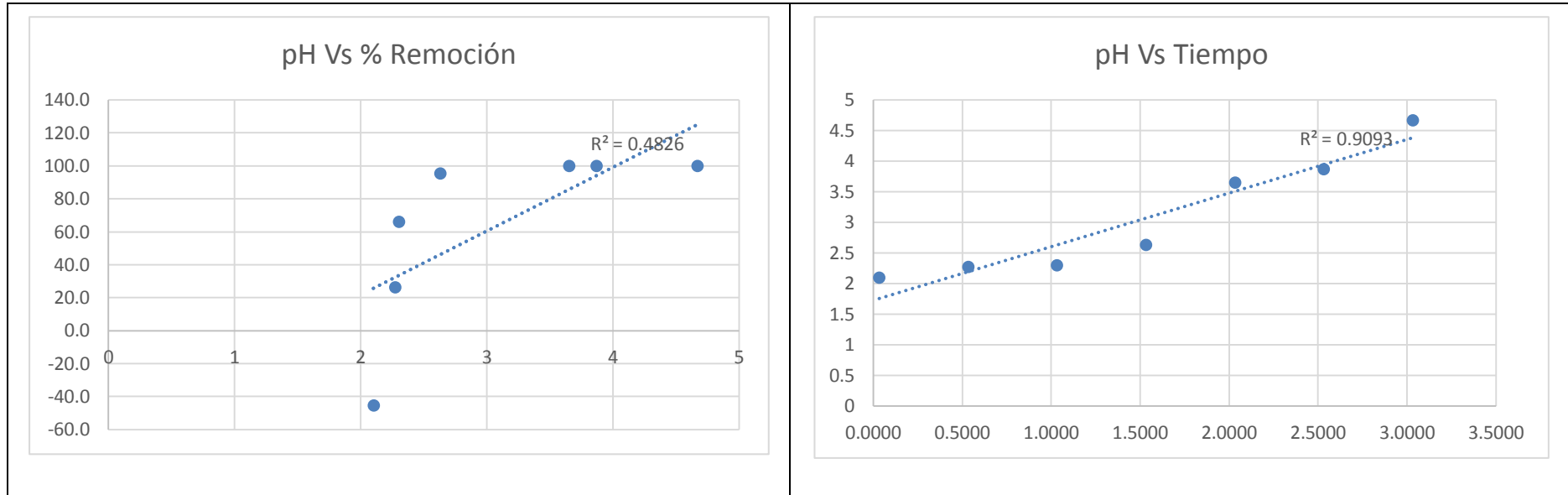
Tabla 126

Análisis de las Variables de Estudio del Cd.

Tiempo (horas)	Amperios (A)	Dif. masa (gramos)	Remoción (%)	Velocidad	pH
0.0333	5.6	0.000	-45.5	-0.00355242	2.1
0.5333	4.8	0.000	26.2	0.000128111	2.27
1.0333	5.8	0.000	66.1	0.000166477	2.3
1.5333	8.8	0.000	95.4	0.000162095	2.63
2.0333	6.8	0.000	100.0	0.000128078	3.65
2.5333	6.4	0.000	100.0	0.0001028	3.87
3.0333	6	0.000	100.0	8.58547E-05	4.67

Fuente: Elaboración Propia





Fuente: Elaboración Propia

Tabla 127

Condiciones del Co

Fecha	Volumen		Co ley cabeza
	V _O	V _f	
28/11/2018	1.18 L	0.51 L	4.485 mg/L 5.2923 mg

Fuente: Elaboración Propia

Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Co

pH	A	V	T°C	Tiempo [min]	Vol Muestra [mL]	Vol	Solución [ppm]	Volumen [mL]	Extracción [mg]	Diferencia de masa	% Remoción
2.1	5.6	43.7	41.0	2	25	0.13	5.169	1155	6.0	-0.678	-12.8
2.27	4.8	44.12	41.8	32	25	0.11	4.308	1130	4.9	0.424	8.0
2.3	5.8	43.14	55.82	62	25	0.07	2.881	1105	3.2	2.109	39.8
2.63	8.8	41.81	59.5	92	25	0.04	1.623	1080	1.8	3.539	66.9
3.65	6.8	42.87	62	122	25	0.02	0.856	1055	0.9	4.389	82.9
3.87	6.4	43.03	63.22	152	25	0.01	0.553	1030	0.6	4.723	89.2
4.67	6	43.33	62.62	182	25	0.01	0.327	1005	0.3	4.964	93.8

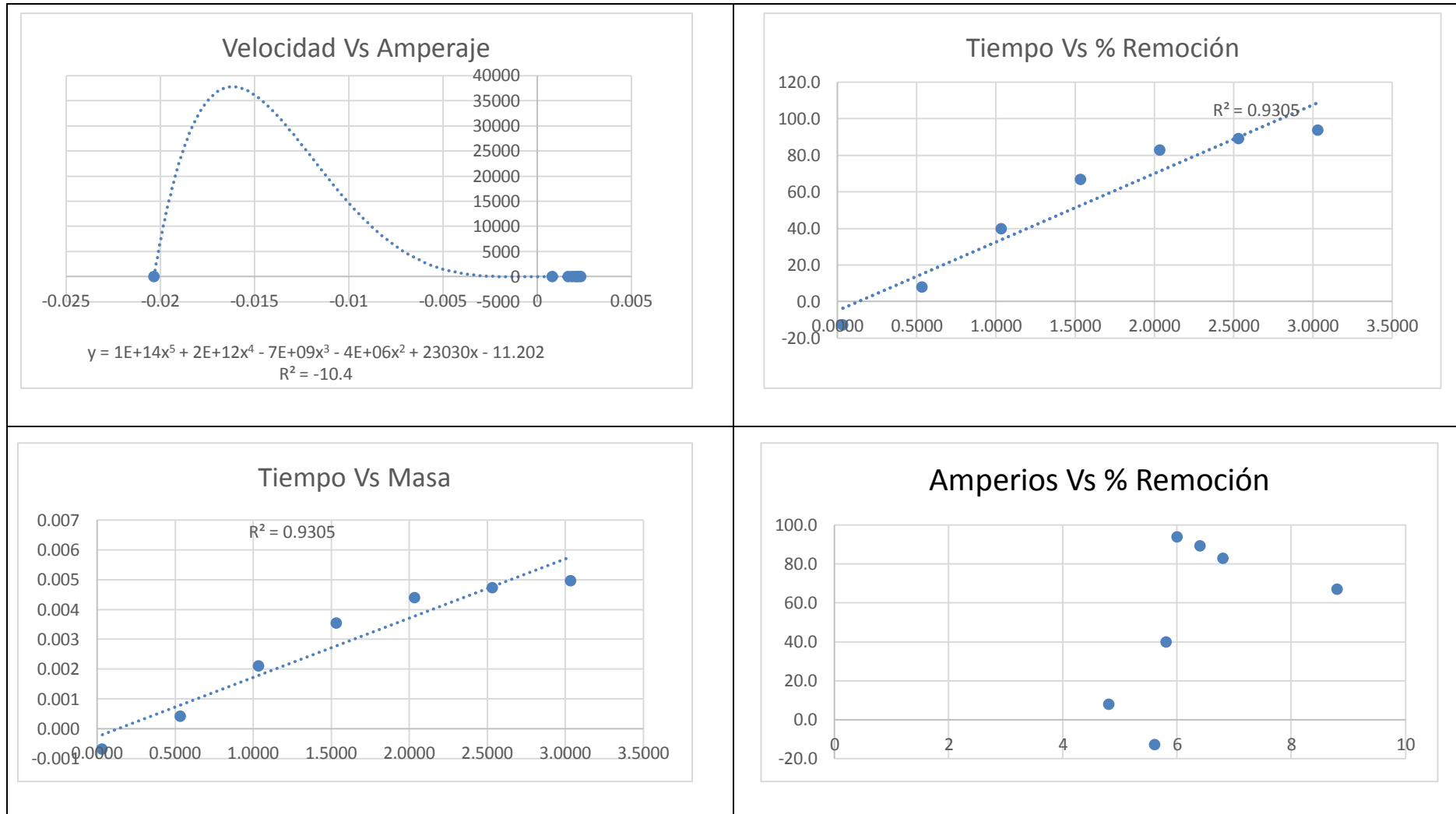
Fuente: Elaboración Propia

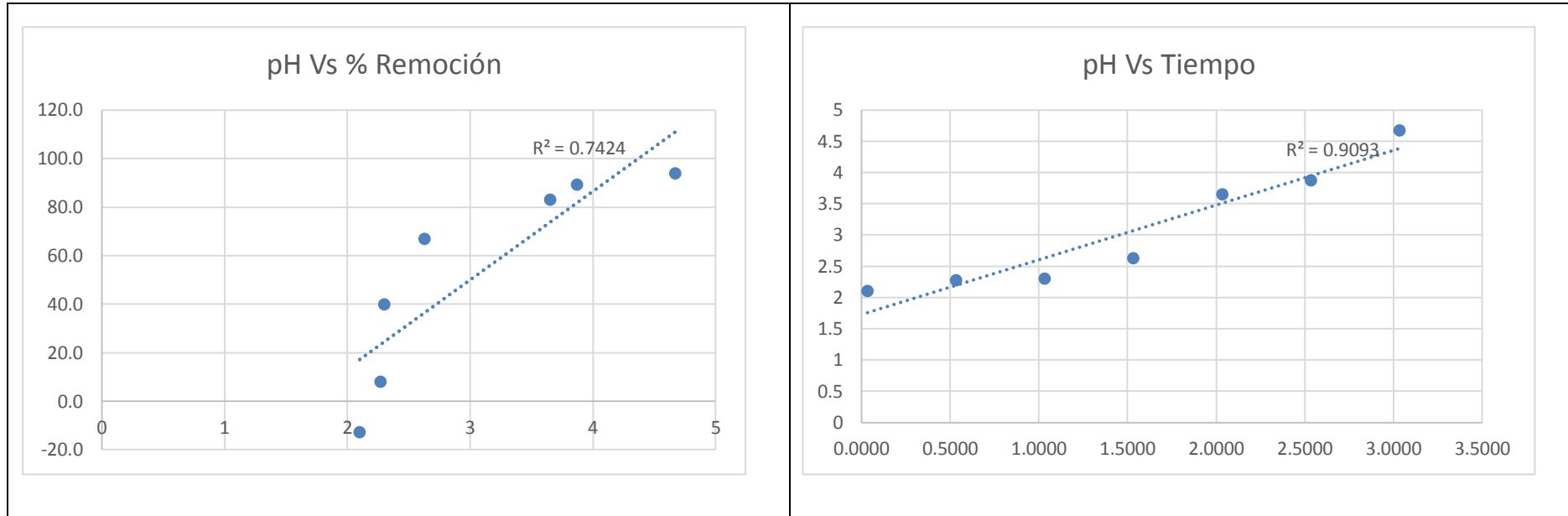
Tabla 129

Análisis de las Variables de Estudio del Co

Tiempo (horas)	Amperios (A)	Dif. masa (gramos)	Remoción (%)	Velocidad	pH
0.0333	5.6	-0.001	-12.8	-0.02033685	2.1
0.5333	4.8	0.000	8.0	0.000795488	2.27
1.0333	5.8	0.002	39.8	0.002040769	2.3
1.5333	8.8	0.004	66.9	0.002308343	2.63
2.0333	6.8	0.004	82.9	0.002158633	3.65
2.5333	6.4	0.005	89.2	0.001864228	3.87
3.0333	6	0.005	93.8	0.001636373	4.67

Fuente: Elaboración Propia





Fuente: Elaboración Propia

Tabla 130

Condiciones del Cr

Fecha	Volumen		Cr ley cabeza
	V _O	V _f	
28/11/2018	1.18 L	0.51 L	0.4045 mg/L 0.47731 mg

Fuente: Elaboración Propia

Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Cr

pH	A	V	T°C	Tiempo [min]	Vol Muestra [mL]	Vol	Solución [ppm]	Volumen [mL]	Extracción [mg]	Diferencia de masa	% Remoción
2.1	5.6	43.7	41.0	2	25	0.02	0.778	1155	0.9	-0.421	-88.3
2.27	4.8	44.12	41.8	32	25	0.02	0.806	1130	0.9	-0.433	-90.8
2.3	5.8	43.14	55.82	62	25	0.02	0.848	1105	0.9	-0.460	-96.3
2.63	8.8	41.81	59.5	92	25	0.01	0.596	1080	0.6	-0.166	-34.9
3.65	6.8	42.87	62	122	25	0.00	0.111	1055	0.1	0.360	75.5
3.87	6.4	43.03	63.22	152	25	0.00	0.020	1030	0.0	0.457	95.7
4.67	6	43.33	62.62	182	25	0.00	0.012	1005	0.0	0.465	97.5

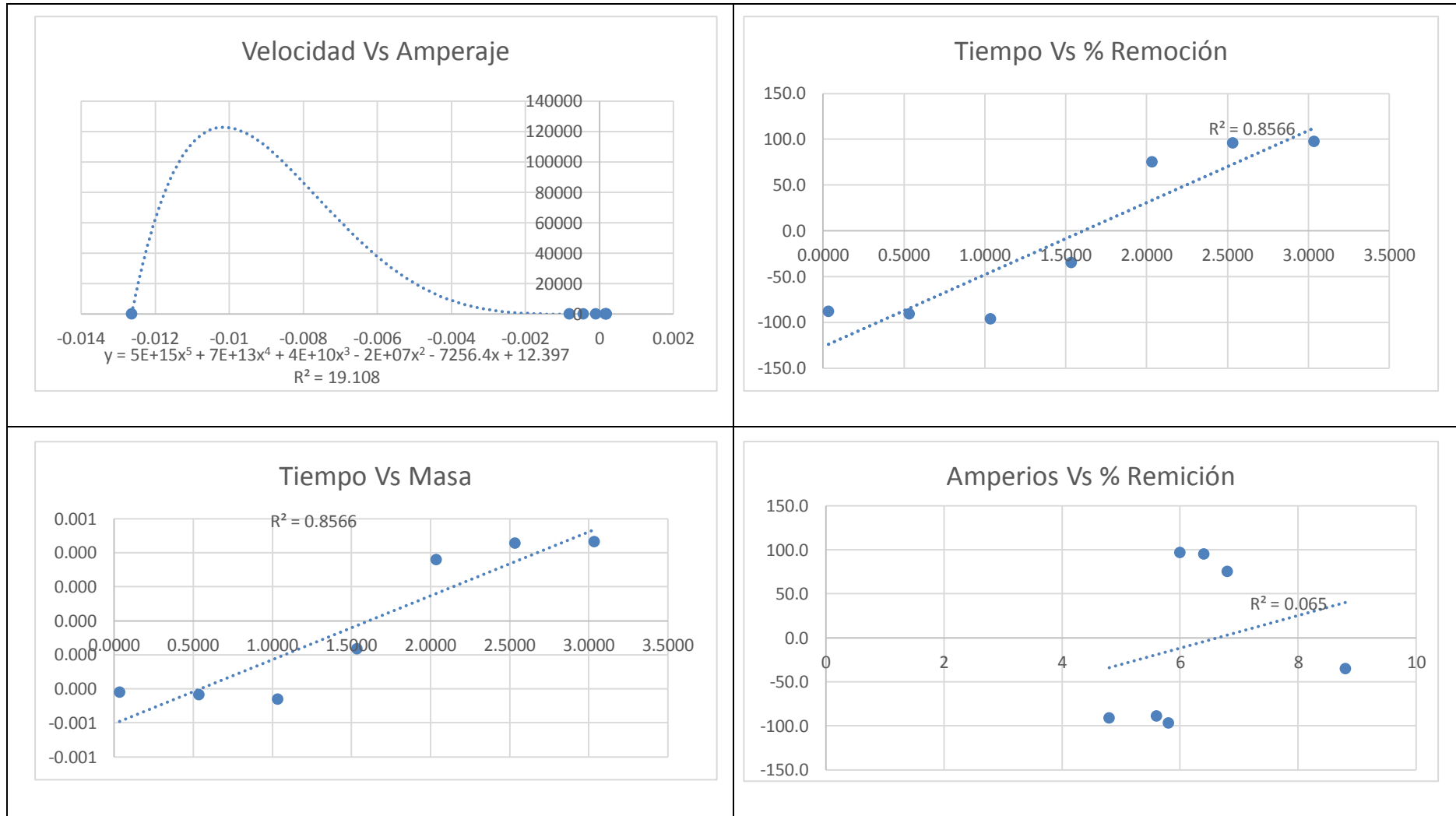
Fuente: Elaboración Propia

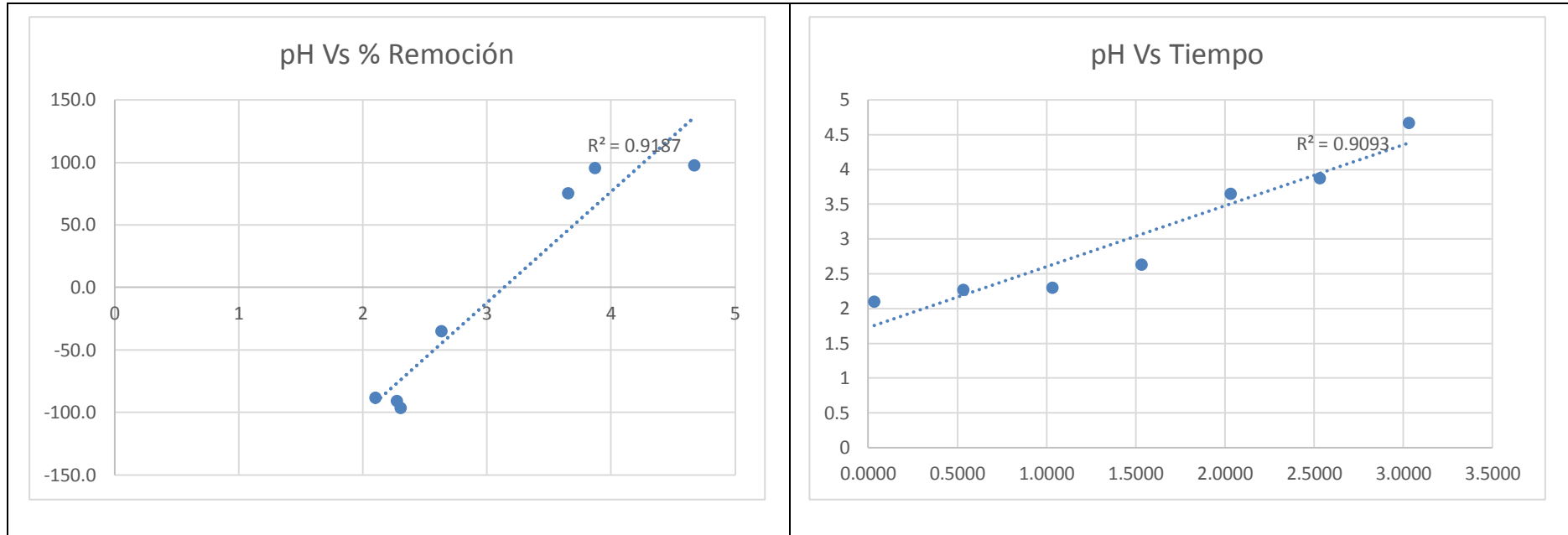
Tabla 132

Análisis de las Variables de Estudio del Cr

Tiempo (horas)	Amperios (A)	Dif masa (gramos)	Remoción (%)	Velocidad	pH
0.0333	5.6	0.000	-88.3	-0.0126384	2.1
0.5333	4.8	0.000	-90.8	-0.000812756	2.27
1.0333	5.8	0.000	-96.3	-0.0004449	2.3
1.5333	8.8	0.000	-34.9	-0.000108502	2.63
2.0333	6.8	0.000	75.5	0.00017715	3.65
2.5333	6.4	0.000	95.7	0.00018028	3.87
3.0333	6	0.000	97.5	0.000153379	4.67

Fuente: Elaboración Propia





Fuente: Elaboración Propia

Tabla 133

Condiciones del Cu

Fecha	Volumen		Cu ley cabeza
	V _O	V _f	
28/11/2018	1.18 L	0.51 L	348.61 mg/L 411.36 mg

Fuente: Elaboración Propia

Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Cu

pH	A	V	T°C	Tiempo [min]	Vol Muestra [mL]	Vol	Solución [ppm]	Volumen [mL]	Extracción [mg]	Diferencia de masa	% Remoción
2.1	5.6	43.7	41.0	2	25	8.95	357.923	1155	413.4	-2.041	-0.5
2.27	4.8	44.12	41.8	32	25	5.60	224.110	1130	253.2	158.116	38.4
2.3	5.8	43.14	55.82	62	25	3.25	130.159	1105	143.8	267.534	65.0
2.63	8.8	41.81	59.5	92	25	0.77	30.910	1080	33.4	377.977	91.9
3.65	6.8	42.87	62	122	25	0.08	3.280	1055	3.5	407.899	99.2
3.87	6.4	43.03	63.22	152	25	0.01	0.319	1030	0.3	411.031	99.9
4.67	6	43.33	62.62	182	25	0.00	0.054	1005	0.1	411.306	100.0

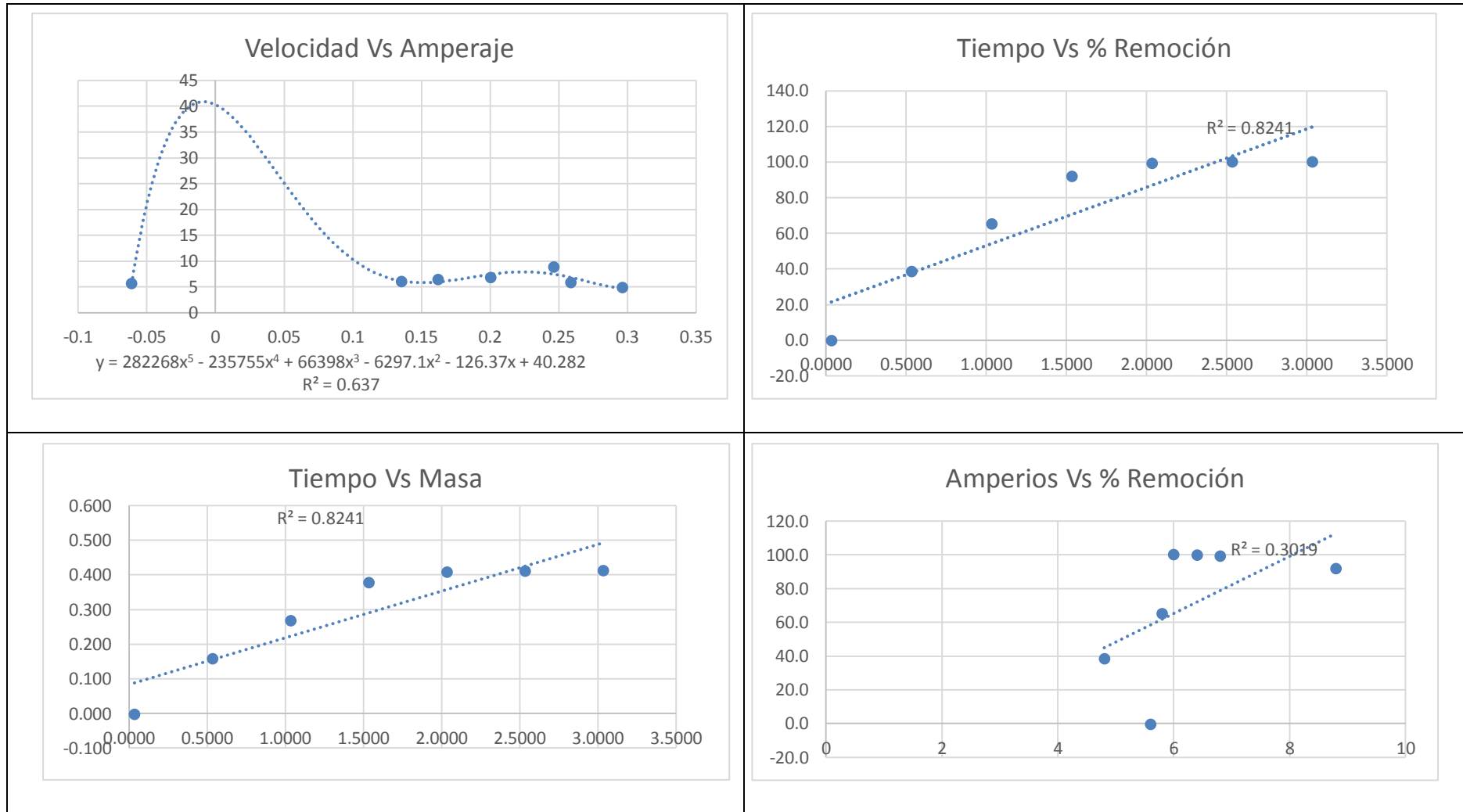
Fuente: Elaboración Propia

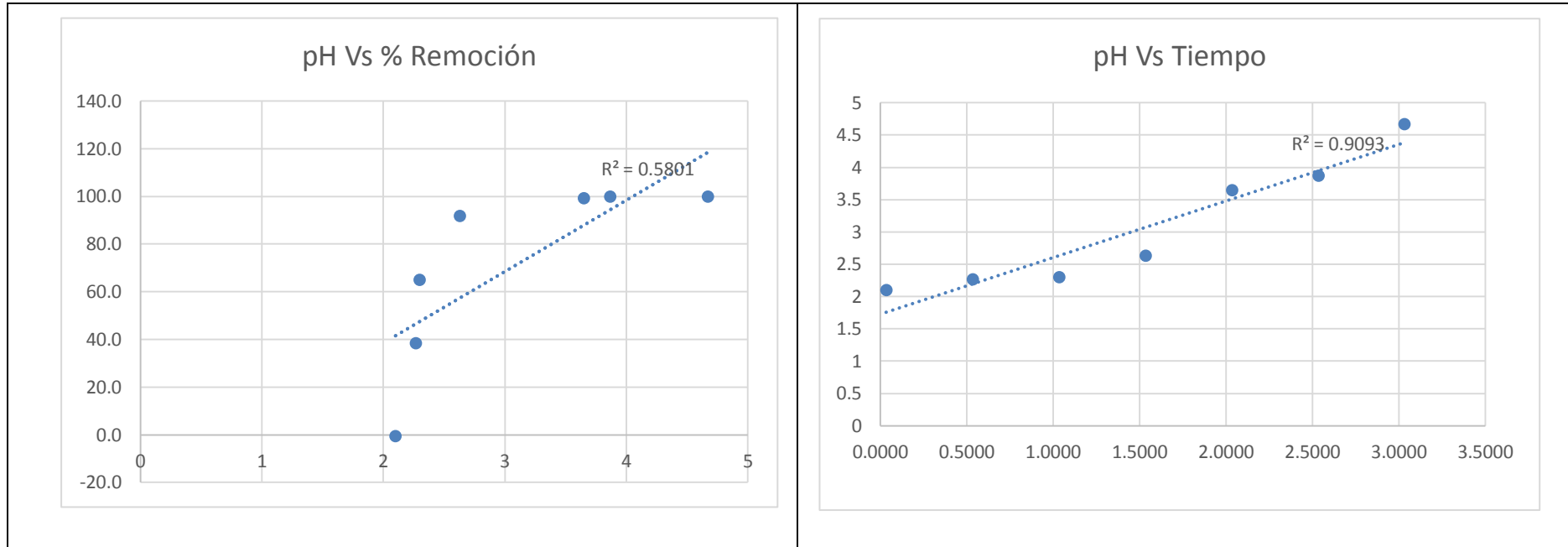
Tabla 135

Análisis de las Variables de Estudio del Cu

Tiempo (horas)	Amperios (A)	Dif. masa (gramos)	Remoción (%)	Velocidad	pH
0.0333	5.6	-0.002	-0.5	-0.06123795	2.1
0.5333	4.8	0.158	38.4	0.296466563	2.27
1.0333	5.8	0.268	65.0	0.258903973	2.3
1.5333	8.8	0.378	91.9	0.246506739	2.63
2.0333	6.8	0.408	99.2	0.200606262	3.65
2.5333	6.4	0.411	99.9	0.16224917	3.87
3.0333	6	0.411	100.0	0.13559523	4.67

Fuente: Elaboración Propia





Fuente: Elaboración Propia

Tabla 136

Condiciones del Mg

Fecha	Volumen		Mg ley cabeza
	V _O	V _f	
28/11/2018	1.18 L	0.51 L	47.92 mg/L 56.5456 mg

Fuente: Elaboración Propia

Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Mg

pH	A	V	T°C	Tiempo [min]	Vol Muestra [mL]	Vol	Solución [ppm]	Volumen [mL]	Extracción [mg]	Diferencia de masa	% Remoción
2.1	5.6	43.7	41.0	2	25	1.63	65.163	1155	75.3	-18.718	-33.1
2.27	4.8	44.12	41.8	32	25	1.58	63.268	1130	71.5	-14.947	-26.4
2.3	5.8	43.14	55.82	62	25	1.44	57.598	1105	63.6	-7.100	-12.6
2.63	8.8	41.81	59.5	92	25	1.45	58.010	1080	62.7	-6.105	-10.8
3.65	6.8	42.87	62	122	25	1.47	58.949	1055	62.2	-5.646	-10.0
3.87	6.4	43.03	63.22	152	25	1.41	56.480	1030	58.2	-1.629	-2.9
4.67	6	43.33	62.62	182	25	1.42	56.829	1005	57.1	-0.568	-1.0

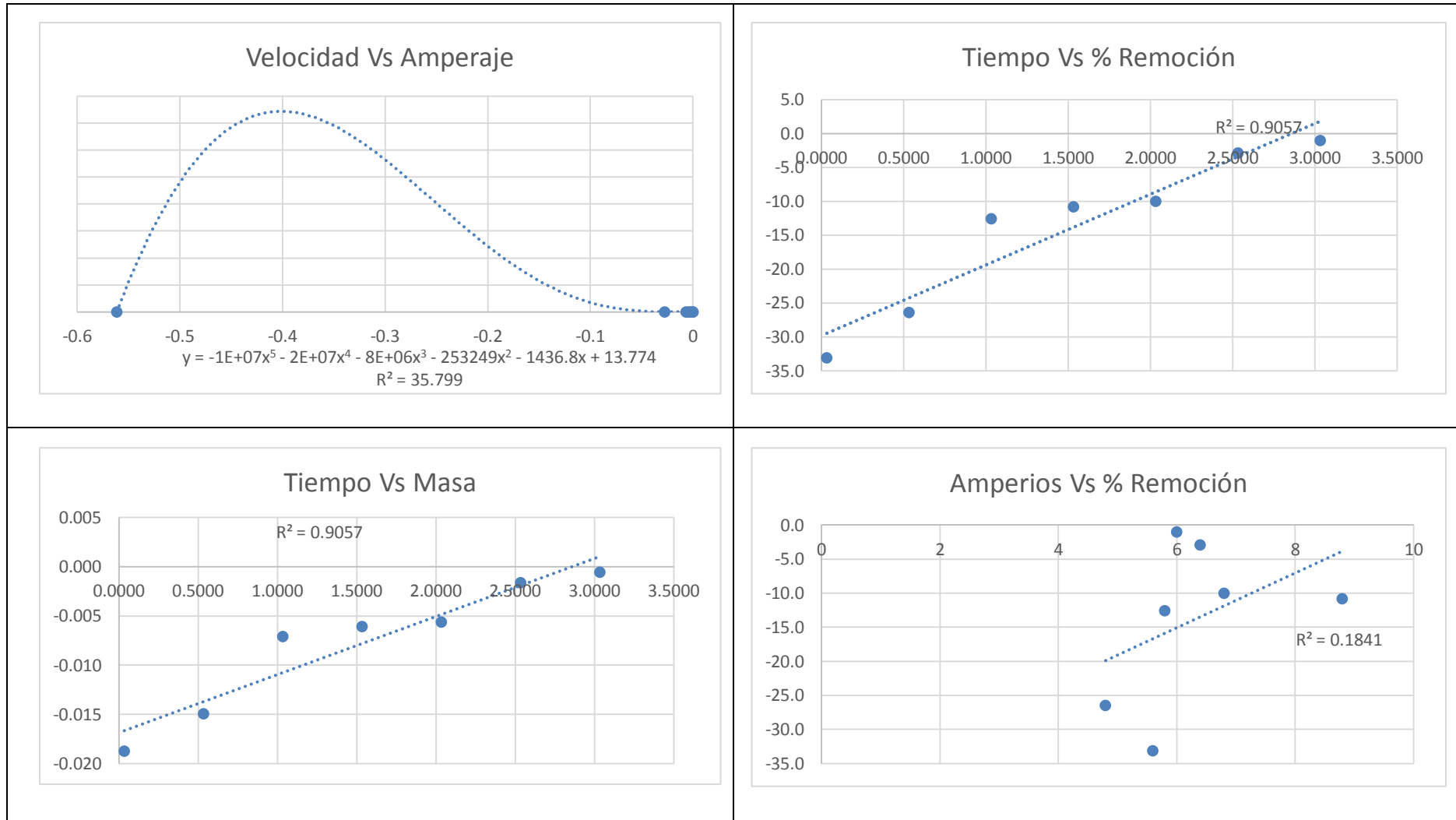
Fuente: Elaboración Propia

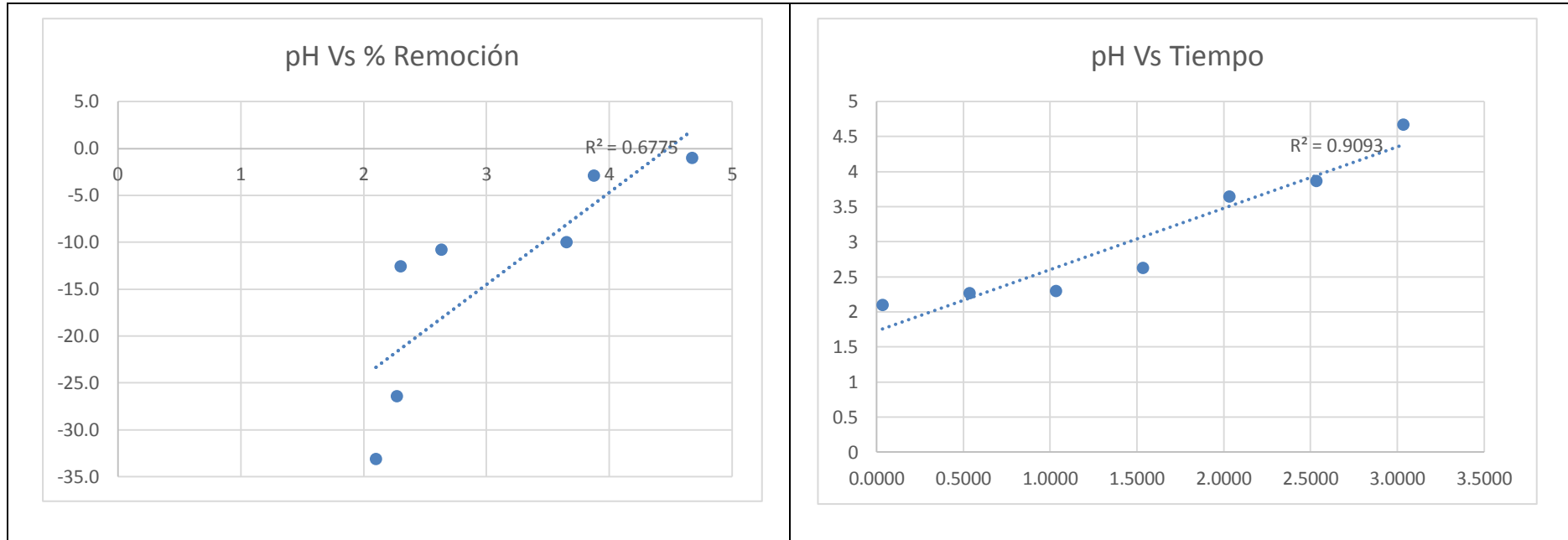
Tabla 138

Análisis de las Variables de Estudio del Mg

Tiempo (horas)	Amperios (A)	Dif. masa (gramos)	Remoción (%)	Velocidad	pH
0.0333	5.6	-0.019	-33.1	-0.56152995	2.1
0.5333	4.8	-0.015	-26.4	-0.028026075	2.27
1.0333	5.8	-0.007	-12.6	-0.006871152	2.3
1.5333	8.8	-0.006	-10.8	-0.003981652	2.63
2.0333	6.8	-0.006	-10.0	-0.002776522	3.65
2.5333	6.4	-0.002	-2.9	-0.000642947	3.87
3.0333	6	-0.001	-1.0	-0.000187103	4.67

Fuente: Elaboración Propia





Fuente: Elaboración Propia

Tabla 139

Condiciones del Ni

Fecha	Volumen		Ni ley cabeza
	V ₀	V _f	
28/11/2018	1.18 L	0.51 L	1.626 mg/L 1.91868 mg

Fuente: Elaboración Propia

Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Ni

pH	A	V	T°C	Tiempo [min]	Vol Muestra [mL]	Vol	Solución [ppm]	Volumen [mL]	Extracción [mg]	Diferencia de masa	% Remoción
2.1	5.6	43.7	41.0	2	25	0.05	2.095	1155	2.4	-0.501	-26.1
2.27	4.8	44.12	41.8	32	25	0.04	1.715	1130	1.9	-0.019	-1.0
2.3	5.8	43.14	55.82	62	25	0.03	1.257	1105	1.4	0.530	27.6
2.63	8.8	41.81	59.5	92	25	0.02	0.771	1080	0.8	1.086	56.6
3.65	6.8	42.87	62	122	25	0.01	0.523	1055	0.6	1.367	71.2
3.87	6.4	43.03	63.22	152	25	0.01	0.372	1030	0.4	1.536	80.0
4.67	6	43.33	62.62	182	25	0.01	0.284	1005	0.3	1.633	85.1

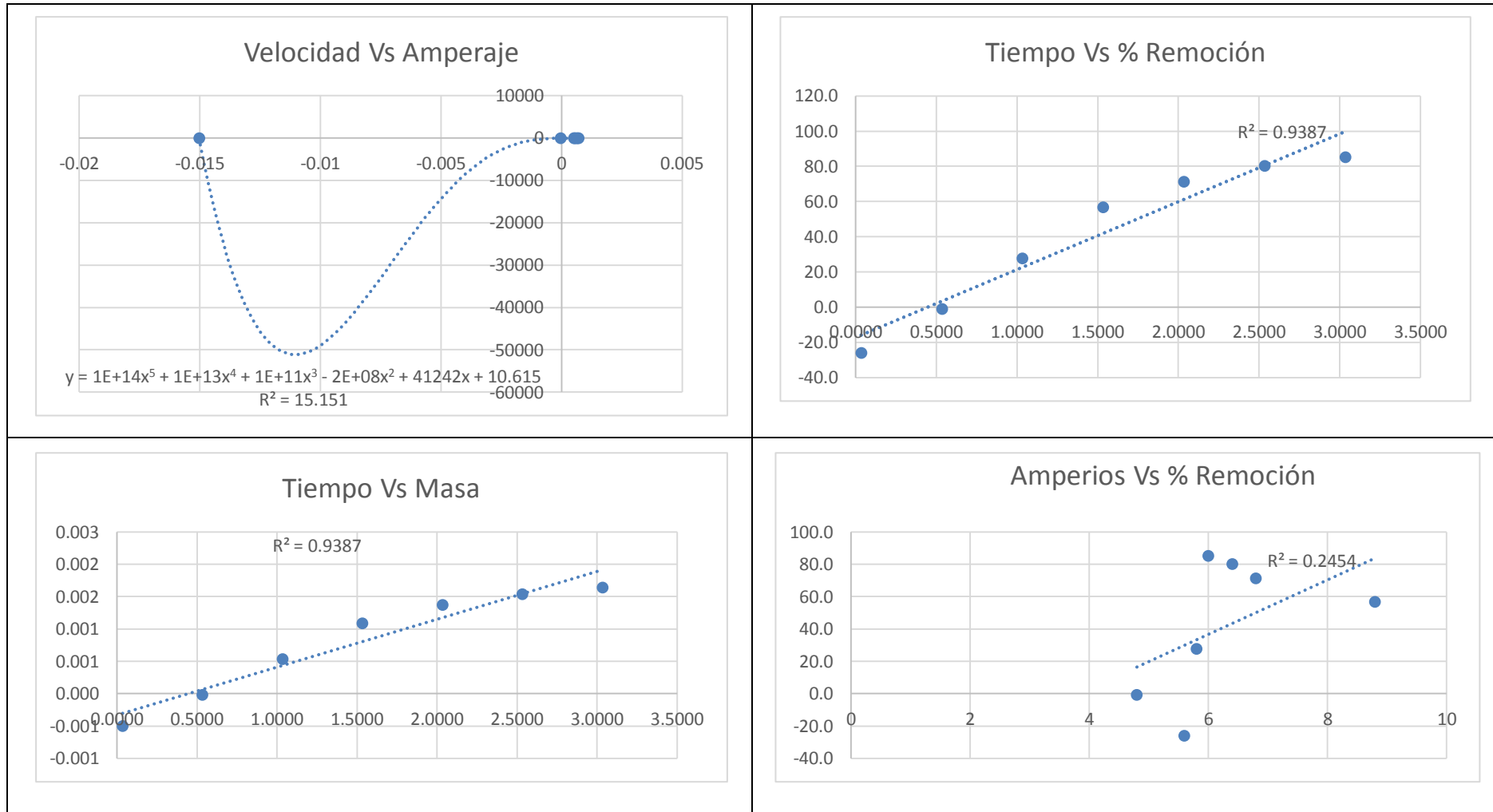
Fuente: Elaboración Propia

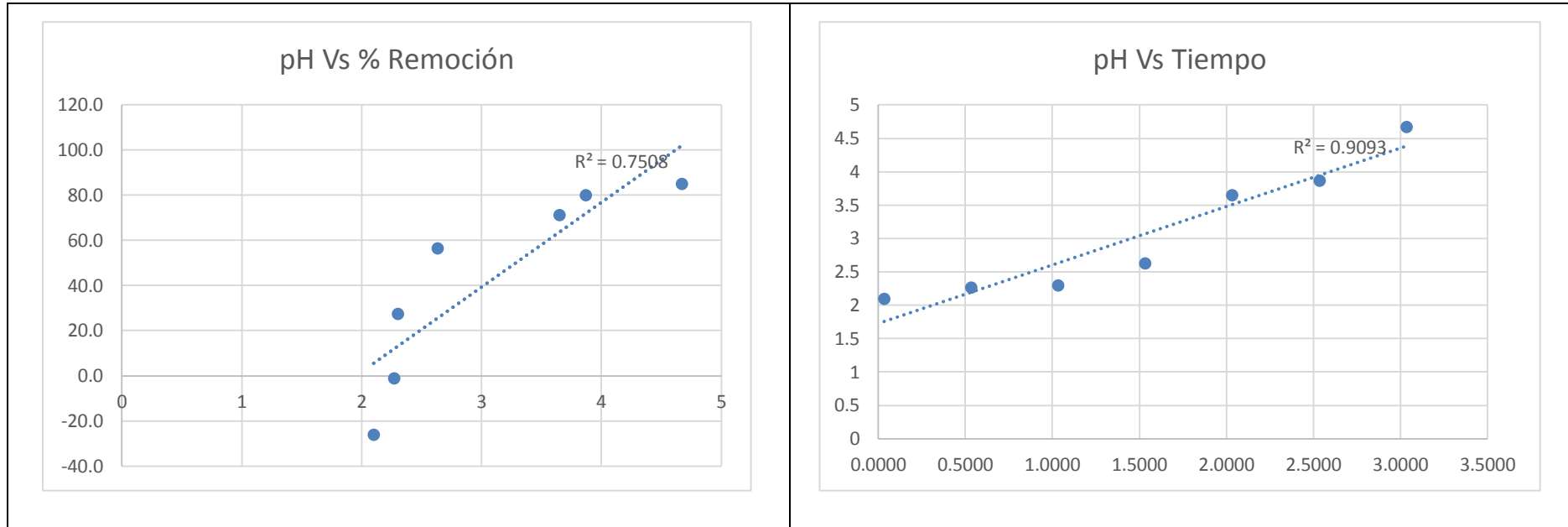
Tabla 141

Análisis de las Variables de Estudio del Ni

Tiempo (horas)	Amperios (A)	Dif masa (gramos)	Remoción (%)	Velocidad	pH
0.0333	5.6	-0.001	-26.1	-0.01503135	2.1
0.5333	4.8	0.000	-1.0	-3.61313E-05	2.27
1.0333	5.8	0.001	27.6	0.000512608	2.3
1.5333	8.8	0.001	56.6	0.000708261	2.63
2.0333	6.8	0.001	71.2	0.000672253	3.65
2.5333	6.4	0.002	80.0	0.000606126	3.87
3.0333	6	0.002	85.1	0.000538437	4.67

Fuente: Elaboración Propia





Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 142

Condiciones del Pb

Fecha	Volumen		Pb ley cabeza
	V ₀	V _f	
29/11/2018	1.18 L	0.51 L	0.0261 mg/L 0.0308 mg

Fuente: Elaboración Propia

Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Pb

pH	A	V	T°C	Tiempo [min]	Vol Muestra [mL]	Vol	Solución [ppm]	Volumen [mL]	Extracción [mg]	Diferencia de masa	% Remoción
2.1	5.6	43.7	41.0	2	25	0.00	0.000	1155	0.0	0.031	100.0
2.27	4.8	44.12	41.8	32	25	0.00	0.000	1130	0.0	0.031	100.0
2.3	5.8	43.14	55.82	62	25	0.00	0.000	1105	0.0	0.031	100.0
2.63	8.8	41.81	59.5	92	25	0.00	0.000	1080	0.0	0.031	100.0
3.65	6.8	42.87	62	122	25	0.00	0.000	1055	0.0	0.031	100.0
3.87	6.4	43.03	63.22	152	25	0.00	0.000	1030	0.0	0.031	100.0
4.67	6	43.33	62.62	182	25	0.00	0.000	1005	0.0	0.031	100.0

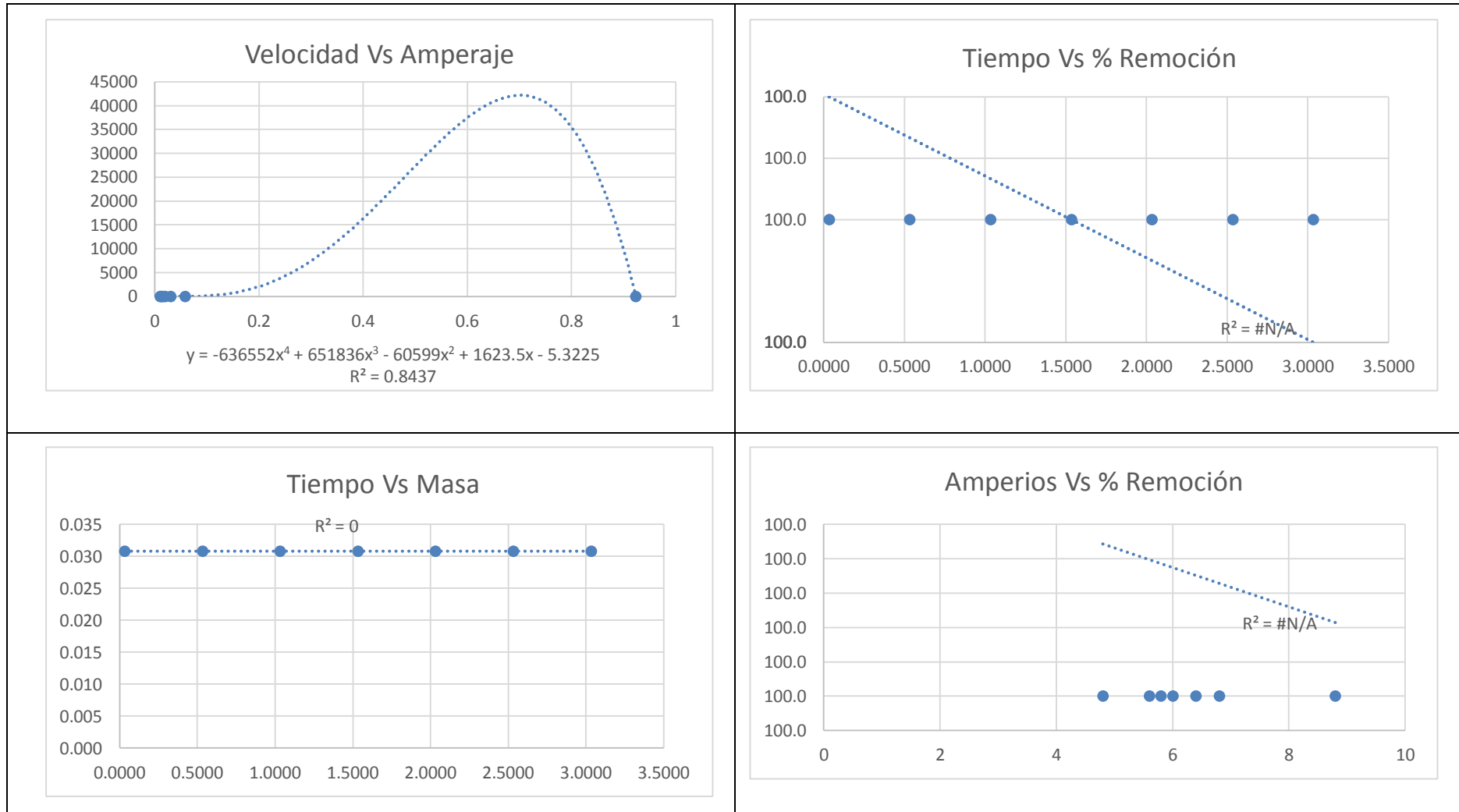
Fuente: Elaboración Propia

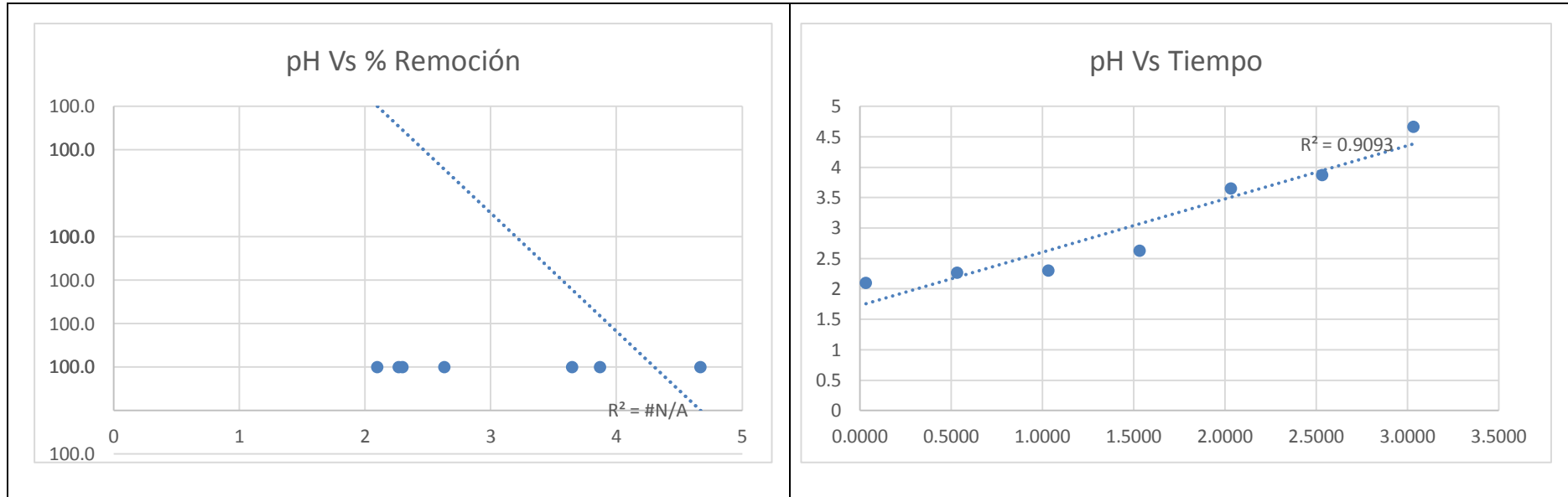
Tabla 144

Análisis de las Variables de Estudio del Pb

Tiempo (horas)	Amperios (A)	Dif masa (gramos)	Remoción (%)	Velocidad	pH
0.0333	5.6	0.031	100.0	0.92394	2.1
0.5333	4.8	0.031	100.0	0.05774625	2.27
1.0333	5.8	0.031	100.0	0.029804516	2.3
1.5333	8.8	0.031	100.0	0.020085652	2.63
2.0333	6.8	0.031	100.0	0.015146557	3.65
2.5333	6.4	0.031	100.0	0.012157105	3.87
3.0333	6	0.031	100.0	0.010153187	4.67

Fuente: Elaboración Propia





Fuente: Elaboración Propia

Tabla 145

Condiciones del Zn

Fecha	Volumen		Zn ley cabeza
	V _O	V _f	
28/11/2018	1.18 L	0.51 L	26.43 mg/L 31.1874 mg

Fuente: Elaboración Propia

Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Zn

pH	A	V	T°C	Tiempo [min]	Vol Muestra [mL]	Vol	Solución [ppm]	Volumen [mL]	Extracción [mg]	Diferencia de masa	% Remoción
2.1	5.6	43.7	41.0	2	25	0.80	32.116	1155	37.1	-5.907	-18.9
2.27	4.8	44.12	41.8	32	25	0.67	26.761	1130	30.2	0.947	3.0
2.3	5.8	43.14	55.82	62	25	0.45	18.070	1105	20.0	11.220	36.0
2.63	8.8	41.81	59.5	92	25	0.25	10.158	1080	11.0	20.217	64.8
3.65	6.8	42.87	62	122	25	0.14	5.609	1055	5.9	25.270	81.0
3.87	6.4	43.03	63.22	152	25	0.10	4.173	1030	4.3	26.889	86.2
4.67	6	43.33	62.62	182	25	0.08	3.237	1005	3.3	27.934	89.6

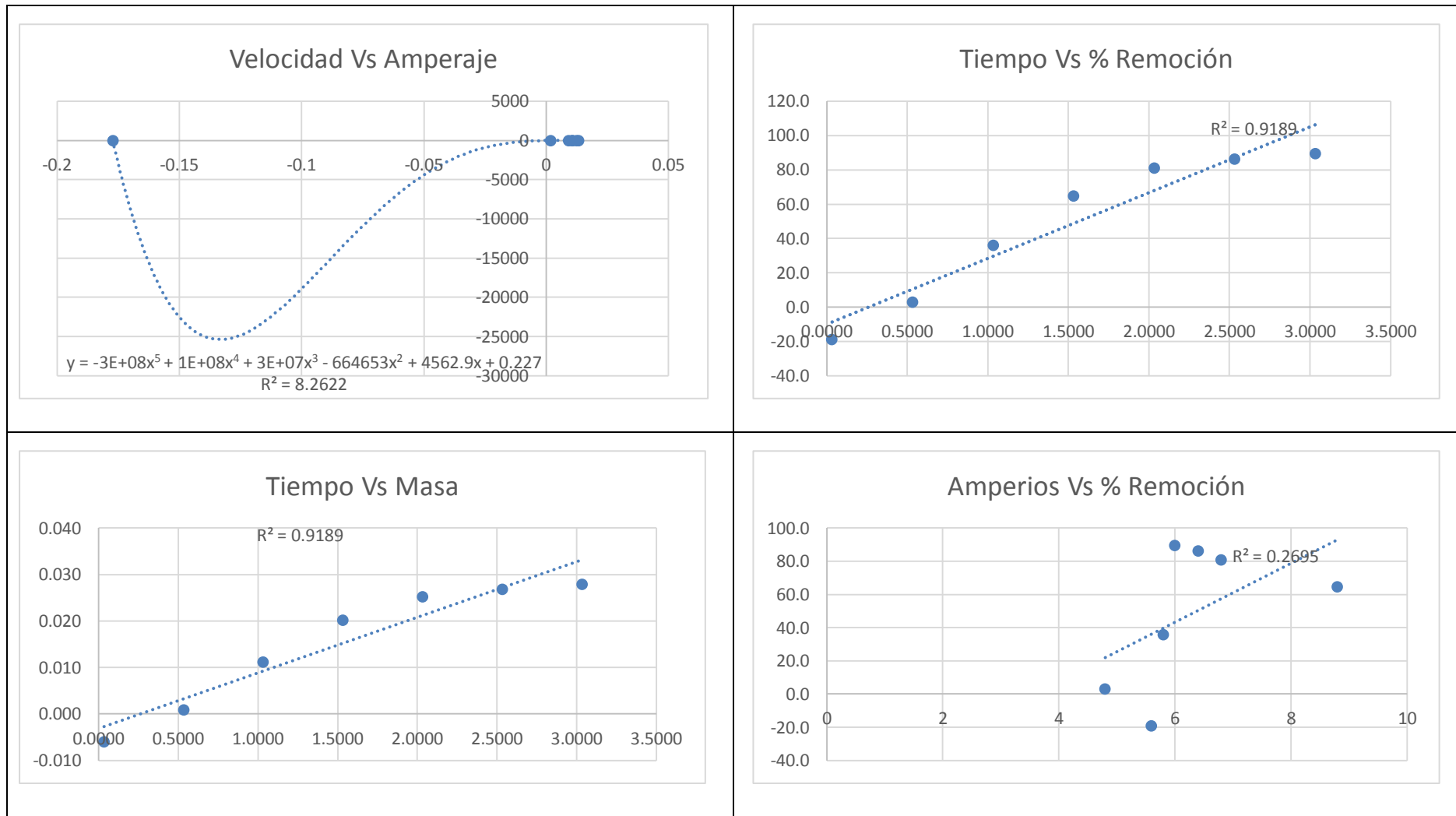
Fuente: Elaboración Propia

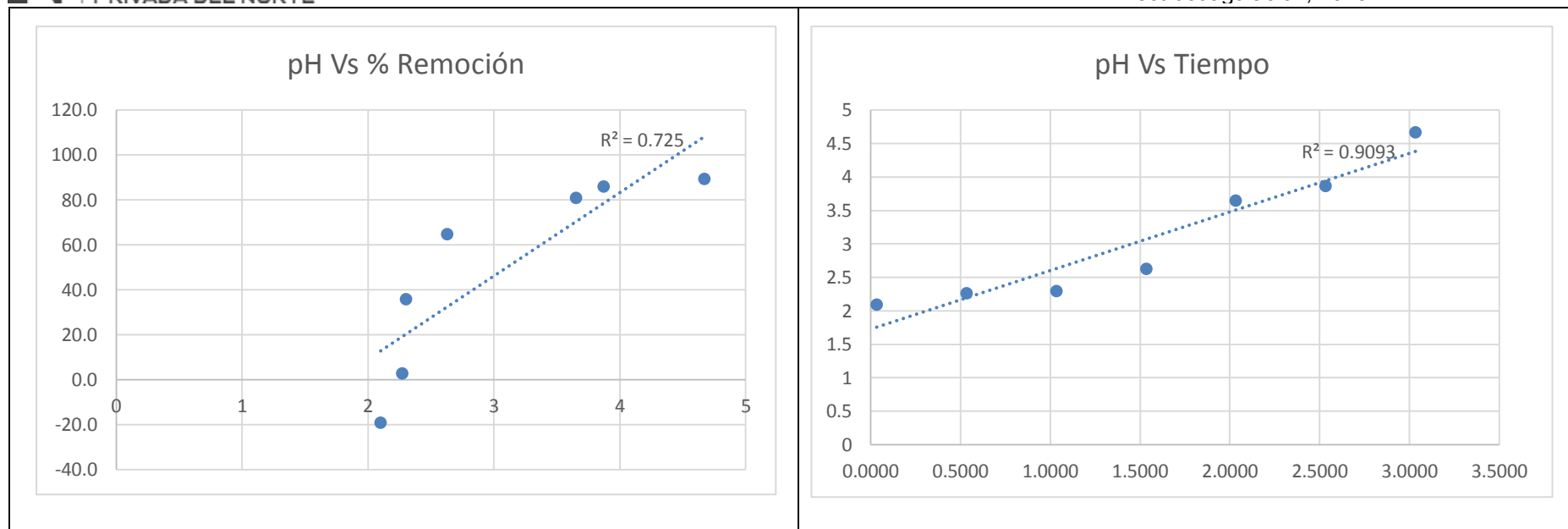
Tabla 147

Análisis de las Variables de Estudio del Zn

Tiempo (horas)	Amperios (A)	Dif masa (gramos)	Remoción (%)	Velocidad	pH
0.0333	5.6	-0.006	-18.9	-0.1771974	2.1
0.5333	4.8	0.001	3.0	0.001776506	2.27
1.0333	5.8	0.011	36.0	0.010858113	2.3
1.5333	8.8	0.020	64.8	0.013184843	2.63
2.0333	6.8	0.025	81.0	0.012427822	3.65
2.5333	6.4	0.027	86.2	0.010614162	3.87
3.0333	6	0.028	89.6	0.009209082	4.67

Fuente: Elaboración Propia





Fuente: Elaboración Propia.

- **Quinta Prueba Fe-Fe**

Tabla 148

Condiciones del Fe

Fecha	Volumen		W _(electrodo)		Fe ley cabeza
	V _O	V _f	W _o	W _f	
29/11/2018	1.18 L	0.51 L	229.7251 gr	179.4969 gr	5067 mg/L 5979.06 mg

Fuente: Elaboración Propia

Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Fe

pH	A	V	T°C	Tiempo [min]	Vol Muestra [mL]	Vol	Solución [ppm]	Volumen [mL]	Extracción [mg]	Diferencia de masa	% Remoción
2.1	3.9	44.8	38	20	20	26.10	1304.8	1160	1513.5	4465.538	74.7
2.2	4.6	44.16	49.1	44	20	25.83	1291.5	1140	1472.3	4506.752	75.4
2.31	5.6	43.73	56.7	76	20	26.38	1319.0	1120	1477.2	4501.823	75.3
2.8	5.4	43.82	55.9	106	20	26.19	1309.5	1100	1440.5	4538.588	75.9
3.84	4.4	44.3	56.8	136	20	26.14	1307.1	1080	1411.7	4567.396	76.4
4.06	4.4	44.35	59.4	166	20	26.47	1323.3	1060	1402.7	4576.408	76.5

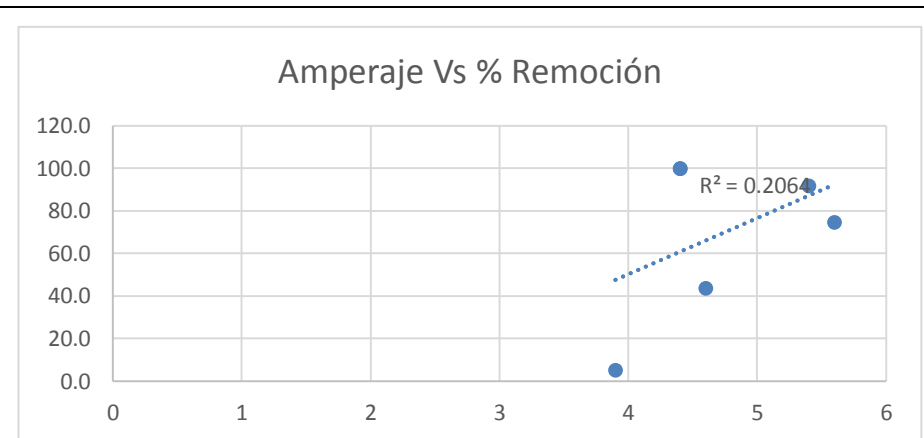
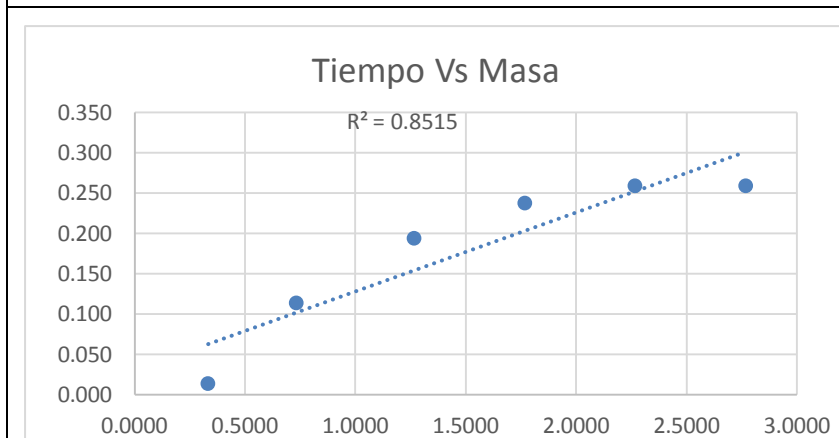
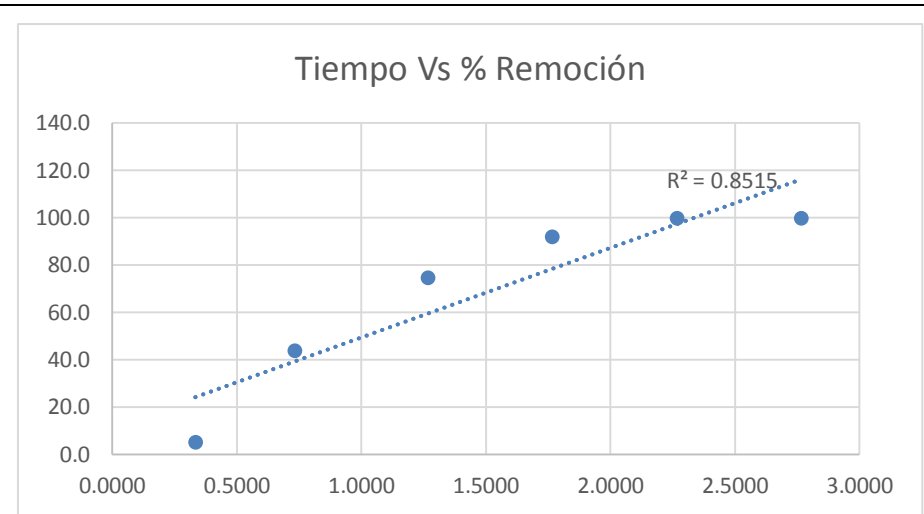
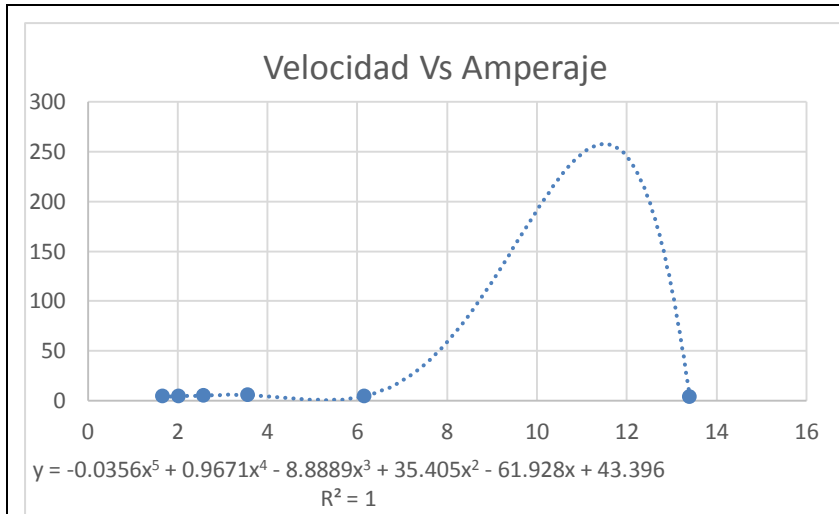
Fuente: Elaboración Propia

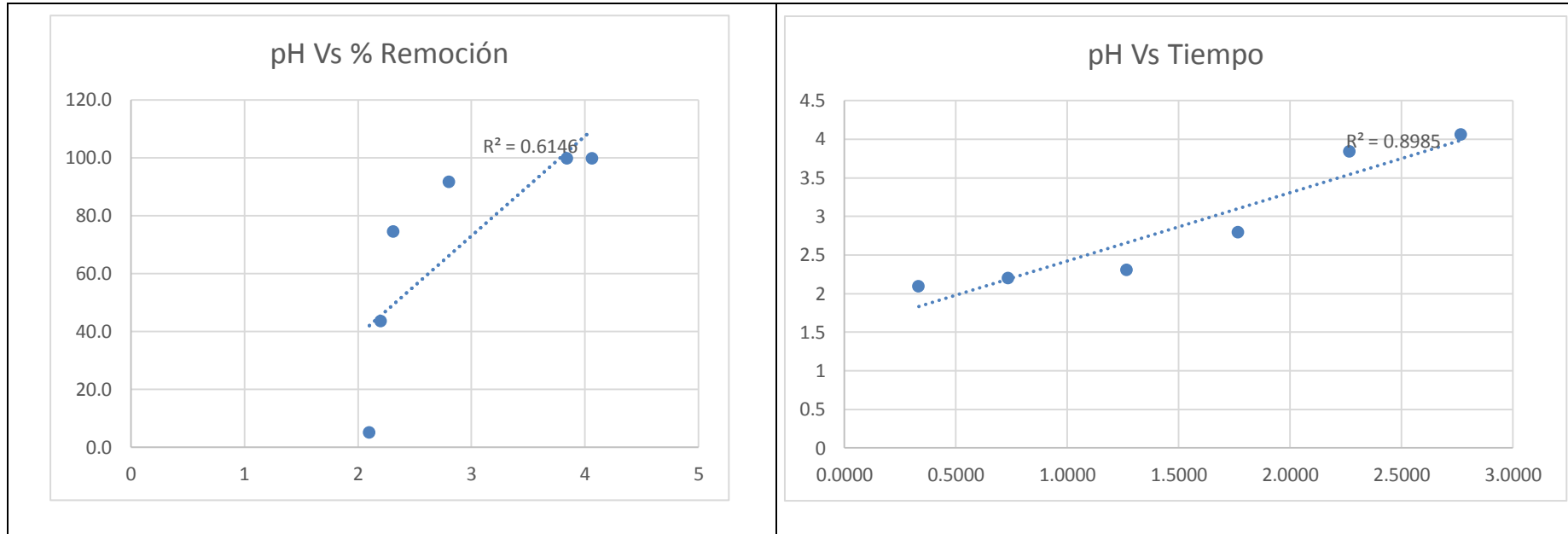
Tabla 150

Análisis de las Variables de Estudio del Fe

Tiempo (horas)	Amperios (A)	Dif. masa (gramos)	Remoción (%)	Velocidad	pH
0.3333	3.9	0.013	5.1	0.03948984	2.1
0.7333	4.6	0.113	43.6	0.15374288	2.2
1.2667	5.6	0.193	74.6	0.15236444	2.31
1.7667	5.4	0.237	91.7	0.13432138	2.8
2.2667	4.4	0.258	99.8	0.11388416	3.84
2.7667	4.4	0.258	99.8	0.09331015	4.06

Fuente: Elaboración Propia





Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 151

Condiciones del Al

Fecha	Volumen		Al ley cabeza
	V ₀	V _f	
29/11/2018	1.18 L	0.51 L	219.22 mg/L 258.6796 mg

Fuente: Elaboración Propia

Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Al

pH	A	V	T°C	Tiempo [min]	Vol Muestra [mL]	Vol	Solución [ppm]	Volumen [mL]	Extracción [mg]	Diferencia de masa	% Remoción
2.1	3.9	44.8	38	20	20	4.23	211.652	1160	245.5	13.163	5.1
2.2	4.6	44.16	49.1	44	20	2.56	128.013	1140	145.9	112.745	43.6
2.31	5.6	43.73	56.7	76	20	1.17	58.647	1120	65.7	192.995	74.6
2.8	5.4	43.82	55.9	106	20	0.39	19.435	1100	21.4	237.301	91.7
3.84	4.4	44.3	56.8	136	20	0.01	0.502	1080	0.5	258.137	99.8
4.06	4.4	44.35	59.4	166	20	0.01	0.492	1060	0.5	258.158	99.8

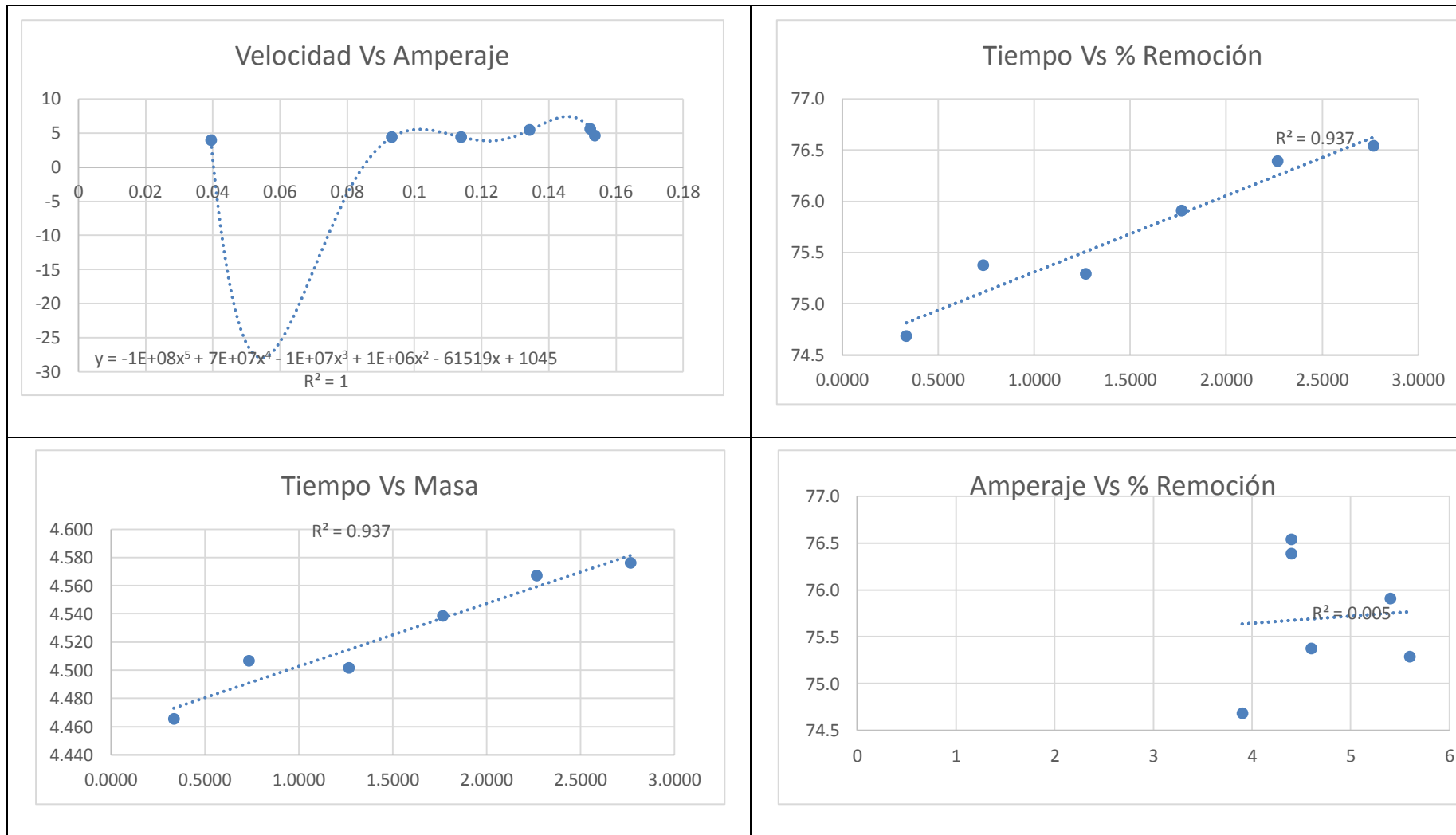
Fuente: Elaboración Propia

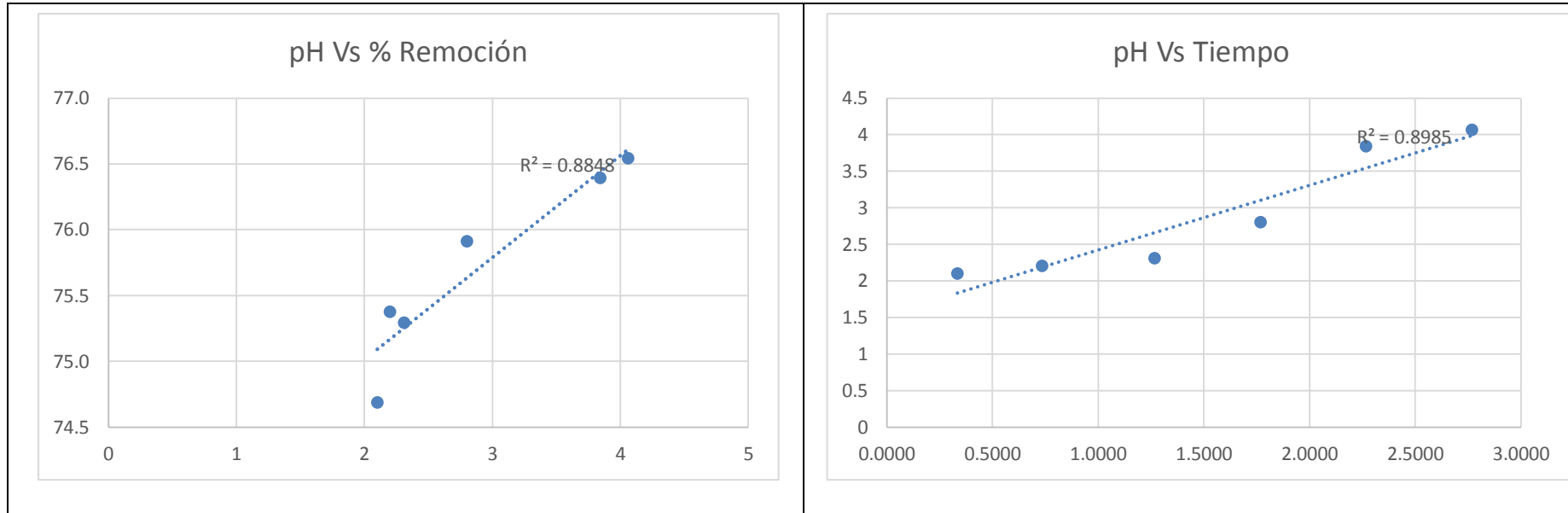
Tabla 153

Análisis de las Variables de Estudio del Al

Tiempo (horas)	Amperios (A)	Dif. masa (gramos)	Remoción (%)	Velocidad	pH
0.3333	3.9	4.466	74.7	13.3966152	2.1
0.7333	4.6	4.507	75.4	6.14557129	2.2
1.2667	5.6	4.502	75.3	3.55407044	2.31
1.7667	5.4	4.539	75.9	2.56901208	2.8
2.2667	4.4	4.567	76.4	2.01502779	3.84
2.7667	4.4	4.576	76.5	1.65412322	4.06

Fuente: Elaboración Propia





Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 154

Condiciones del As

Fecha	Volumen		AS ley cabeza
	V _O	V _f	
29/11/2018	1.18 L	0.5 L	177.9 mg/L 209.922 mg

Fuente: Elaboración Propia

Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el As

pH	A	V	T°C	Tiempo [min]	Vol Muestra [mL]	Vol	Solución [ppm]	Volumen [mL]	Extracción [mg]	Diferencia de masa	% Remoción
2.1	3.9	44.8	38	20	20	2.18	109.021	1160	126.5	83.458	39.8
2.2	4.6	44.16	49.1	44	20	0.16	7.974	1140	9.1	200.832	95.7
2.31	5.6	43.73	56.7	76	20	0.00	0.110	1120	0.1	209.799	99.9
2.8	5.4	43.82	55.9	106	20	0.00	0.000	1100	0.0	209.922	100.0
3.84	4.4	44.3	56.8	136	20	0.00	0.000	1080	0.0	209.922	100.0
4.06	4.4	44.35	59.4	166	20	0.00	0.000	1060	0.0	209.922	100.0

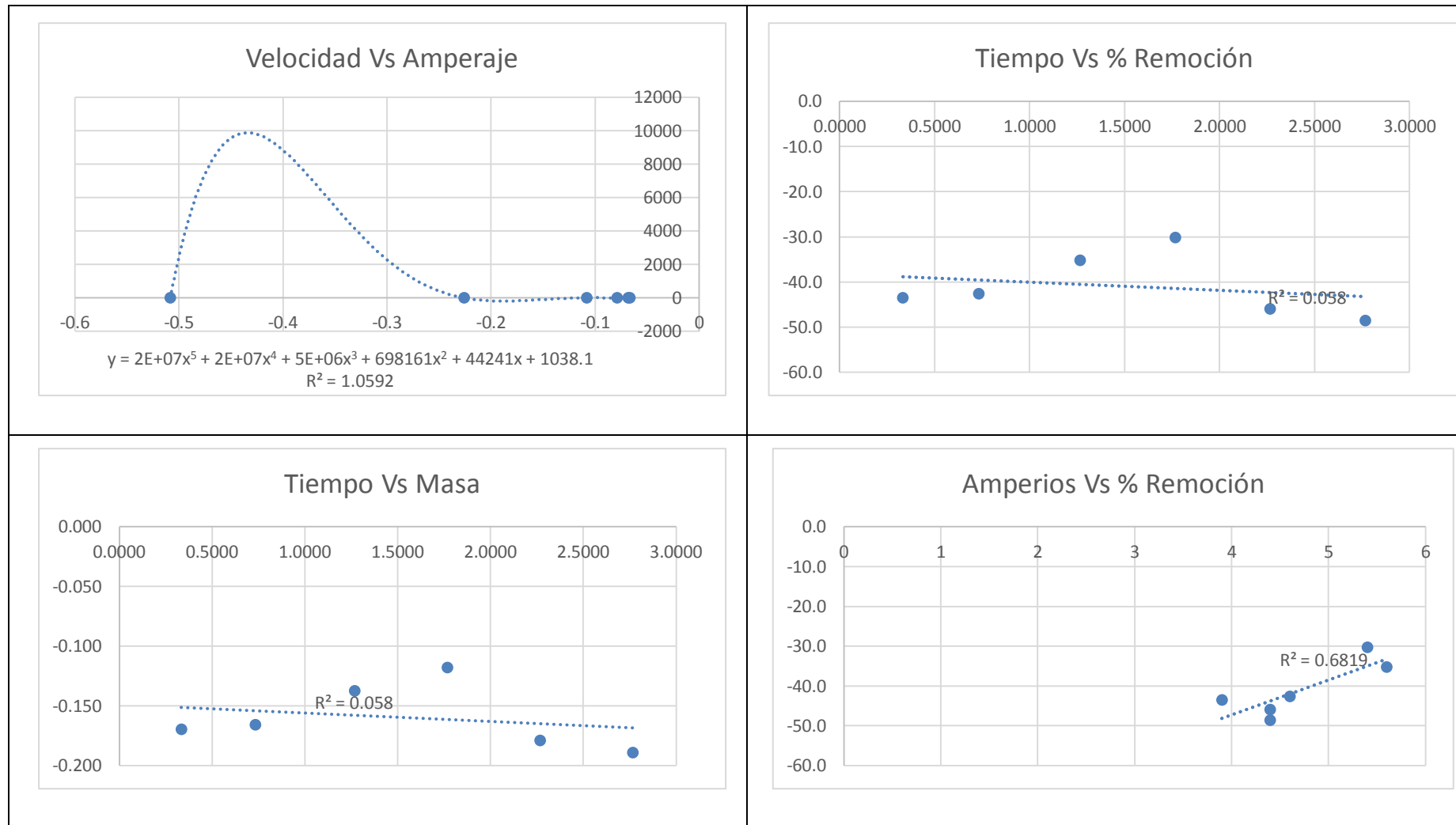
Fuente: Elaboración Propia

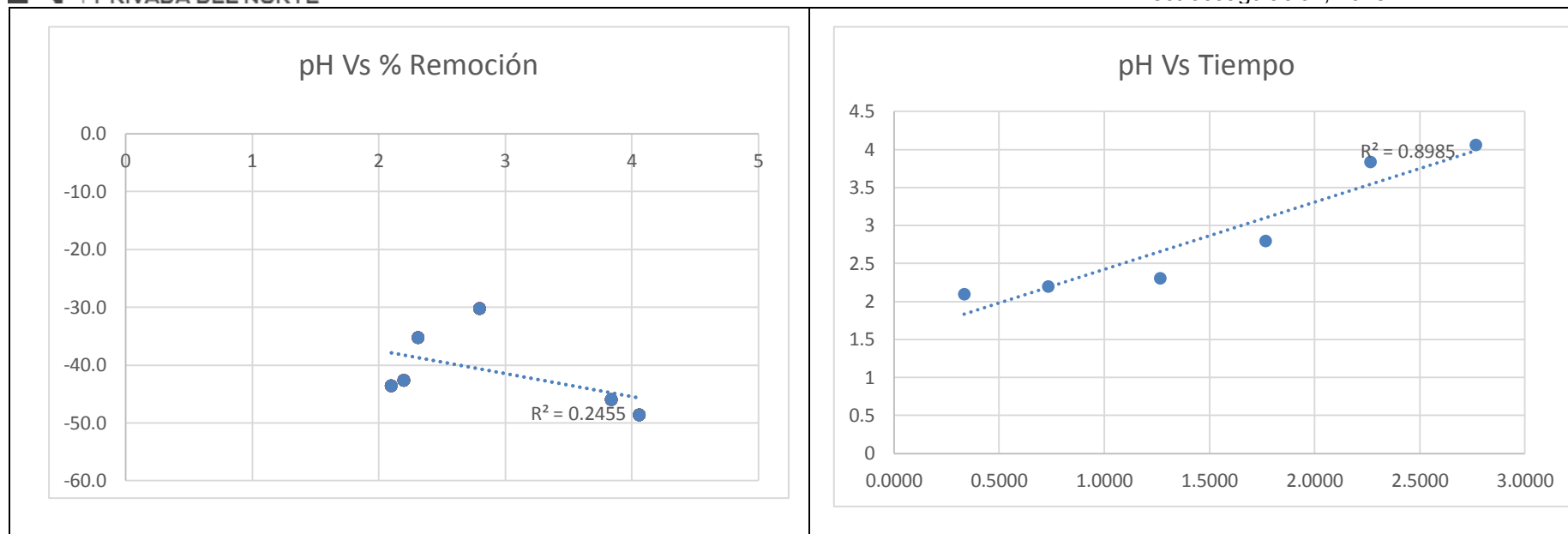
Tabla 156

Análisis de las Variables de Estudio del As

Tiempo (horas)	Amperios (A)	Dif. masa (gramos)	Remoción (%)	Velocidad	pH
0.3333	3.9	-0.169	-43.5	-0.50832924	2.1
0.7333	4.6	-0.166	-42.6	-0.2260986	2.2
1.2667	5.6	-0.137	-35.2	-0.108294632	2.31
1.7667	5.4	-0.118	-30.2	-0.066607528	2.8
2.2667	4.4	-0.179	-45.9	-0.078950312	3.84
2.7667	4.4	-0.189	-48.5	-0.068351299	4.06

Fuente: Elaboración Propia





Fuente: Elaboración Propia

Tabla 157

Condiciones del Ca

Fecha	Volumen		Ca ley cabeza
	V _O	V _f	
29/11/2018	1.18 L	0.51 L	330.1 mg/L 389.518 mg

Fuente: Elaboración Propia

Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Ca

pH	A	V	T°C	Tiempo [min]	Vol Muestra [mL]	Vol	Solución [ppm]	Volumen [mL]	Extracción [mg]	Diferencia de masa	% Remoción
2.1	3.9	44.8	38	20	20	9.64	481.863	1160	559.0	-169.443	-43.5
2.2	4.6	44.16	49.1	44	20	9.74	487.126	1140	555.3	-165.806	-42.6
2.31	5.6	43.73	56.7	76	20	9.41	470.260	1120	526.7	-137.173	-35.2
2.8	5.4	43.82	55.9	106	20	9.22	461.083	1100	507.2	-117.673	-30.2
3.84	4.4	44.3	56.8	136	20	10.53	526.363	1080	568.5	-178.954	-45.9
4.06	4.4	44.35	59.4	166	20	10.92	545.871	1060	578.6	-189.105	-48.5

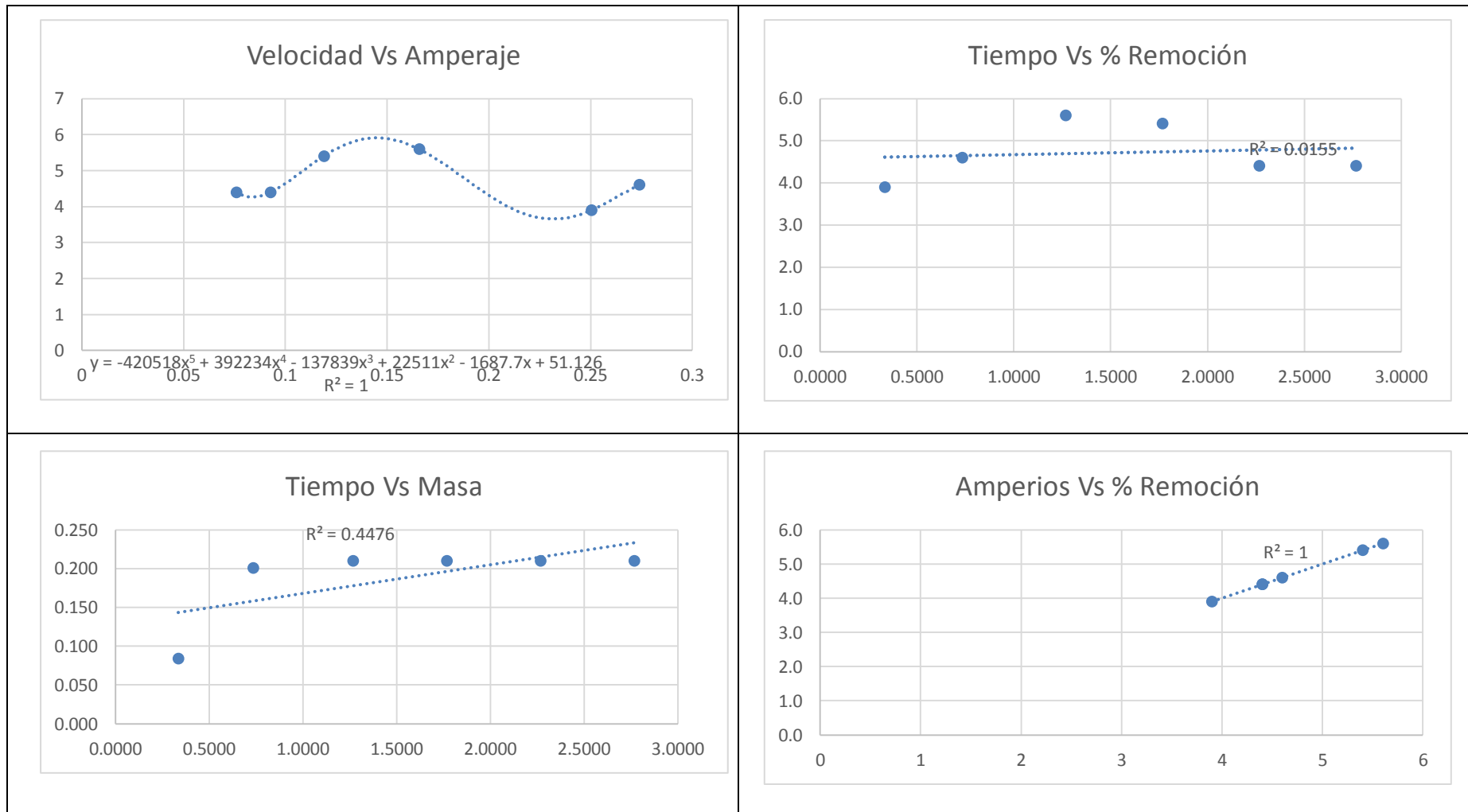
Fuente: Elaboración Propia

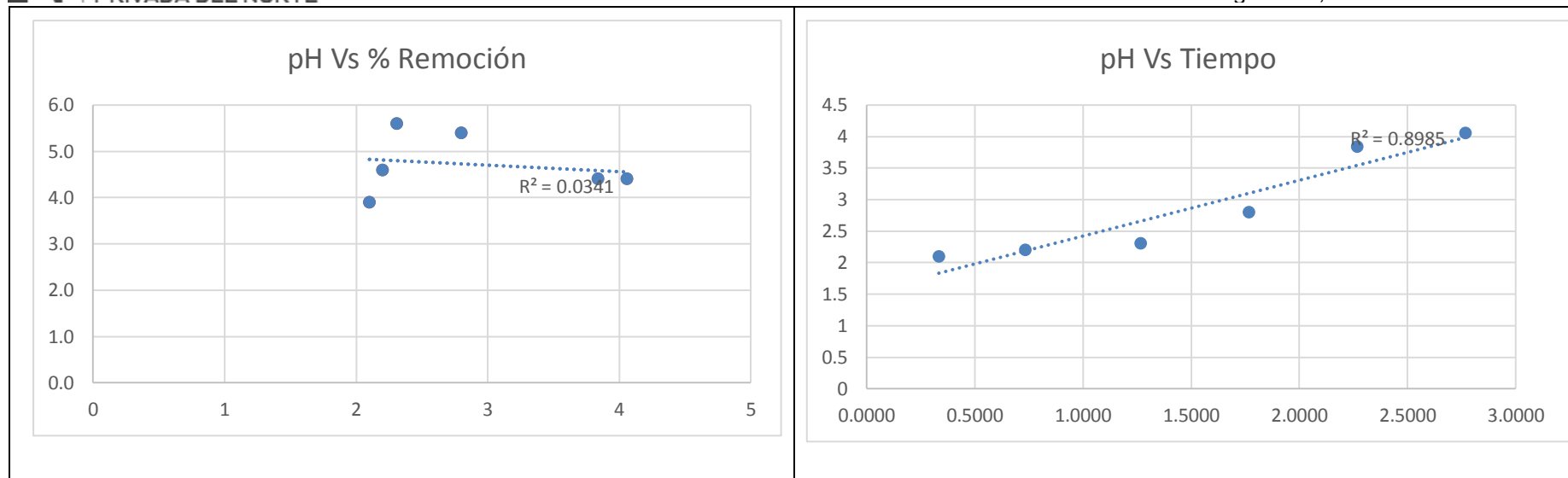
Tabla 159

Análisis de las Variables de Estudio del Ca

Tiempo (horas)	Amperios (A)	Dif. masa (gramos)	Remoción (%)	Velocidad	pH
0.3333	3.9	0.083	3.9	0.25037292	2.1
0.7333	4.6	0.201	4.6	0.273861327	2.2
1.2667	5.6	0.210	5.6	0.165630632	2.31
1.7667	5.4	0.210	5.4	0.118823774	2.8
2.2667	4.4	0.210	4.4	0.092612647	3.84
2.7667	4.4	0.210	4.4	0.075875422	4.06

Fuente: Elaboración Propia





Fuente: Elaboración Propia

Tabla 160

Condiciones del Cd

Fecha	Volumen		Cd ley cabeza
	V _O	V _f	
29/11/2018	1.18 L	0.51 L	0.227 mg/L 0.2643 mg

Fuente: Elaboración Propia

Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Cd

pH	A	V	T°C	Tiempo [min]	Vol Muestra [mL]	Vol	Solución [ppm]	Volumen [mL]	Extracción [mg]	Diferencia de masa	% Remoción
2.1	3.9	44.8	38	20	20	0.01	0.266	1160	0.3	-0.048	-18.5
2.2	4.6	44.16	49.1	44	20	0.00	0.085	1140	0.1	0.164	62.8
2.31	5.6	43.73	56.7	76	20	0.00	0.017	1120	0.0	0.241	92.7
2.8	5.4	43.82	55.9	106	20	0.00	0.011	1100	0.0	0.248	95.4
3.84	4.4	44.3	56.8	136	20	0.00	0.000	1080	0.0	0.260	100.0
4.06	4.4	44.35	59.4	166	20	0.00	0.000	1060	0.0	0.260	100.0

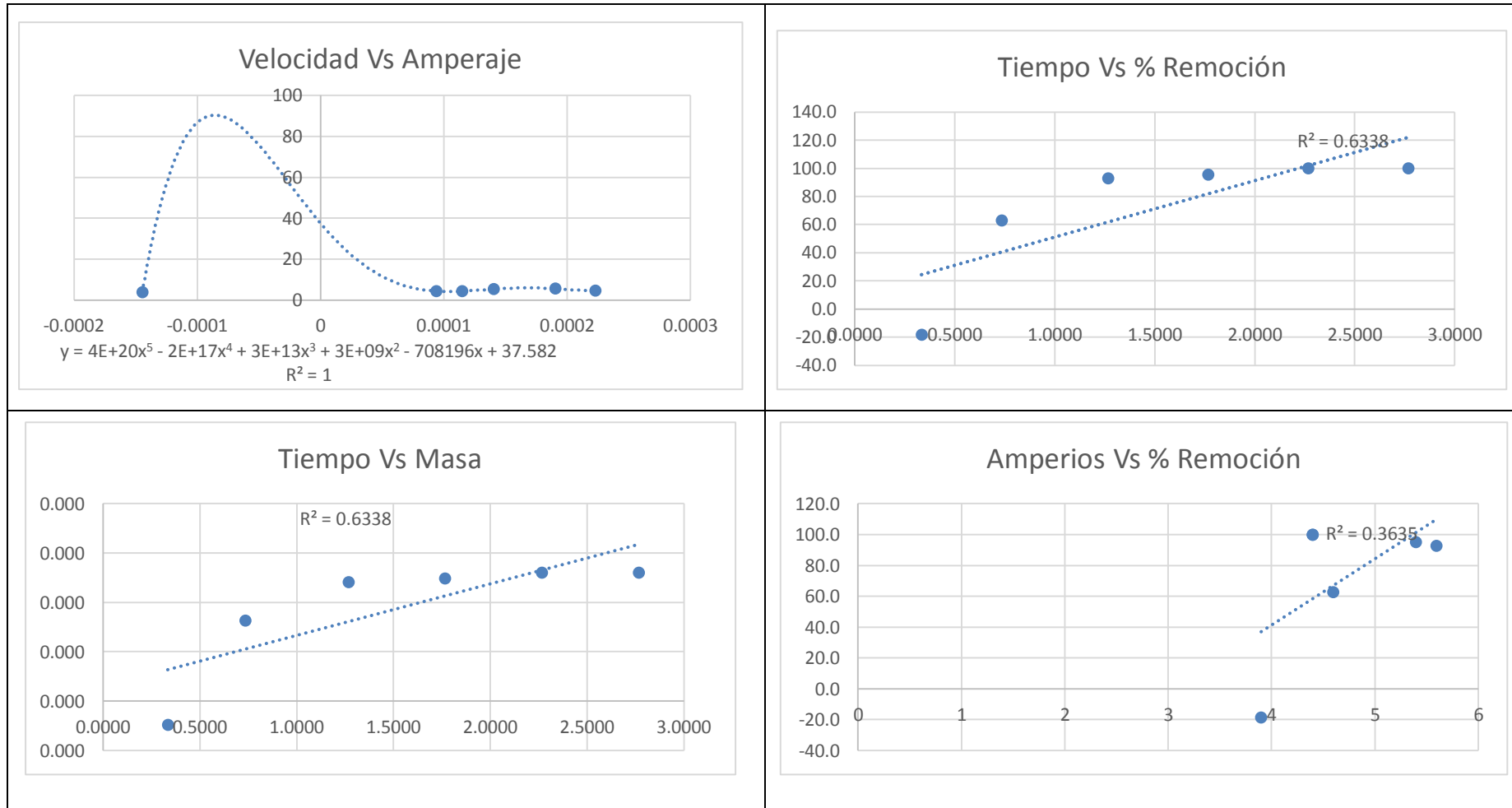
Fuente: Elaboración Propia

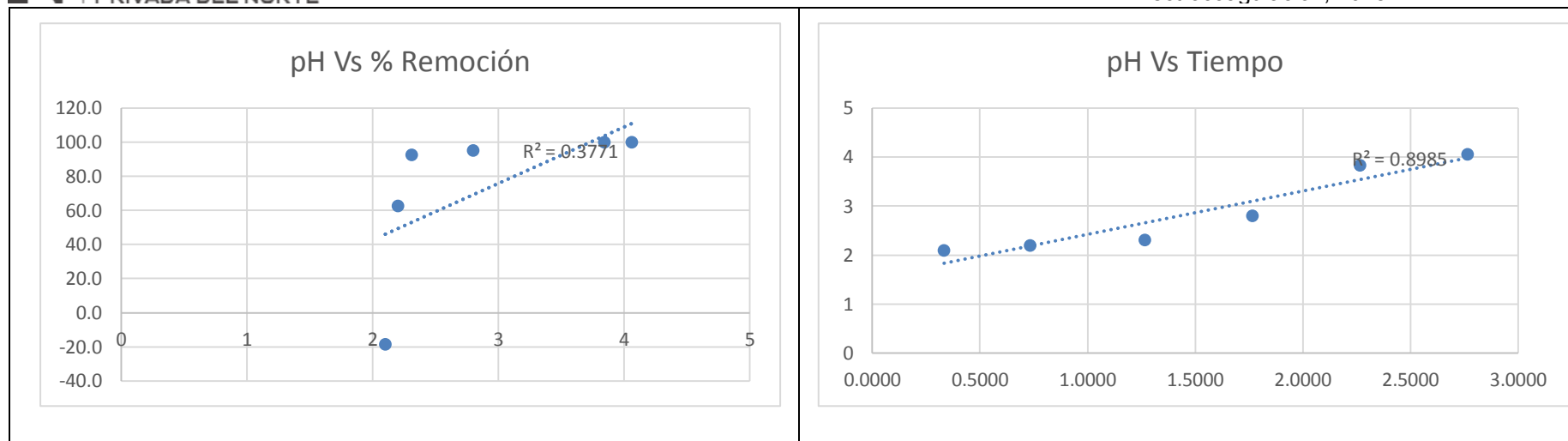
Tabla 162

Análisis de las Variables de Estudio del Cd

Tiempo (horas)	Amperios (A)	Dif. masa (gramos)	Remoción (%)	Velocidad	pH
0.3333	3.9	0.000	-18.5	-0.000144402	2.1
0.7333	4.6	0.000	62.8	0.00022299	2.2
1.2667	5.6	0.000	92.7	0.000190568	2.31
1.7667	5.4	0.000	95.4	0.000140562	2.8
2.2667	4.4	0.000	100.0	0.000114894	3.84
2.7667	4.4	0.000	100.0	9.41299E-05	4.06

Fuente: Elaboración Propia





Fuente: Elaboración Propia

Tabla 163

Condiciones del Co

Fecha	Volumen		Co ley cabeza
	V _O	V _f	
29/11/2018	1.18 L	0.51 L	4.485 mg/L 5.2923 mg

Fuente: Elaboración Propia

Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Co

pH	A	V	T°C	Tiempo [min]	Vol Muestra [mL]	Vol	Solución [ppm]	Volumen [mL]	Extracción [mg]	Diferencia de masa	% Remoción
2.1	3.9	44.8	38	20	20	0.10	4.810	1160	5.6	-0.287	-5.4
2.2	4.6	44.16	49.1	44	20	0.06	2.804	1140	3.2	2.096	39.6
2.31	5.6	43.73	56.7	76	20	0.03	1.626	1120	1.8	3.471	65.6
2.8	5.4	43.82	55.9	106	20	0.02	0.875	1100	1.0	4.330	81.8
3.84	4.4	44.3	56.8	136	20	0.01	0.308	1080	0.3	4.960	93.7
4.06	4.4	44.35	59.4	166	20	0.01	0.274	1060	0.3	5.002	94.5

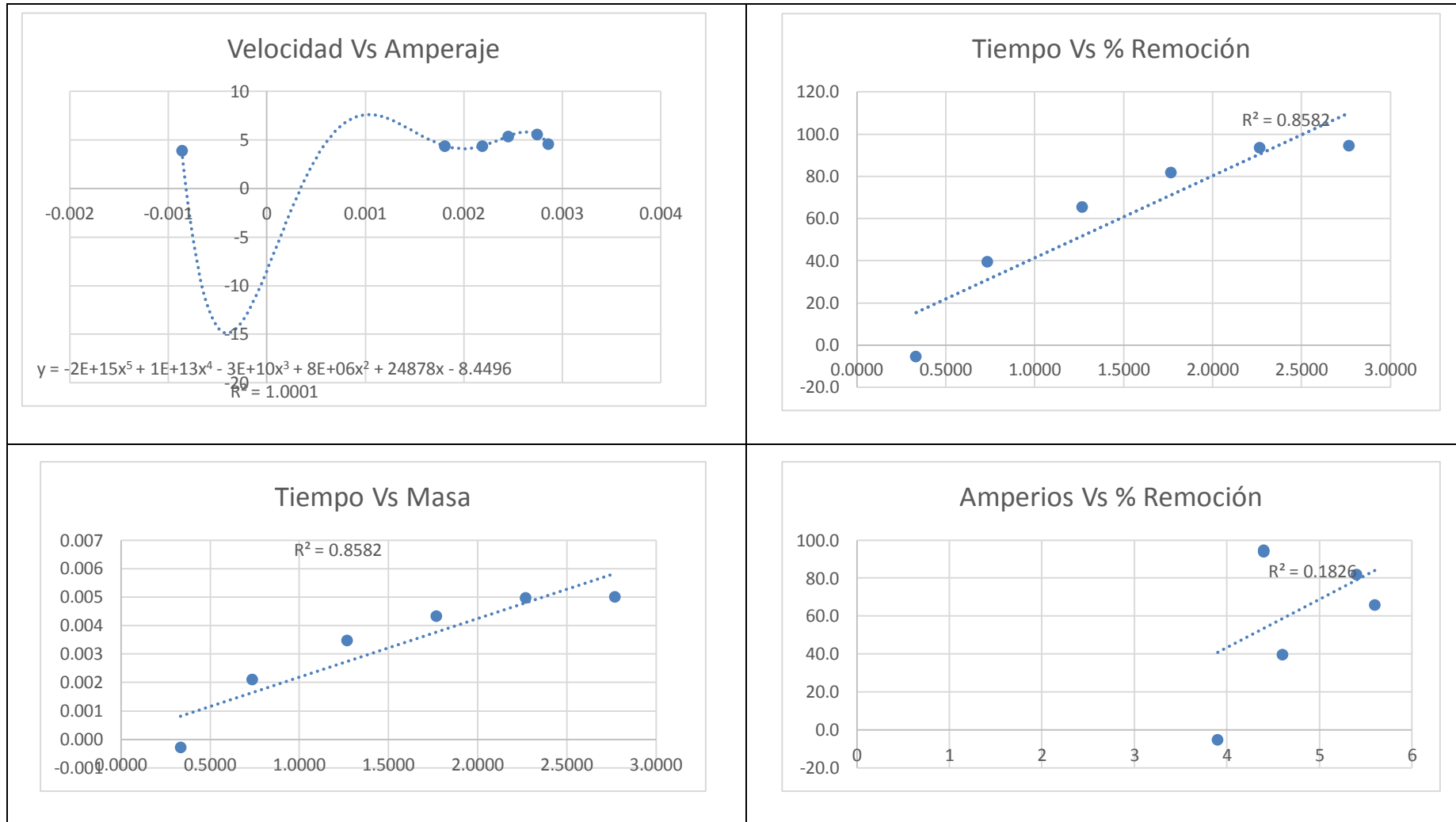
Fuente: Elaboración Propia

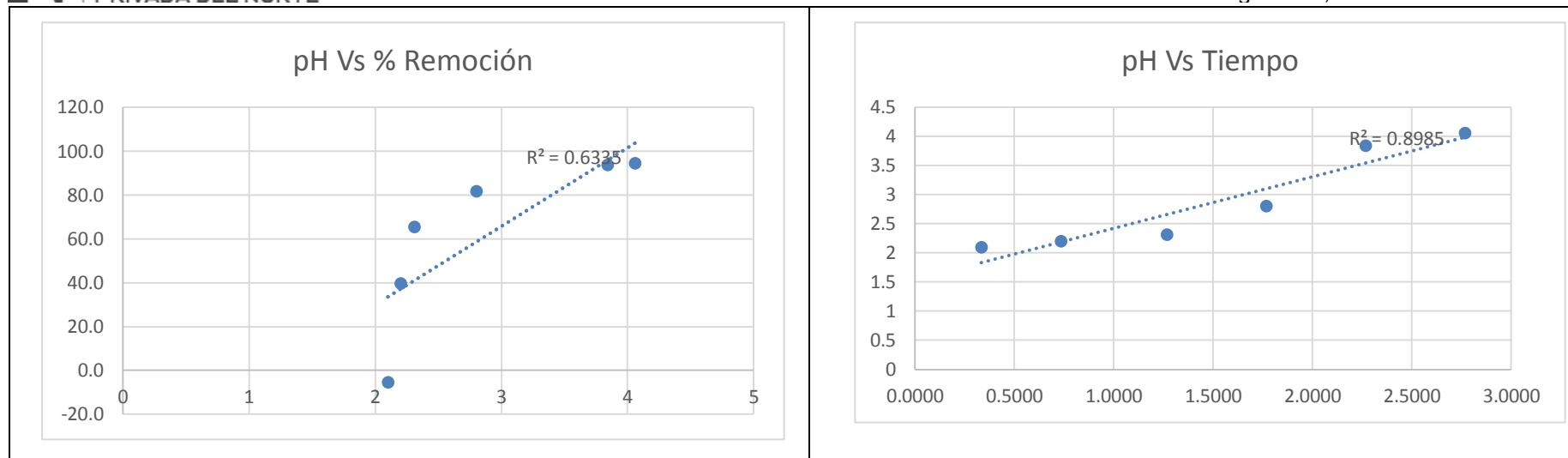
Tabla 165

Análisis de las Variables de Estudio del Co

Tiempo (horas)	Amperios (A)	Dif. masa (gramos)	Remoción (%)	Velocidad	pH
0.3333	3.9	0.000	-5.4	-0.0008619	2.1
0.7333	4.6	0.002	39.6	0.002857827	2.2
1.2667	5.6	0.003	65.6	0.002740405	2.31
1.7667	5.4	0.004	81.8	0.00245083	2.8
2.2667	4.4	0.005	93.7	0.002188085	3.84
2.7667	4.4	0.005	94.5	0.001807901	4.06

Fuente: Elaboración Propia





Fuente: Elaboración Propia

Tabla 166

Condiciones del Cr

Fecha	Volumen		Cr ley cabeza
	V ₀	V _f	
29/11/2018	1.18 L	0.51 L	0.4045 mg/L 0.47731 mg

Fuente: Elaboración Propia

Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Cr

pH	A	V	T°C	Tiempo [min]	Vol Muestra [mL]	Vol	Solución [ppm]	Volumen [mL]	Extracción [mg]	Diferencia de masa	% Remoción
2.1	3.9	44.8	38	20	20	0.01	0.502	1160	0.6	-0.105	-22.0
2.2	4.6	44.16	49.1	44	20	0.01	0.443	1140	0.5	-0.028	-5.8
2.31	5.6	43.73	56.7	76	20	0.01	0.387	1120	0.4	0.044	9.2
2.8	5.4	43.82	55.9	106	20	0.00	0.104	1100	0.1	0.363	76.0
3.84	4.4	44.3	56.8	136	20	0.00	0.000	1080	0.0	0.477	100.0
4.06	4.4	44.35	59.4	166	20	0.00	0.000	1060	0.0	0.477	100.0

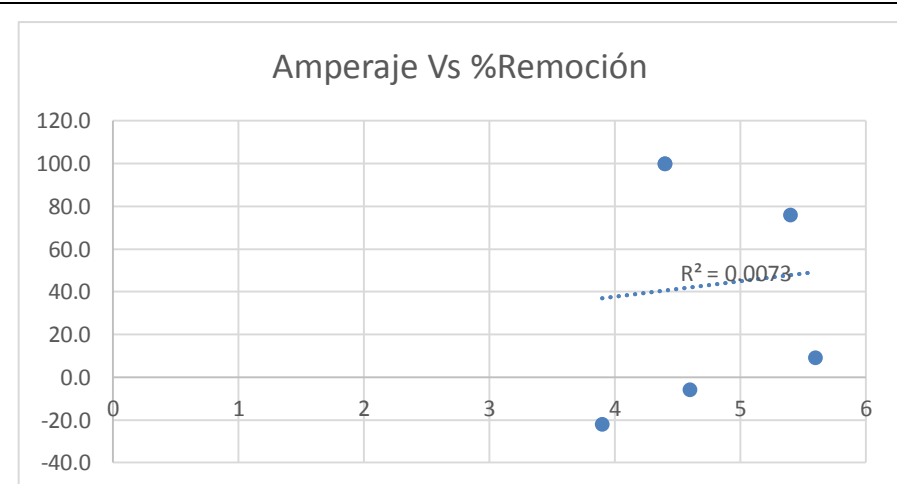
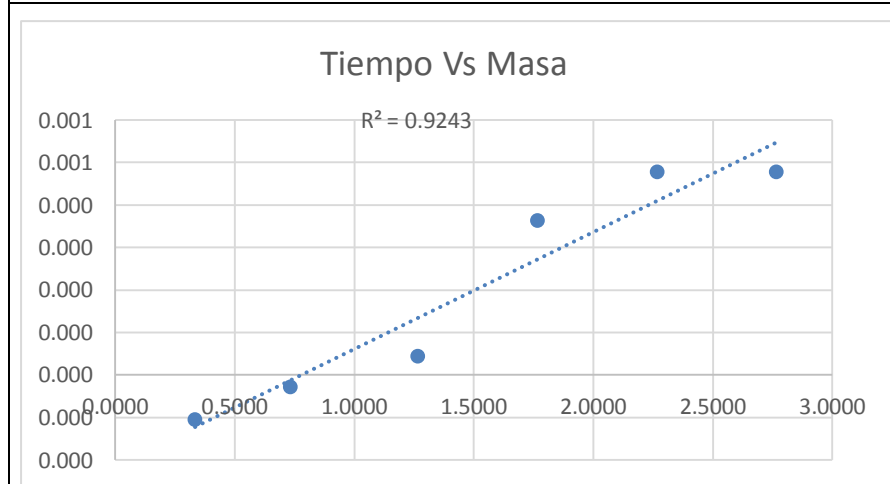
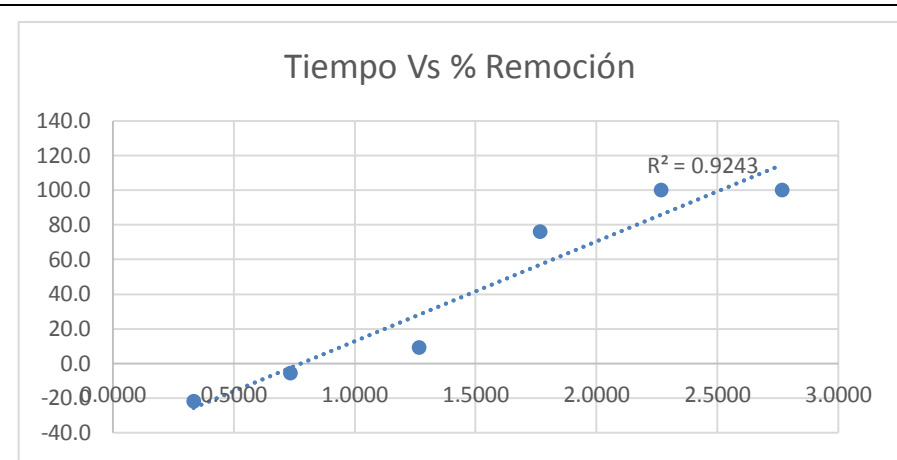
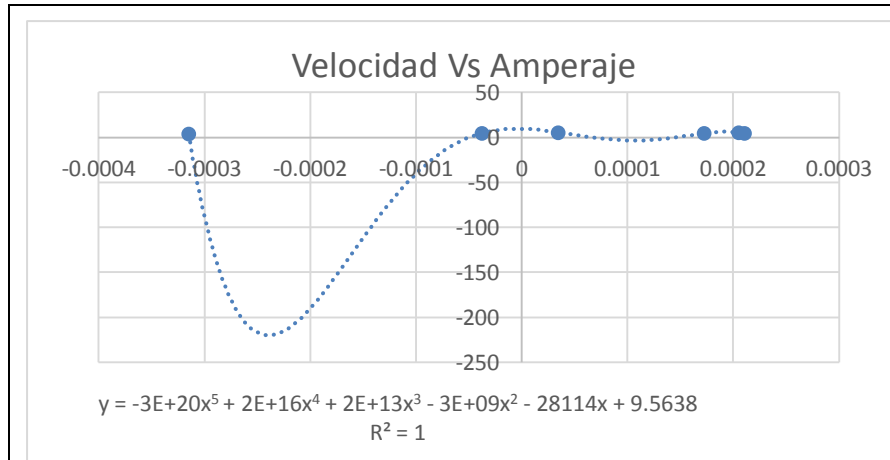
Fuente: Elaboración Propia

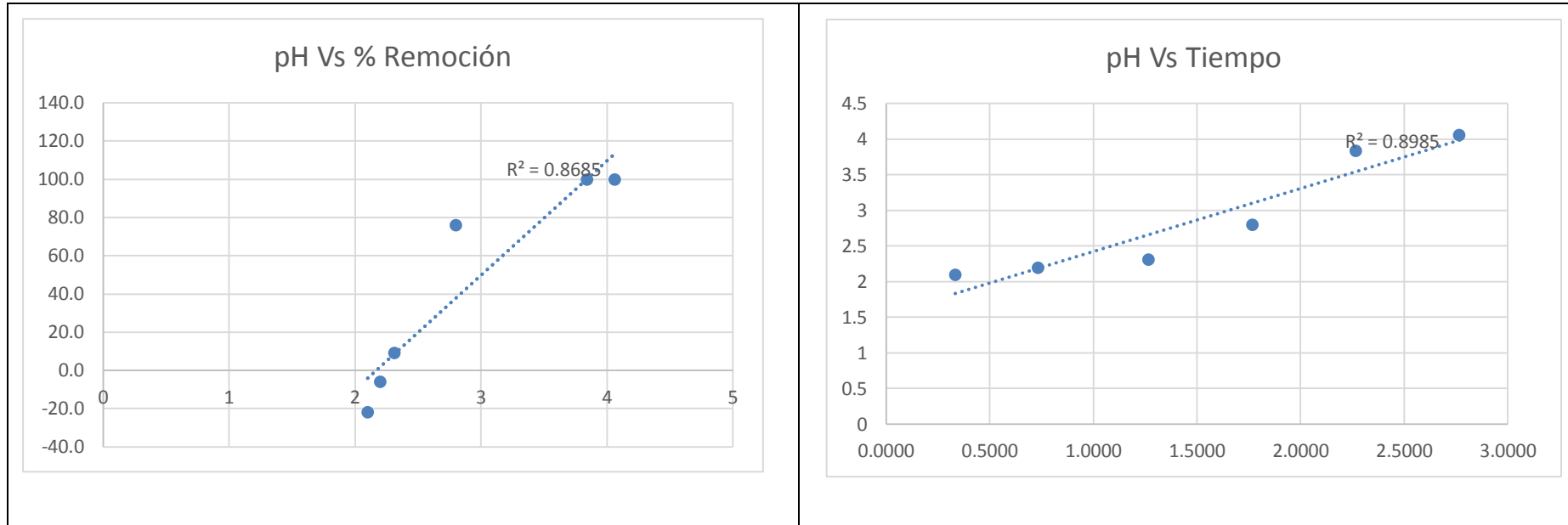
Tabla 168

Análisis de las Variables de Estudio del Cr

Tiempo (horas)	Amperios (A)	Dif masa (gramos)	Remoción (%)	Velocidad	pH
0.3333	3.9	0.000	-22.0	-0.00031503	2.1
0.7333	4.6	0.000	-5.8	-3.77864E-05	2.2
1.2667	5.6	0.000	9.2	3.46342E-05	2.31
1.7667	5.4	0.000	76.0	0.000205421	2.8
2.2667	4.4	0.000	100.0	0.000210578	3.84
2.7667	4.4	0.000	100.0	0.000172522	4.06

Fuente: Elaboración Propia





Fuente: Elaboración Propia

Tabla 169

Condiciones del Cu

Fecha	Volumen		Cu ley cabeza
	V _O	V _f	
29/11/2018	1.18 L	0.51 L	348.61 mg/L 411.36 mg

Fuente: Elaboración Propia

Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Cu

pH	A	V	T°C	Tiempo [min]	Vol Muestra [mL]	Vol	Solución [ppm]	Volumen [mL]	Extracción [mg]	Diferencia de masa	% Remoción
2.1	3.9	44.8	38	20	20	5.58	279.192	1160	323.9	87.497	21.3
2.2	4.6	44.16	49.1	44	20	2.35	117.688	1140	134.2	277.195	67.4
2.31	5.6	43.73	56.7	76	20	0.63	31.369	1120	35.1	376.227	91.5
2.8	5.4	43.82	55.9	106	20	0.14	7.249	1100	8.0	403.386	98.1
3.84	4.4	44.3	56.8	136	20	0.00	0.106	1080	0.1	411.245	100.0
4.06	4.4	44.35	59.4	166	20	0.00	0.108	1060	0.1	411.245	100.0

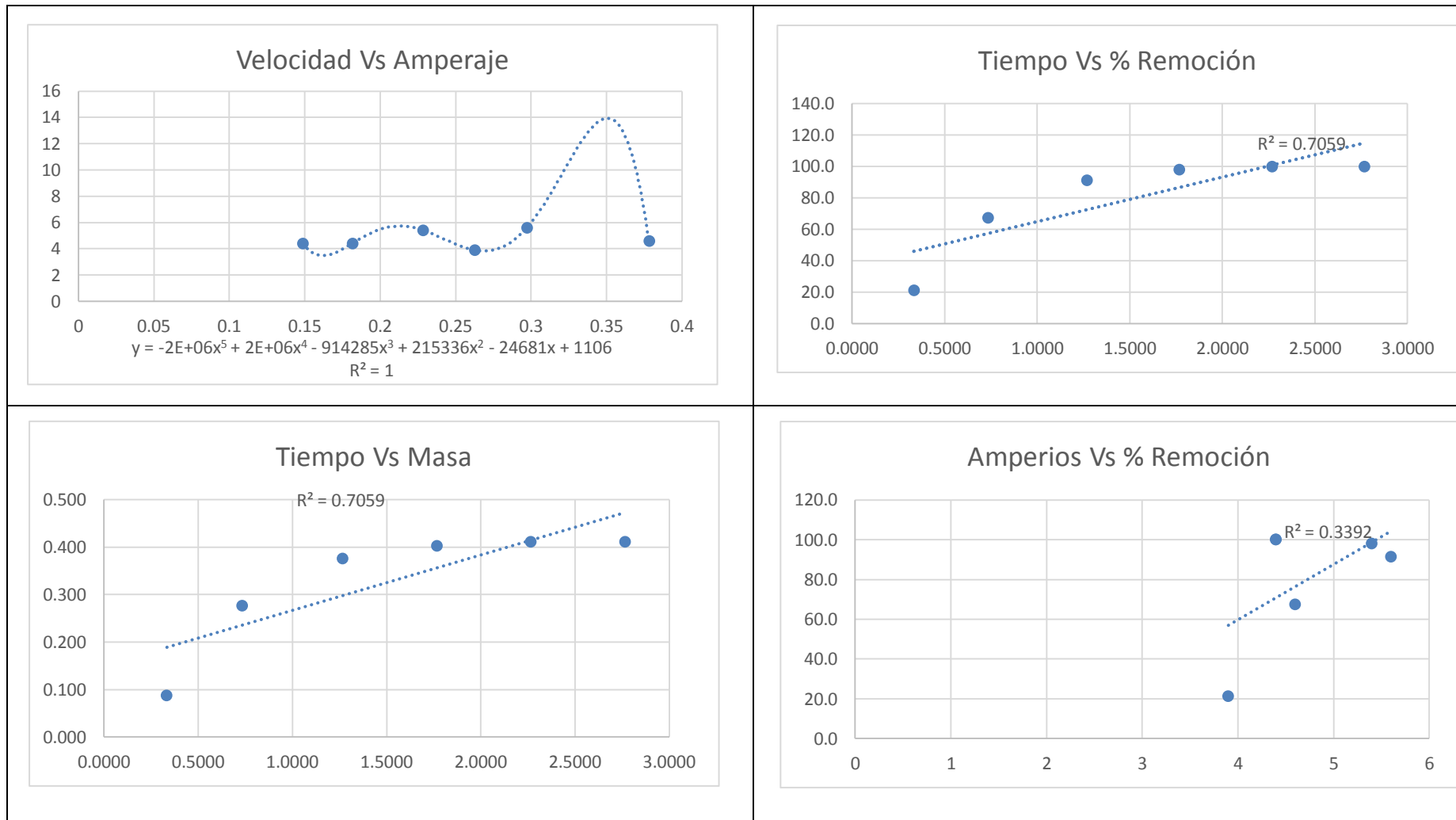
Fuente: Elaboración Propia

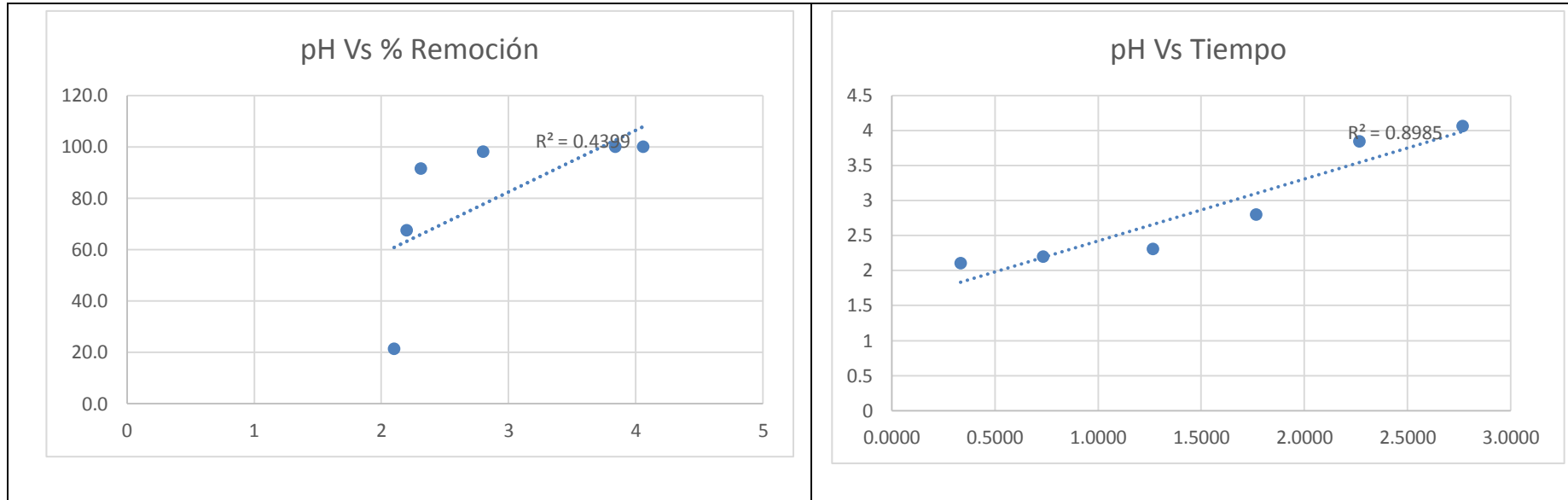
Tabla 171

Análisis de las Variables de Estudio del Cu

Tiempo (horas)	Amperios (A)	Dif. masa (gramos)	Remoción (%)	Velocidad	pH
0.3333	3.9	0.087	21.3	0.26249124	2.1
0.7333	4.6	0.277	67.4	0.377993836	2.2
1.2667	5.6	0.376	91.5	0.297020937	2.31
1.7667	5.4	0.403	98.1	0.228331642	2.8
2.2667	4.4	0.411	100.0	0.181431759	3.84
2.7667	4.4	0.411	100.0	0.148642887	4.06

Fuente: Elaboración Propia





Fuente: Elaboración Propia

Tabla 172

Condiciones del Mg

Fecha	Volumen		Mg ley cabeza
	V _O	V _f	
29/11/2018	1.18 L	0.51 L	47.92 mg/L 56.5456 mg

Fuente: Elaboración Propia

Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Mg

pH	A	V	T°C	Tiempo [min]	Vol Muestra [mL]	Vol	Solución [ppm]	Volumen [mL]	Extracción [mg]	Diferencia de masa	% Remoción
2.1	3.9	44.8	38	20	20	1.33	66.497	1160	77.1	-20.591	-36.4
2.2	4.6	44.16	49.1	44	20	1.31	65.539	1140	74.7	-18.169	-32.1
2.31	5.6	43.73	56.7	76	20	1.27	63.269	1120	70.9	-14.316	-25.3
2.8	5.4	43.82	55.9	106	20	1.22	61.067	1100	67.2	-10.628	-18.8
3.84	4.4	44.3	56.8	136	20	1.26	63.153	1080	68.2	-11.660	-20.6
4.06	4.4	44.35	59.4	166	20	1.29	64.567	1060	68.4	-11.895	-21.0

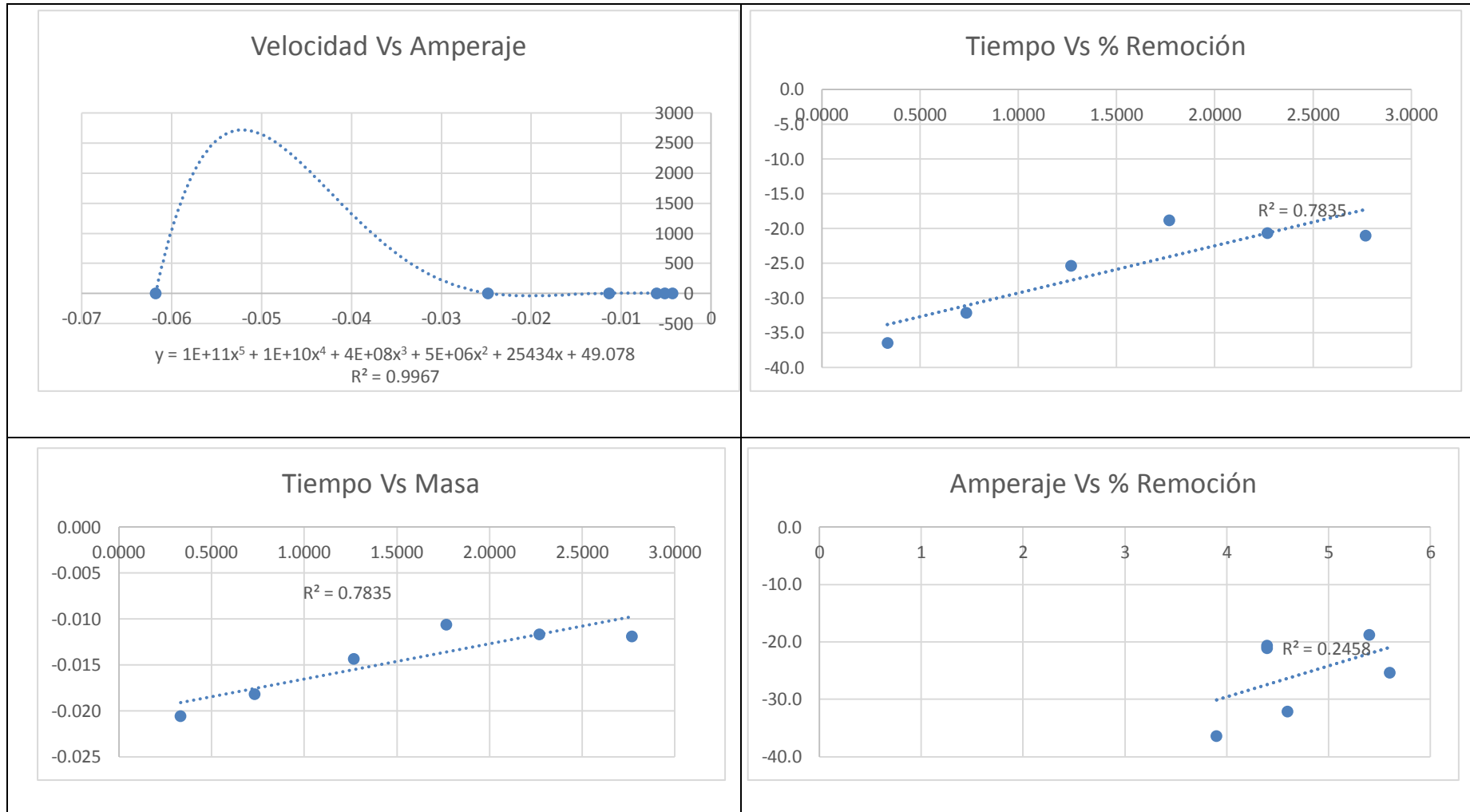
Fuente: Elaboración Propia

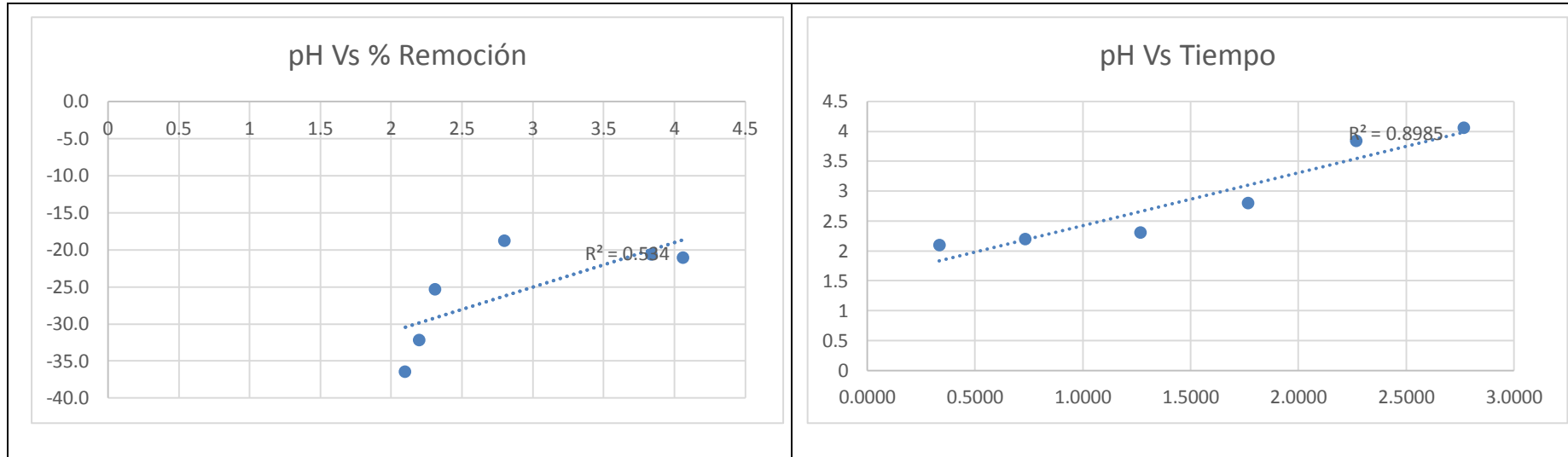
Tabla 174

Análisis de las Variables de Estudio de Mg

Tiempo (horas)	Amperios (A)	Dif. masa (gramos)	Remoción (%)	Velocidad	pH
0.3333	3.9	-0.021	-36.4	-0.06177276	2.1
0.7333	4.6	-0.018	-32.1	-0.024775718	2.2
1.2667	5.6	-0.014	-25.3	-0.011301853	2.31
1.7667	5.4	-0.011	-18.8	-0.006015906	2.8
2.2667	4.4	-0.012	-20.6	-0.005143959	3.84
2.7667	4.4	-0.012	-21.0	-0.004299549	4.06

Fuente: Elaboración Propia





Fuente: Elaboración Propia

Tabla 175

Condiciones del Ni

Fecha	Volumen		Ni ley cabeza
	V _O	V _f	
29/11/2018	1.18 L	0.51 L	1.626 mg/L 1.91868 mg

Fuente: Elaboración Propia

Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Ni

pH	A	V	T°C	Tiempo [min]	Vol Muestra [mL]	Vol	Solución [ppm]	Volumen [mL]	Extracción [mg]	Diferencia de masa	% Remoción
2.1	3.9	44.8	38	20	20	0.04	1.793	1160	2.1	-0.161	-8.4
2.2	4.6	44.16	49.1	44	20	0.02	1.060	1140	1.2	0.710	37.0
2.31	5.6	43.73	56.7	76	20	0.01	0.555	1120	0.6	1.297	67.6
2.8	5.4	43.82	55.9	106	20	0.01	0.327	1100	0.4	1.559	81.3
3.84	4.4	44.3	56.8	136	20	0.00	0.164	1080	0.2	1.742	90.8
4.06	4.4	44.35	59.4	166	20	0.00	0.183	1060	0.2	1.725	89.9

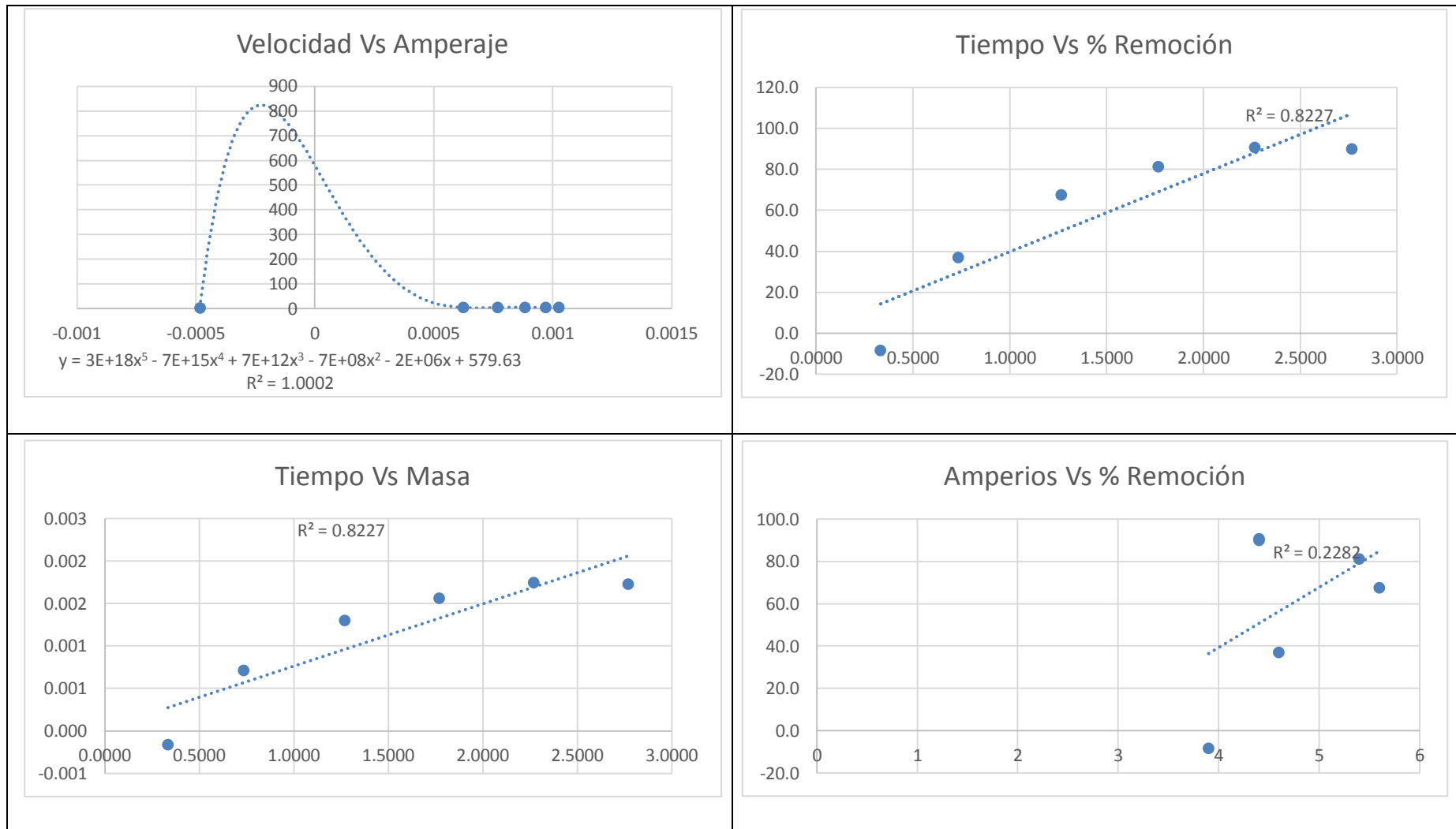
Fuente: Elaboración Propia

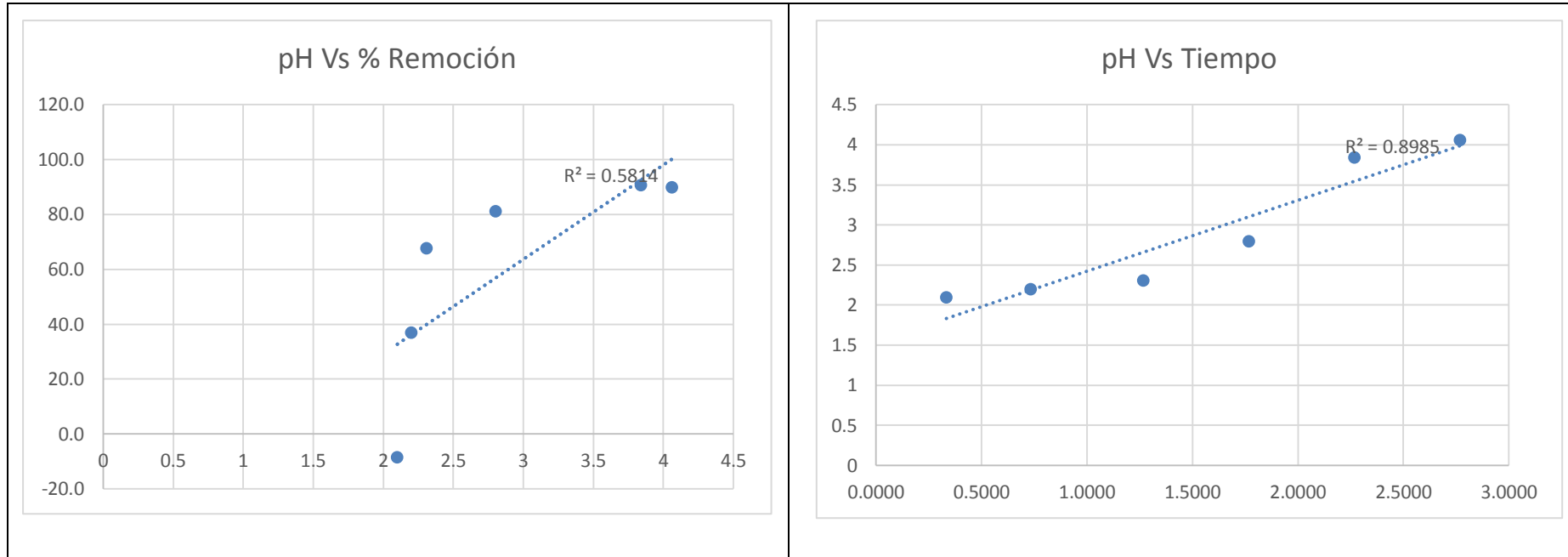
Tabla 177

Análisis de las Variables de Estudio del Ni

Tiempo (horas)	Amperios (A)	Dif masa (gramos)	Remoción (%)	Velocidad	pH
0.3333	3.9	0.000	-8.4	-0.0004836	2.1
0.7333	4.6	0.001	37.0	0.000968564	2.2
1.2667	5.6	0.001	67.6	0.001024011	2.31
1.7667	5.4	0.002	81.3	0.000882442	2.8
2.2667	4.4	0.002	90.8	0.000768335	3.84
2.7667	4.4	0.002	89.9	0.000623386	4.06

Fuente: Elaboración Propia





Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 178

Condiciones del Pb

Fecha	Volumen		Pb ley cabeza
	V _O	V _f	
29/11/2018	1.18 L	0.51 L	0.0261 mg/L 0.0308 mg

Fuente: Elaboración Propia

Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Pb

pH	A	V	T°C	Tiempo [min]	Vol Muestra [mL]	Vol	Solución [ppm]	Volumen [mL]	Extracción [mg]	Diferencia de masa	% Remoción
2.1	3.9	44.8	38	20	20	0.00	0.000	1160	0.0	0.031	100.0
2.2	4.6	44.16	49.1	44	20	0.00	0.000	1140	0.0	0.031	100.0
2.31	5.6	43.73	56.7	76	20	0.00	0.000	1120	0.0	0.031	100.0
2.8	5.4	43.82	55.9	106	20	0.00	0.000	1100	0.0	0.031	100.0
3.84	4.4	44.3	56.8	136	20	0.00	0.000	1080	0.0	0.031	100.0
4.06	4.4	44.35	59.4	166	20	0.00	0.000	1060	0.0	0.031	100.0

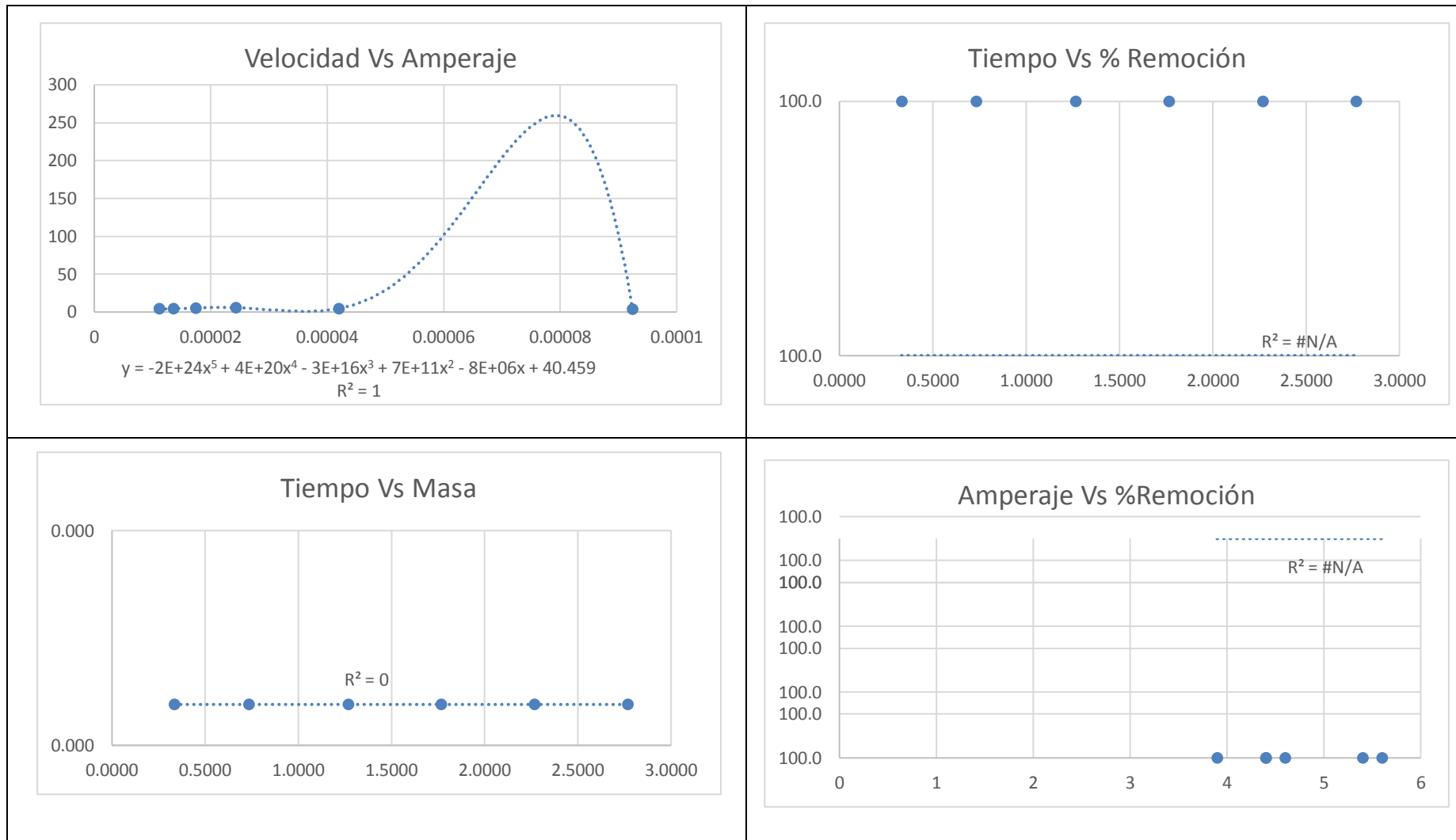
Fuente: Elaboración Propia

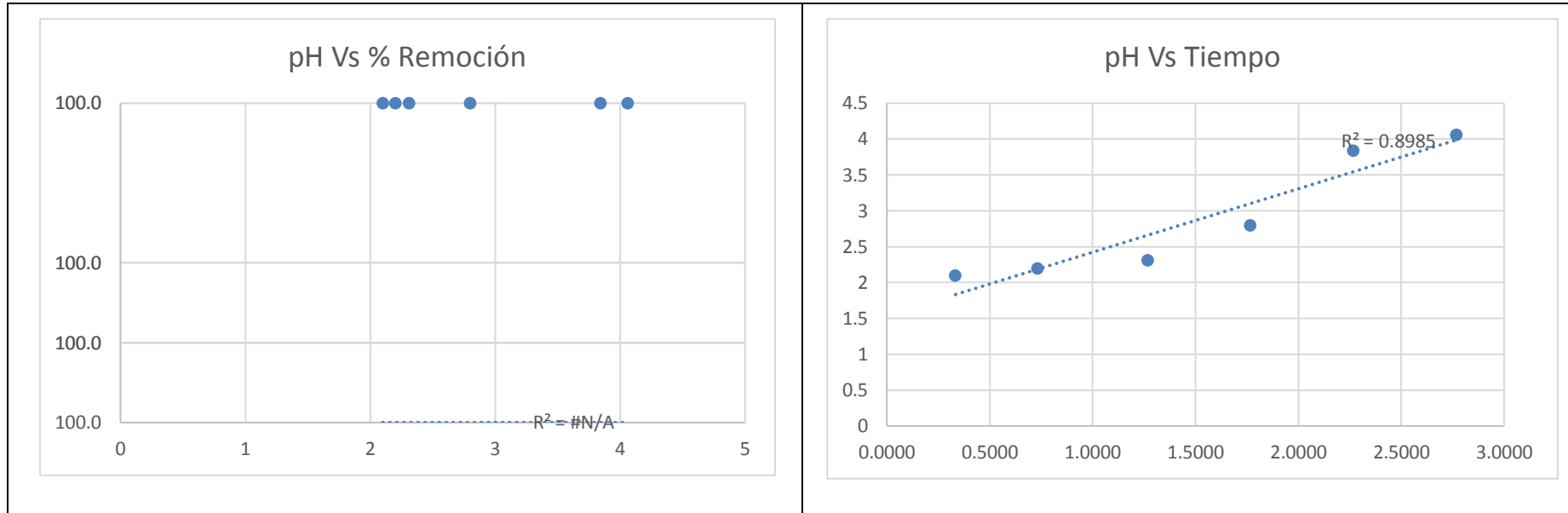
Tabla 180

Análisis de las Variables de Estudio del Pb

Tiempo (horas)	Amperios (A)	Dif masa (gramos)	Remoción (%)	Velocidad	pH
0.3333	3.9	0.000	100.0	0.000092394	2.1
0.7333	4.6	0.000	100.0	4.19973E-05	2.2
1.2667	5.6	0.000	100.0	2.43142E-05	2.31
1.7667	5.4	0.000	100.0	1.74328E-05	2.8
2.2667	4.4	0.000	100.0	1.35874E-05	3.84
2.7667	4.4	0.000	100.0	1.11318E-05	4.06

Fuente: Elaboración Propia





Fuente: Elaboración Propia

Tabla 181

Condiciones del Zn

Fecha	Volumen		Zn ley cabeza
	V _O	V _f	
29/11/2018	1.18 L	0.51 L	26.43 mg/L 31.1874 mg

Fuente: Elaboración Propia

Análisis de la caracterización durante la recolección de datos en el Proceso de Electrocoagulación en el Zn

pH	A	V	T°C	Tiempo [min]	Vol Muestra [mL]	Vol	Solución [ppm]	Volumen [mL]	Extracción [mg]	Diferencia de masa	% Remoción
2.1	3.9	44.8	38	20	20	0.60	29.859	1160	34.6	-3.449	-11.1
2.2	4.6	44.16	49.1	44	20	0.38	18.989	1140	21.6	9.540	30.6
2.31	5.6	43.73	56.7	76	20	0.23	11.470	1120	12.8	18.341	58.8
2.8	5.4	43.82	55.9	106	20	0.14	6.826	1100	7.5	23.679	75.9
3.84	4.4	44.3	56.8	136	20	0.06	3.034	1080	3.3	27.911	89.5
4.06	4.4	44.35	59.4	166	20	0.06	2.874	1060	3.0	28.141	90.2

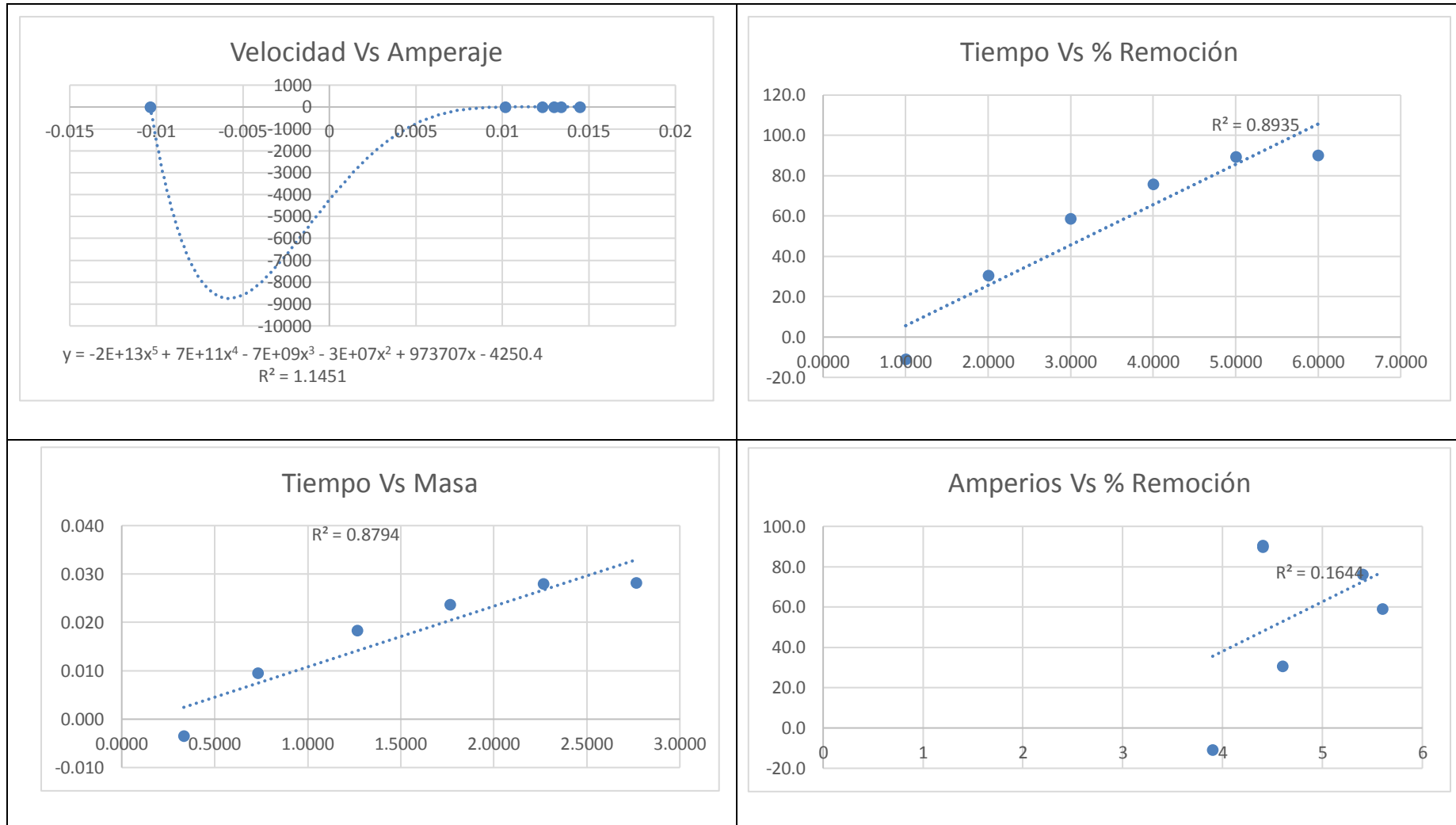
Fuente: Elaboración Propia

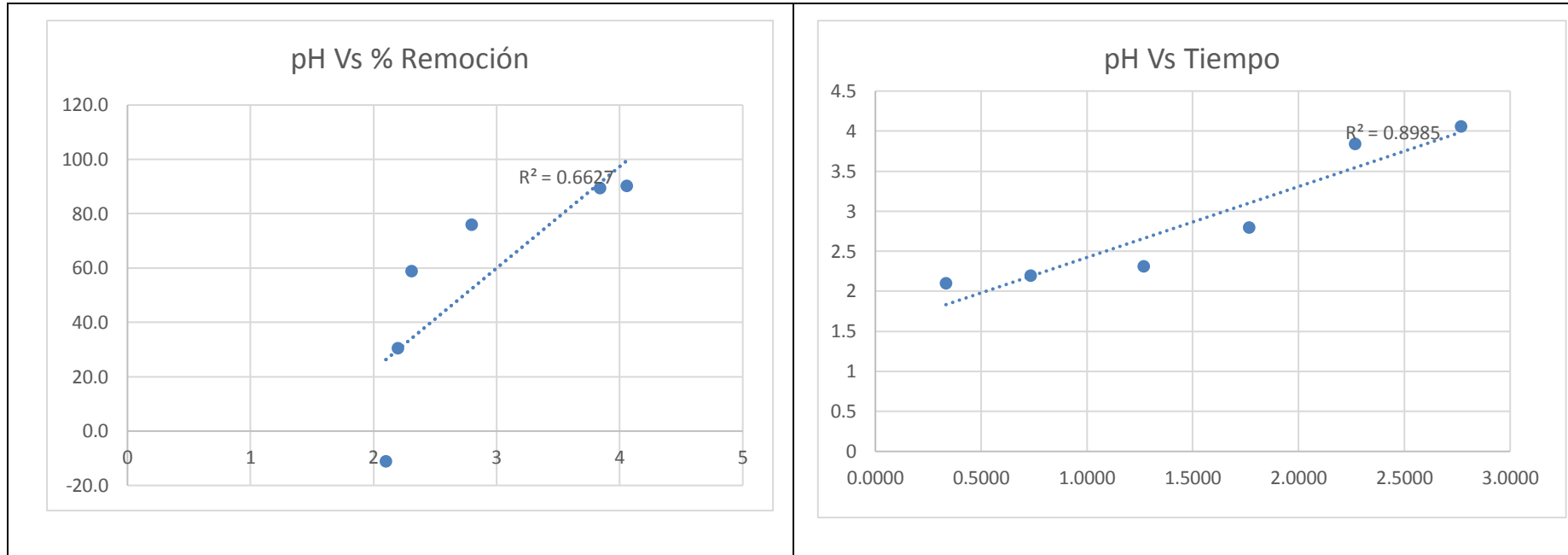
Tabla 183

Análisis de las Variables de Estudio del Zn

Tiempo (horas)	Amperios (A)	Dif masa (gramos)	Remoción (%)	Velocidad	pH
0.3333	3.9	-0.003	-11.1	-0.01034712	2.1
0.7333	4.6	0.010	30.6	0.013009009	2.2
1.2667	5.6	0.018	58.8	0.014479737	2.31
1.7667	5.4	0.024	75.9	0.013403094	2.8
2.2667	4.4	0.028	89.5	0.012313535	3.84
2.7667	4.4	0.028	90.2	0.010171431	4.06

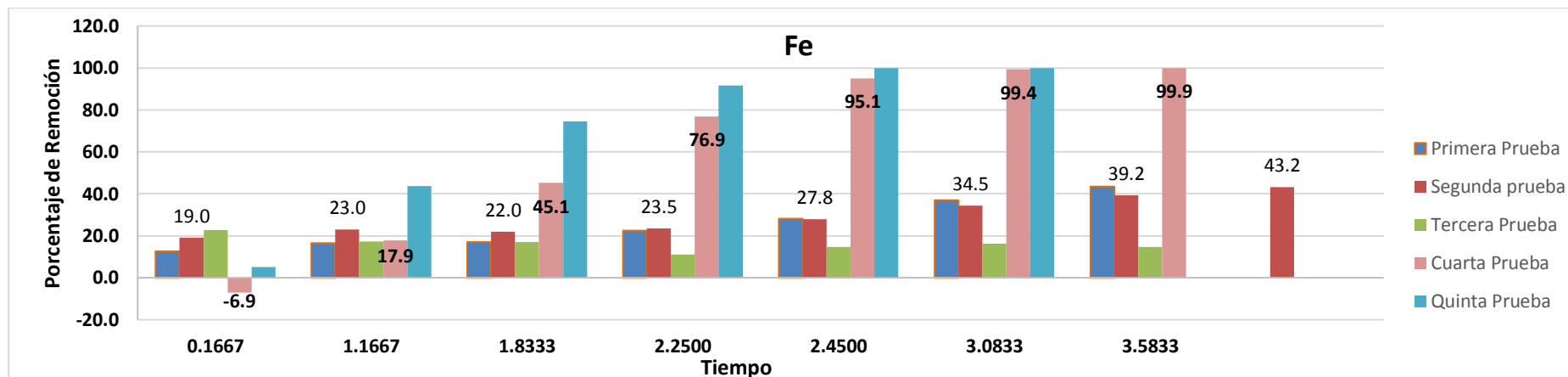
Fuente: Elaboración Propia





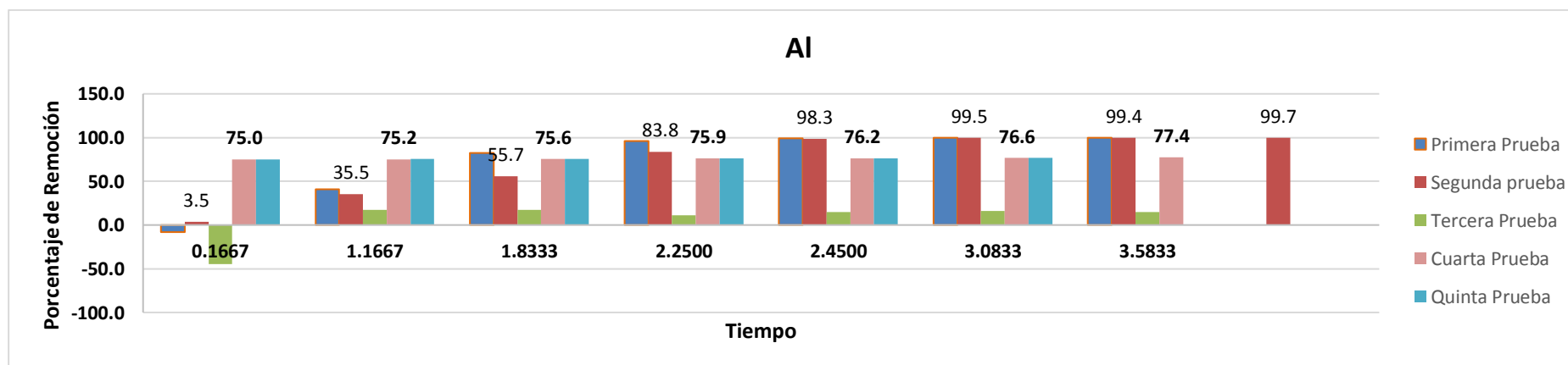
Fuente: *Elaboración Propia.*

Gráfica 61 Demostración del Porcentaje de Remoción del Fe en función al tiempo, mediante las cinco pruebas



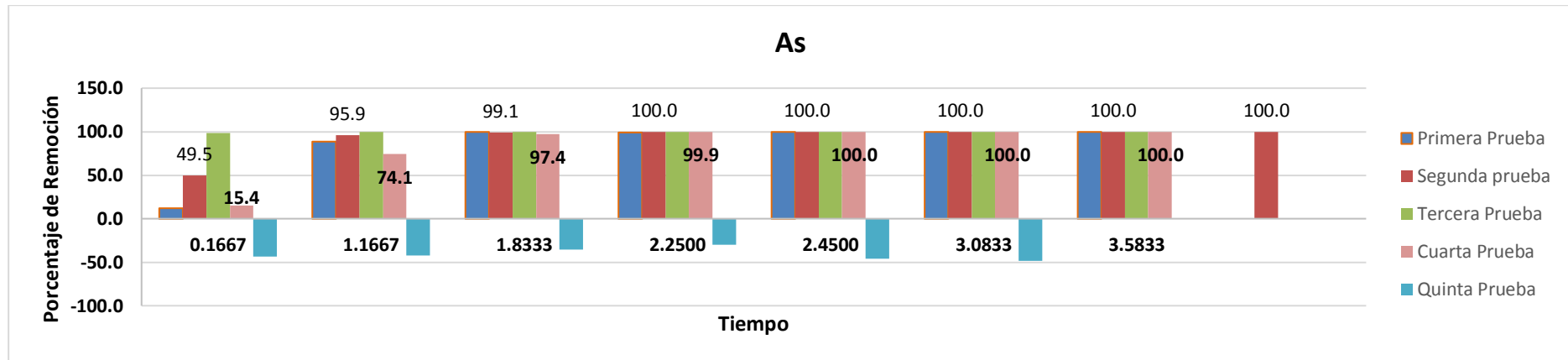
Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 62 Demostración del Porcentaje de Remoción del Al en función al tiempo, mediante las cinco pruebas



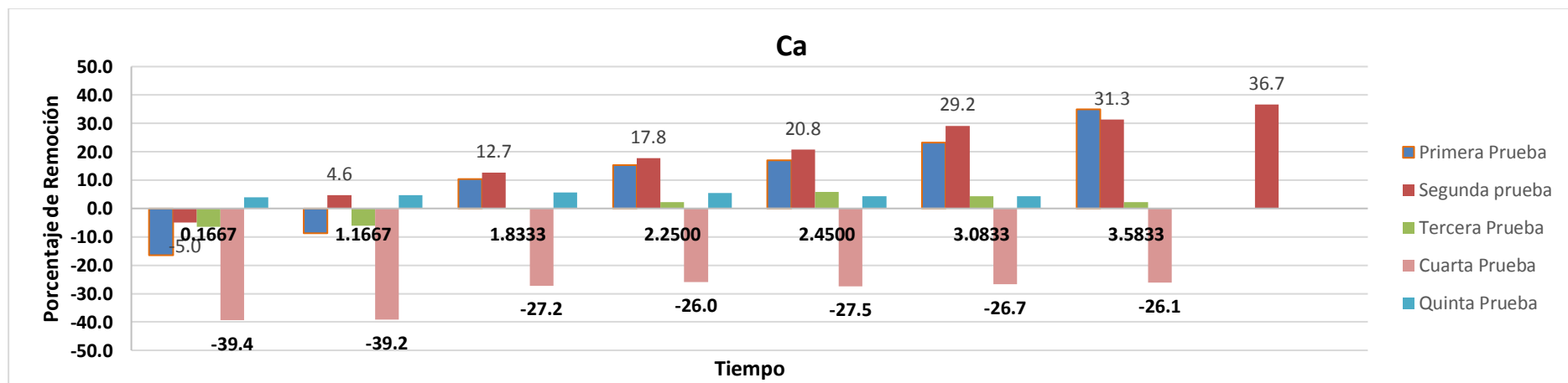
Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 63 Demostración del Porcentaje de Remoción del As en función al tiempo, mediante las cinco pruebas



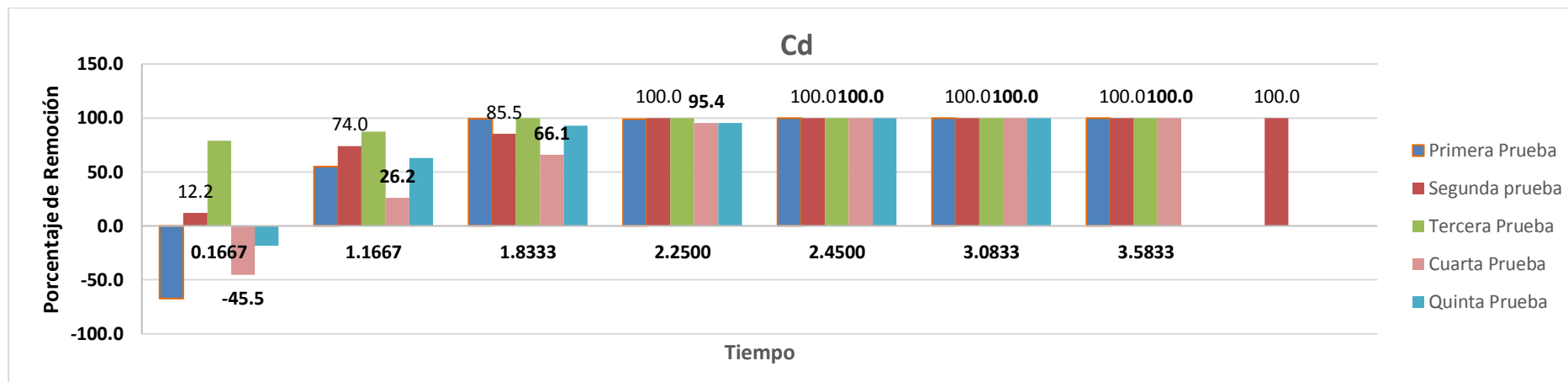
Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 64 Demostración del Porcentaje de Remoción del Ca en función al tiempo, mediante las cinco pruebas



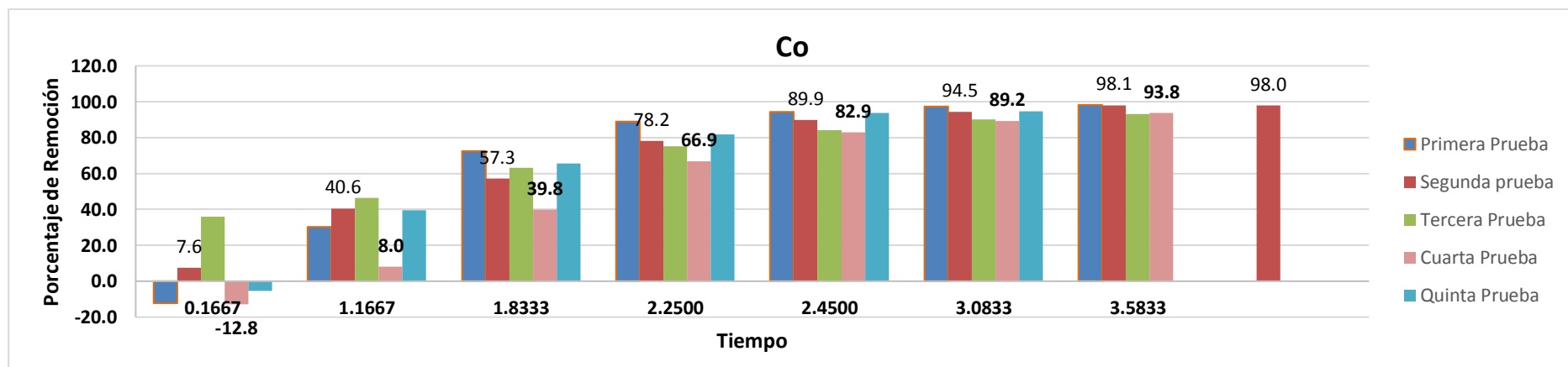
Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 65 Demostración del Porcentaje de Remoción del Cd en función al tiempo, mediante las cinco pruebas



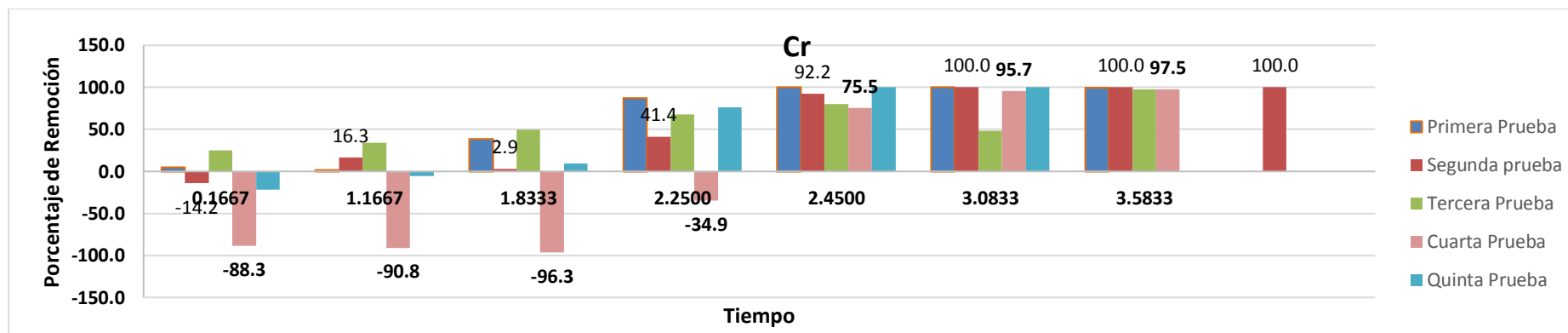
Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 66 Demostración del Porcentaje de Remoción del Co en función al tiempo, mediante las cinco pruebas



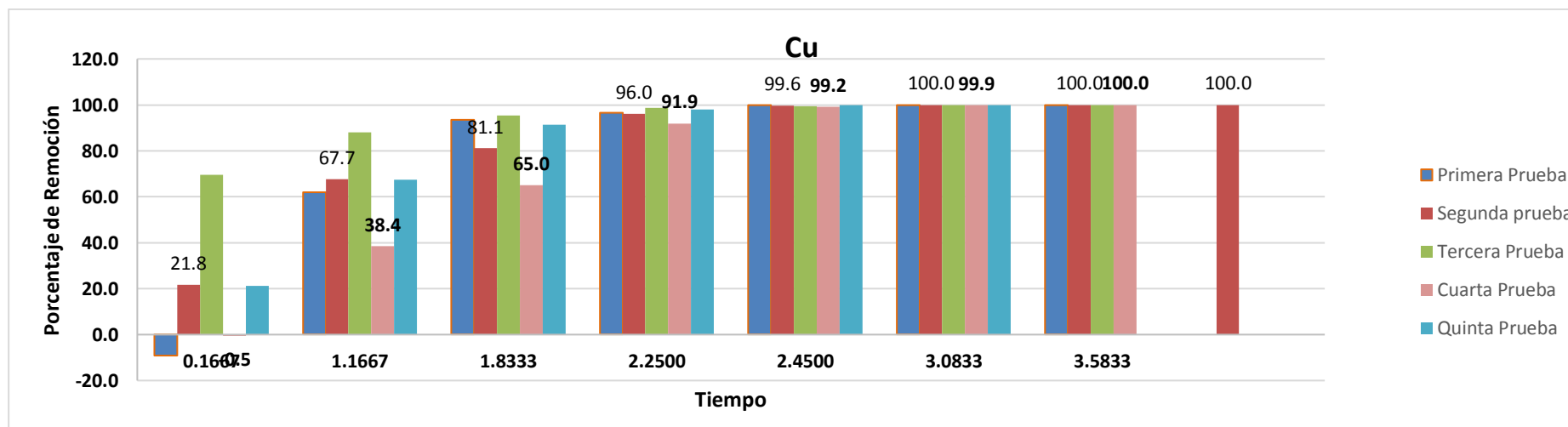
Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 67 Demostración del Porcentaje de Remoción del Cr en función al tiempo, mediante las cinco pruebas



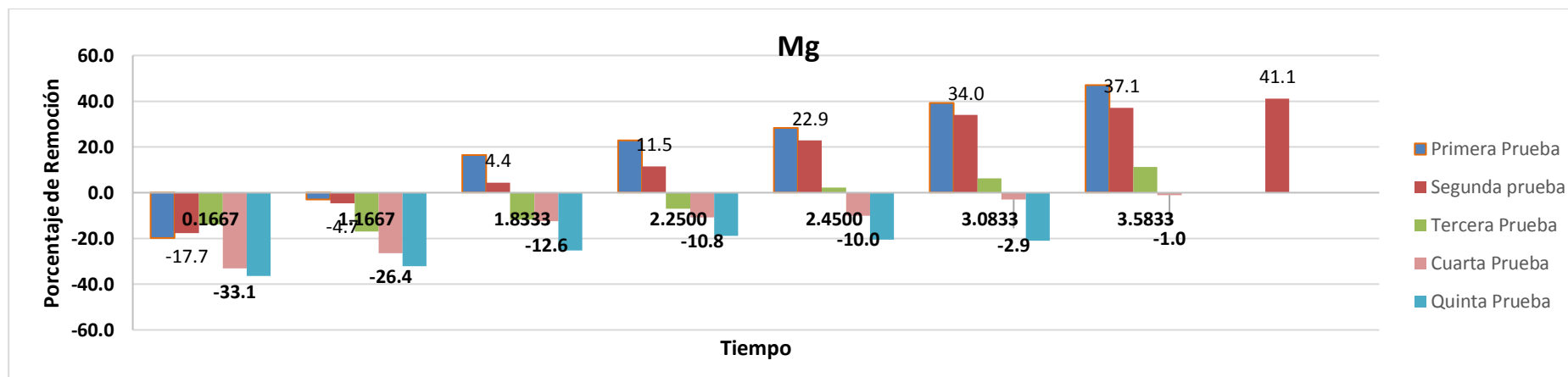
Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 68 Demostración del Porcentaje de Remoción del Cu en función al tiempo, mediante las cinco pruebas



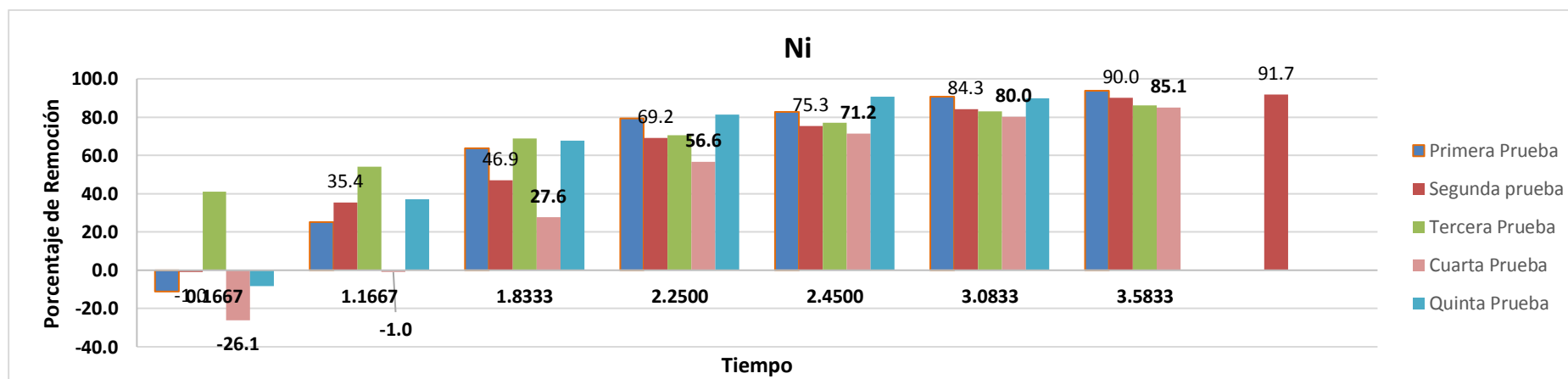
Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 69 Demostración del Porcentaje de Remoción del Mg en función al tiempo, mediante las cinco pruebas



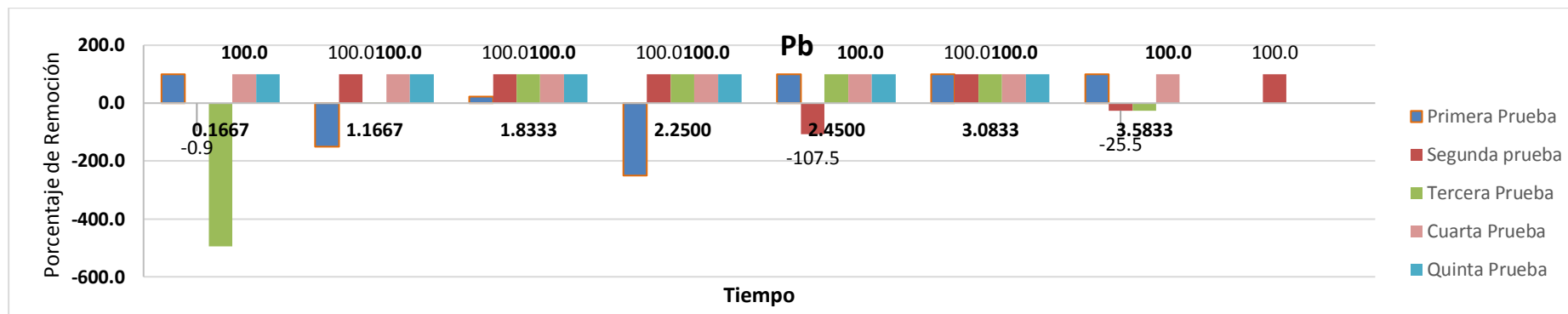
Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 70 Demostración del Porcentaje de Remoción del Ni en función al tiempo, mediante las cinco pruebas



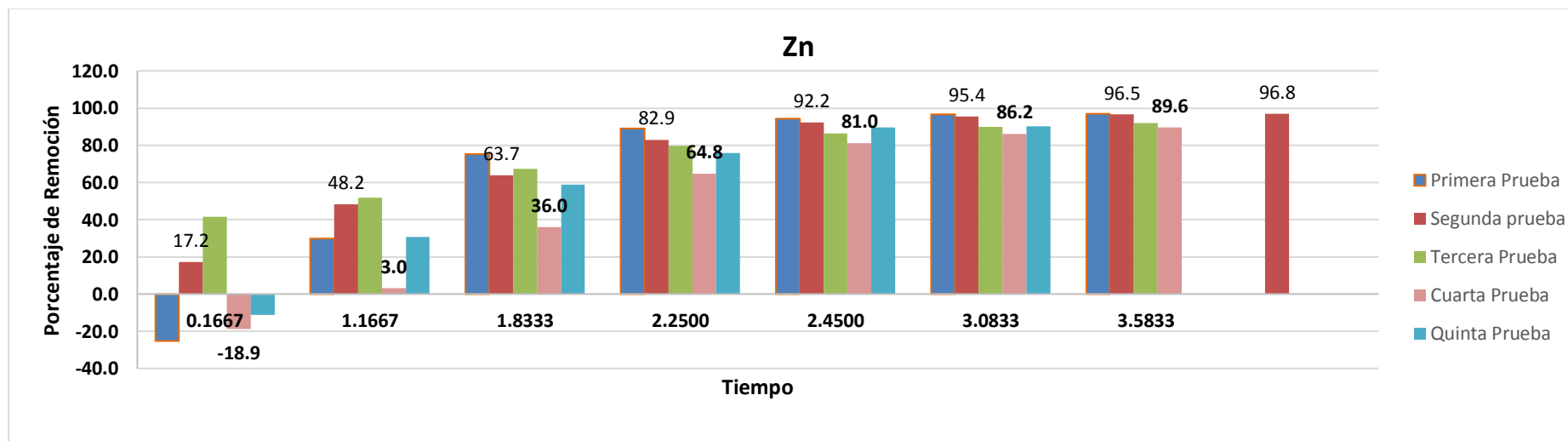
Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 71 Demostración del Porcentaje de Remoción del Pb en función al tiempo, mediante las cinco pruebas



Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 72 Demostración del Porcentaje de Remoción del Zn en función al tiempo, mediante las cinco pruebas



Fuente: Elaboración Propia

2 Consumo de Energía por Electrocoagulación

$$E = \frac{V * I}{Q * 1000}$$

Dónde:

E: Energía Consumida por volumen de efluente tratado en Kwh/m³.

V: Voltaje aplicado, en V.

I: Corriente aplicada, en A

T: Tiempo de tratamiento, en h.

Q: Volumen del efluente tratado, en m³.

1000: Coeficiente para conversión de W a KW.

$$E = \frac{46V * 10 A}{0.001 m^3 * 1000} * 1 H = \frac{460 W}{0.001 m^3 * 1000} * 1 = \frac{0.46 Kw}{0.001 m^3 * 1000} * 1 = 0.46Kwh/m^3$$

Tarifa cobrada por la empresa eléctrica: S/.0.55 Kwh, por lo tanto el costo es de S/. 0.253

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

A partir de los resultados de las diversas pruebas realizadas, corroboramos nuestra hipótesis general planteada; ya que se demostró que el amperaje y tiempo de residencia son factores influyentes en el porcentaje de remoción de metales pesados. Estos resultados guardan relación con Arango y Garcés ya que mencionan que “la eficiencia en la remoción incrementa con el aumento de la densidad de corriente y el tiempo de residencia, como también mencionan que para realizar el diseño de la celda se debe tener en cuenta la relación con los electrodos, los materiales de este, la geometría y la disposición de los electrodos para la aplicación de la electrocoagulación.

Evelyn Pantoja señala que dependiendo del material de electrodo se obtienen las reacciones de oxidación y reducción respectivas; para realizar esta prueba utilizaron hierro y aluminio por la formación de hidróxidos metálicos que forman los núcleos de las partículas coloidales desarrolladas en una mina de carbón. Al realizar nuestras pruebas, corroboramos que en los electrodos de hierro y aluminio se producen las reacciones de Redox formando hidróxidos metálicos, pero lo que no considera Pantoja es que el electrodo de hierro tiende a corroerse, y a medida que transcurre el tiempo se va generando la remoción a su vez promueve el aumento de sedimentos en el agua ácida.

Investigaciones realizadas por Evelyn Pantoja en una mina de carbón muestran que al realizar la EC utilizan pestañas para la separación de electrodos que estos a su vez van conectados directamente a las pinzas, mientras que en la presente hacemos uso de un conductor eléctrico de cobre (Cu), cubierto con cinta aislante con cortes intercalados

permitiendo la separación de estos y facilitando el traspaso de corriente eléctrica a todos los electrodos sin necesidad de que las pinzas estén conectadas en cada electrodo.

Estudios realizados por Domínguez y Betancourt mencionan que a diferencia de la coagulación química, proceso en el cual el coagulante es adicionado al sistema como agente químico, en la electrocoagulación el coagulante es formado in situ mediante las reacciones dadas por la disolución de iones del metal que conforma el electrodo de sacrificio. Como se explicó anteriormente, la producción de iones metálicos se da en el ánodo y son los iones que, por oxidación electrolítica, dan origen a la sustancia química que hace las veces de coagulante, comparación con la que estamos de acuerdo ya que ha sido corroborada en la presente.

En las 5 pruebas realizadas en la presente se utilizaron electrodos de hierro y aluminio de la siguiente manera: Primera Prueba (Fe-Al-Fe-Al) en la cual el electrodo de sacrificio fue el hierro (ánodo) ya que la placa metálica que lo conforma se disuelve y aluminio (cátodo) en la cual se concentran los metales. Segunda Prueba (Al-Fe-Al-Fe) en la cual el electrodo de sacrificio fue el aluminio (ánodo), ya que en esta placa metálica se da la transferencia de electrones, y en el hierro (cátodo) en la cual se concentran los metales generando la liberación de hidróxidos desprendiendo sedimentos que se depositan en el fondo de la Celda electrolítica. Tercera Prueba (Al-Al-Fe-Al-Al) en la cual los electrodos de sacrificio fueron el aluminio (ánodo) y el Hierro (ánodo) ya que en estas placas metálicas se dan la transferencia de electrones, y en los aluminios (cátodo) en la cual se concentran los metales generando sedimentos que se depositan en el fondo de la Celda electrolítica. Cuarta Prueba (Al-Fe-Al) en la cual el electrodo de sacrificio fue el hierro (ánodo), ya que en esta placa metálica se da la transferencia de electrones, y en el aluminio (cátodo) en la cual se concentran los metales generando sedimentos que se depositan en el fondo de la Celda electrolítica. Quinta Prueba (Fe-Fe) en la cual el electrodo de sacrificio fue el hierro (ánodo)

ya que la placa metálica que lo conforma se disuelve y hierro (cátodo) en la cual se concentran los metales.

4.2 Conclusiones

- En esta investigación se concluye que la fuente de poder usada en el proceso de electrocoagulación no fue la más adecuada, ya que solo permitía tener un rango máximo de 0 a 10 A, de los cuales solo se podía aplicar hasta 9A debido a que los cables de las pinzas conectadas al conductor eran N°8 y esto dificultaba el desarrollo del Proceso.
- Al concluir la prueba nos dimos cuenta que el espesor de 3mm de los electrodos no eran los adecuados para el desarrollo del proceso; es por ello que se recomienda utilizar electrodos de mayor espesor.
- Durante la prueba nos pudimos dar cuenta de que el voltaje era una variable que oscilaba entre 41 y 45 Voltios.
- Durante el desarrollo de las cinco pruebas, notamos que no es recomendable utilizar como electrodo de sacrificio al Hierro, debido a que al desintegrarse entra en contacto con el sedimento generado por el agua ácida lo que a su vez ocasiona un aumento en concentraciones de Fe en ppm, por lo cual recomendamos usar como alternativa el electrodo de Acero inoxidable.
- Durante el desarrollo de cada prueba nos dimos cuenta que transcurrida 1 hora aproximadamente, ya no había intercambio iónico; debido a que el electrodo (cátodo) estaba cubierta de electrones y se necesitaba hacer una limpieza (Ácido Nítrico con agua destilada 1/1), para que este proceso continúe desarrollándose, un indicador clave es que el amperaje llegaba a 0.
- Al realizar las cinco pruebas concluimos que la que dio mayor resultado en cuanto a porcentaje de remoción fue la cuarta prueba(Al-Fe-Al) ya que sus

porcentajes van desde Fe (77.4%), Al (99.9%), As (100%), Cd (100%), Co (93.8%), Cr (97.5%), Cu (100%), Ni (85.21%), Pb (100%), Zn (89.6%)..

- Al realizar las cinco pruebas concluimos que a mayor tiempo de residencia se produce una mayor remoción de metales pesados. Demostrándolo en la cuarta prueba con un tiempo de 3h: 03 min.
- Al concluir las cinco pruebas nos dimos cuenta que el pH tiende a aumentar a medida que transcurre el tiempo, llegando desde un pH de 2 - 6.01, dando como resultado un agua de tipo III.
- Al concluir las cinco pruebas se hizo una comparación entre estas y se determinó que el factor limitante para elegir la prueba que mayor remoción tuvo fue la fuente de poder, ya que si no se presentara esta limitante, en la segunda prueba, se podrían usar los 4 electrodos hasta finalizar con un pH considerable, si fuese así la segunda prueba sería la adecuada; pero debido a la fuente de poder de 10 A, concluimos que la prueba que presenta una mayor remoción es la cuarta prueba ya que evitamos que la fuente de poder se quemara.

Finalmente luego de este procedimiento se concluye que el factor económico en el costo de energía es bajo, siendo de S/. 0.253 kwh/ m³.

REFERENCIAS

- Arango Ruíz, Á. (2005). *La electrocoagulación: una alternativa para el tratamiento de aguas residuales*. Revista Lasallista de investigación, 2(1).
- Arango Ruíz, A., & Garces Giraldo, L. F. (2007). *Diseño y construcción de una celda prototipo de electrocoagulación para el tratamiento de aguas*. Ingeniería sanitaria y ambiental (Buenos Aires), (92), 48-53.
- PANTOJA, E. (2012). *Aplicación de la electrocoagulación y floculación sobre el tratamiento del drenaje ácido de minas de carbón*. Santiago de Cali: UNIVERSIDAD DEL VALLE., (6), 10-12.
- Arango, A., & Garcés, L. (2007). *Diseño de una celda de electrocoagulación para el tratamiento de aguas residuales de la industria láctea*. Universidad Eafit, 43(147), 56-66.
- Reyes Ávila, D., & Mercado Martínez, I. D. (2003). *Estudio de tratabilidad por electrocoagulación de los lixiviados del relleno sanitario La Esmeralda (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia-Sede Manizales)*, (54), 59-60.
- Ríos Cardona, J. N. (2006). *Remoción de amonio y de metales pesados de los lixiviados del relleno sanitario "La Esmeralda" de la ciudad de Manizales por electrocoagulación (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia-Sede Manizales)*, 11-12, (21).
- Aguilar Ascon, E. A. (2015). *Evaluación de la eficiencia de una celda de electrocoagulación a escala laboratorio para el tratamiento de agua*, 22-28, 72-73.
- Niño, G. E. A., Barrera, C. A. C., García, A. B., & Lumbaqué, E. C. (2013). *La electrocoagulación como un tratamiento eficiente para la remoción de metales pesados presentes en aguas residuales*. Revista Facultad de Ciencias Básicas, 9(2), 306-314.
- Hilario, C., Marvin, D., Cipriano, C., & Alexander, E. (2019). *Estudio de la densidad de corriente y tiempo de residencia en el proceso de electrocoagulación y su influencia en la reducción Fe^{2+} de solución de drenaje ácido de mina*, 16-18, 22-23.
- Gutierrez, H., & Sasyira, L. (2017). *Propuesta de tratamiento electroquímico en aguas de filtración de relave, provenientes de Southern Copper Corporation en la Región Moquegua, para su uso Agrícola*.
- Chen, G. (2004). *Electrochemical technologies in wastewater treatment. Separation and purification Technology*, 38(1), 11-41.

ANEXOS

ANEXO n.º 1. Informe del Laboratorio de Medio Ambiente- Sólidos Totales.

LABORATORIO DE MEDIO AMBIENTE Y QA/QC

Informe de Ensayo Total 1812041729

Datos del Cliente

Area o Departamento: Planeamiento de Aguas
 Nombre del Solicitante: Henriquez Gallegos Catherine Marianella
 Anexo: Catherine.Henriquez @Newmont.com
 Email del solicitante: Catherine.Henriquez @Newmont.com

Información Sobre la Recepción:

Nº de muestras: 8
 Fecha/Hora de recepción: 13/11/2018 14:46
 Muestras entregadas por: Delgado Lozano José
 Condición de las muestras: Buen Estado
 Procedimiento de muestreo: No Aplica

Fecha de emisión de resultados: 13/11/2018 18:41
 Observaciones: TS-YN-6/7 Reportar: Julio Luycho

Ensayo	Metodo
Mercurio Totals	ILMA-06 - "Análisis de Mercurio". Método modificado de APHA 3112B Col-Vapor Atomic Absorption Spectrometric Method. 2012, 22th ed(Método Espectrometrico de Absorción Atomica con Vapor Frío.
Metales Totales	ILMA-12 - "Análisis de Metales Totales y Disueltos por ICP-MS". Método modificado de EPA 200.8 Determination of Trace elements in Water and Waste by Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry, rev. 5.4. 1994 y en EPA 3015A Microwave assisted acid digestion of aqueous sample and extracts rev. 1, 2007.(Determinación de Elementos traza en agua y aguas residuales por Espectrometría de Masa-Plasma Inductivamente Acoplado).

Codigo del Laboratorio MMAA	Codigo Segun Cliente	Fecha de Muestreo	Al Tot. mg/L	Sb Tot. mg/L	As Tot. mg/L	Ba Tot. mg/L	Be Tot. mg/L	Cd Tot. mg/L	Ca Tot. mg/L	Co Tot. mg/L	Cu Tot. mg/L	Cr Tot. mg/L	Fe Tot. mg/L	Mg Tot. mg/L	Mn Tot. mg/L	Hg Tot. mg/L	Mo Tot. mg/L	Ni Tot. mg/L	Ag Tot. mg/L	Pb Tot. mg/L	K Tot. mg/L	Se Tot. mg/L	Na Tot. mg/L	Tl Tot. mg/L	V Tot. mg/L	Zn Tot. mg/L
16804-18	TS YN 6/7	13/12/2018 10:30	219.22	0.1289	177.9	0.03	0.01	0.2207	330.1	4.485	348.6	0.4045	5067	47.92	13.42	0.1347	0.602	1.626	0.0135	0.0261	1.222	0.155	101.1	<0.002	0.1244	26.43

:- Análisis no solicitado por el cliente

ND: No detectable

MI Muestra insuficiente para realizar los análisis.

Las muestras serán descartadas después de 3 días de la emisión de estos resultados

Los resultados de los ensayos corresponden a las muestras identificadas y proporcionadas por el cliente.

Los ensayos han sido realizados en: Laboratorio de Medio Ambiente y QA/QC de Minera Yanacocha - Yanacocha Norte. Anexos 22990, 22807, 22690.

Este Informe de Ensayo no debe ser reproducido excepto en su totalidad, sin la autorización escrita del Supervisor del Laboratorio Medio Ambiente

La incertidumbre expandida de la medición esta calculada a partir de la incertidumbre estándar de la medición, multiplicada por un factor de cobertura K, para un nivel de confianza del 95%

Catherine Henriquez Gallegos

Supervisor de Laboratorio

Anexo 22672

a

Coordinador de Laboratorio

Anexo a

Fuente: Laboratorio de Medio Ambiente- Minera Yanacocha S.R.L.

ANEXO n.º 2. Informe del Laboratorio de Química después de la Primera Prueba de Electrocoagulación en Soluciones ppm.

Primera Prueba: Fe-Al-Fe-Al

name:	Ag	Al	As	Ba	Be	Bi	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Ga	K
code:	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP
units:	ppm	Ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
66079_GE1	0.017	256.076	169.6	0.159	0.012	0	415.239	0.399	5.443	0.415	410.986	4783.301	1.091	2.013
66080_GE1	0.005	153.076	23.932	0.179	0.008	0	421.424	0.117	3.674	0.469	155.617	4975.859	1.098	4.939
66081_GE1	0	50.479	0.728	0.237	0.002	0	380.859	0.002	1.581	0.321	28.877	5411.878	1.172	4.871
66082_GE1	0	13.188	3.033	0.208	0	0	398.548	0.003	0.709	0.072	17.636	5599.924	1.176	4.448
66083_GE1	0	3.48	0	0.251	0	0	436.615	0	0.41	0	1.084	5809.165	1.305	5.136
66084_GE1	0	1.418	0.277	0.254	0	0.028	457.629	0	0.226	0	0.297	5780.311	1.282	4.739
66085_GE1	0	1.25	0	0.228	0	0	448.191	0	0.165	0.006	0	5976.711	1.374	4.423
name:	Li	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	Pb	Sc	Sn	Sr	Te	Ti	V	Zn
code:	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP
units:	ppm	Ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
66079_GE1	0.047	62.095	19.686	0.624	130.913	1.95	0	0.071	0	0.187	1.021	0.03	0.456	35.808
66080_GE1	0.053	57.98	23.687	0.073	140.967	1.429	0.077	0.023	0.36	0.218	1.065	0.008	0.383	21.805
66081_GE1	0.048	51.558	30.139	0	129.535	0.757	0.026	0	0.072	0.201	1.262	0.007	0.408	8.438
66082_GE1	0.051	52.631	36.664	0	133.538	0.479	0.13	0	0	0.2	1.223	0.007	0.423	4.118
66083_GE1	0.056	54.685	39.355	0	149.619	0.446	0	0	0.238	0.222	1.308	0.007	0.432	2.405
66084_GE1	0.06	52.604	37.934	0.007	158.415	0.274	0	0	0.094	0.232	1.227	0.004	0.443	1.667
66085_GE1	0.058	53.04	40.169	0	148.852	0.214	0	0	0.155	0.226	1.471	0.005	0.48	1.764

Fuente: Laboratorio de Química- Minera Yanacocha S.R.L.

ANEXO n.º 3. Informe del Laboratorio de Química después de la Segunda Prueba de Electrocoagulación en Soluciones ppm.

Segunda Prueba: Al-Fe-Al-Fe (Al-Fe)

name:	Ag	Al	As	Ba	Be	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Ga	K	Li
code:	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP
units:	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	Ppm
66092_GE1	0.015	224.868	95.515	0.245	0.012	368.354	0.206	4.404	0.491	289.985	4360.522	1.129	2.71	0.049
66093_GE1	0	160.525	8.365	0.221	0.01	357.245	0.065	3.024	0.384	127.842	4428.291	1.018	2.347	0.048
66094_GE1	0	118.196	1.953	0.264	0.007	350.681	0.039	2.328	0.478	80.178	4806.82	1.082	2.3	0.047
66095_GE1	0	46.669	0	0.264	0.006	355.759	0	1.279	0.311	18.147	5082.285	1.202	2.377	0.046
66096_GE1	0	5.267	0	0.253	0.005	371.891	0	0.644	0.045	1.748	5198.308	1.235	1.932	0.048
66097_GE1	0	1.682	0	0.272	0.005	363.066	0	0.385	0	0.083	5154.393	1.233	1.887	0.048
66098_GE1	0	2.144	0	0.275	0.004	387.885	0	0.146	0	0.069	5265.7	1.275	2.406	0.052
66099_GE1	0	1.408	0	0.3	0.004	397.594	0	0.169	0	0.048	5478.133	1.365	2.089	0.053
name:	Mn	Mo	Na	Ni	Pb	Sc	Se	Sn	Sr	Te	Ti	Tl	V	Zn
code:	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP
units:	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	Ppm
66092_GE1	19.956	0.197	132.885	1.745	0.028	0.044	0	0.155	0.196	0.828	0.015	0.18	0.319	23.271
66093_GE1	22.883	0	130.452	1.192	0	0.021	0.305	0.026	0.192	1.168	0.002	0.081	0.282	15.533
66094_GE1	26.451	0	125.851	1.05	0	0.009	0.26	0.198	0.187	1.239	0.001	0	0.34	11.672
66095_GE1	32.613	0	125.928	0.657	0	0	0	0	0.19	1.468	0	0.085	0.389	5.936
66096_GE1	34.715	0	132.526	0.572	0.077	0	0	0.042	0.196	1.214	0	0.178	0.358	2.924
66097_GE1	35.145	0	131.43	0.397	0	0	0	0.324	0.193	1.429	0	0.331	0.364	1.87
66098_GE1	39.722	0	139.71	0.277	0.056	0	0.001	0.153	0.21	1.468	0	0.273	0.391	1.586
66099_GE1	43.672	0	139.686	0.257	0	0	0.003	0.131	0.212	1.406	0	0.093	0.446	1.602

Fuente: Laboratorio de Química- Minera Yanacocha S.R.L

ANEXO n.º 4. Informe del Laboratorio de Química después de la Tercera Prueba de Electrocoagulación en Soluciones ppm.

Tercera Prueba: Al-Al-Fe-Al-Al

name:	Ag	Al	As	Be	Ca	Co	Cr	Cu	Fe	Ga	K	Li	Mg
code:	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP
units:	ppm	Ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
66100_GE1	0.004	325.275	2.951	0.008	359.919	2.943	0.311	108.34	4005.573	0.867	2.406	0.046	55.849
66101_GE1	0.002	405.733	0.19	0.009	366.994	2.517	0.28	43.935	4390.854	0.935	1.624	0.047	58.775
66102_GE1	0	298.627	0	0.005	355.007	1.775	0.219	17.373	4509.195	0.966	1.645	0.044	57.509
66103_GE1	0	182.423	0	0.004	355.266	1.228	0.143	5.151	4966.837	1.117	2.024	0.042	56.449
66104_GE1	0	110.081	0	0.004	351.294	0.801	0.091	1.995	4884.85	1.092	1.64	0.042	52.942
66105_GE1	0.002	231.32	0.078	0.004	366.385	0.507	0.241	0.662	4914.159	1.138	1.62	0.043	52.021
66106_GE1	0	97.101	0	0.004	384.183	0.358	0.011	0.495	5147.531	1.173	1.768	0.044	50.694
name:	Mn	Na	Ni	Pb	Sc	Se	Sn	Sr	Te	Ti	Tl	V	Zn
code:	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP
units:	ppm	Ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
66100_GE1	20.377	128.253	0.982	0.159	0.022	0.622	0.295	0.189	0.957	0.003	0.063	0.198	15.781
66101_GE1	23.339	126.768	0.783	0.027	0.01	0.18	0	0.191	1.116	0.001	0.435	0.244	13.351
66102_GE1	24.866	123.927	0.544	0	0	0.043	0.209	0.186	0.994	0	0.185	0.221	9.308
66103_GE1	29.627	123.344	0.526	0	0	0.42	0	0.19	1.308	0	0.133	0.344	5.929
66104_GE1	30.336	124.929	0.42	0	0	0.491	0.32	0.186	1.296	0	0.333	0.298	4.03
66105_GE1	32.495	132.559	0.322	0	0	0.212	0.039	0.192	1.19	0.006	0.105	0.361	3.086
66106_GE1	35.965	137.275	0.267	0.039	0	0.03	0.021	0.202	1.29	0	0.139	0.371	2.494

Fuente: Laboratorio de Química- Minera Yanacocha S.R.L.

ANEXO n.º 5. Informe del Laboratorio de Química después de la Cuarta Prueba de Electrocoagulación en Soluciones ppm.

Cuarta Prueba: Al-Fe-Al

name:	Ag	Al	As	Ba	Be	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Ga	K	Li
code:	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP
units:	ppm	Ppm	Ppm	Ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
mts_1_221118	0.023	239.5	153.819	0.17	0.01	470.223	0.328	5.169	0.778	357.923	1295.938	1.209	2.628	0.06
mts_2_221118	0.016	187.972	48.102	0.17	0.008	479.714	0.17	4.308	0.806	224.11	1312.069	1.127	2.538	0.06
mts_3_221118	0.008	128.409	4.953	0.192	0.005	448.392	0.08	2.881	0.848	130.159	1319.14	1.137	2.465	0.055
mts_4_221118	0.003	55.358	0.183	0.22	0.002	454.286	0.011	1.623	0.596	30.91	1332.216	1.207	2.488	0.057
mts_5_221118	0.005	12.07	0	0.233	0	470.732	0	0.856	0.111	3.28	1346.34	1.278	2.575	0.058
mts_6_221118	0.001	1.608	0	0.234	0	478.965	0	0.553	0.02	0.319	1356.333	1.298	2.531	0.059
mts_7_221118	0.004	0.292	0	0.236	0	488.747	0	0.327	0.012	0.054	1343.306	1.307	2.476	0.061
name:	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	Sc	Se	Sn	Sr	Te	Ti	Tl	V	Zn
code:	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP
units:	ppm	Ppm	Ppm	Ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
mts_1_221118	65.163	24.201	0.509	140.286	2.095	0.053	0	0.077	0.19	1.472	0.028	0.099	0.607	32.116
mts_2_221118	63.268	26.208	0	142.966	1.715	0.031	0.159	0.089	0.194	1.439	0.006	0.081	0.548	26.761
mts_3_221118	57.598	29.827	0	134.453	1.257	0.015	0.095	0.066	0.186	1.564	0.003	0	0.57	18.07
mts_4_221118	58.01	37.772	0	128.637	0.771	0	0.065	0.071	0.19	1.806	0.001	0	0.64	10.158
mts_5_221118	58.949	44.386	0	132.558	0.523	0	0	0.06	0.199	1.904	0	0.029	0.637	5.609
mts_6_221118	56.48	44.807	0	138.617	0.372	0	0	0.044	0.203	1.934	0	0	0.663	4.173
mts_7_221118	56.829	48.108	0	151.564	0.284	0	0	0.022	0.207	1.994	0	0.015	0.668	3.237

Fuente: Laboratorio de Química- Minera Yanacocha S.R.L.

ANEXO n.º 6. Informe del Laboratorio de Química después de la Quinta Prueba de Electrocoagulación en Soluciones ppm.

Quinta Prueba: Fe-Fe

name:	Ag	Al	As	Ba	Be	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Ga	K	Li
code:	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP
units:	ppm	Ppm	Ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
mts_8_221118	0.015	211.652	109.021	0.162	0.009	481.863	0.266	4.81	0.502	279.192	1304.76	1.071	2.724	0.061
mts_9_221118	0.008	128.013	7.974	0.161	0.005	487.126	0.085	2.804	0.443	117.688	1291.498	0.968	2.758	0.06
mts_10_221118	0.004	58.647	0.11	0.201	0.002	470.26	0.017	1.626	0.387	31.369	1318.962	1.105	2.515	0.059
mts_11_221118	0	19.435	0	0.193	0.001	461.083	0.011	0.875	0.104	7.249	1309.52	1.074	2.54	0.057
mts_12_221118	0.007	0.502	0	0.19	0	526.363	0	0.308	0	0.106	1307.096	1.011	2.875	0.067
mts_13_221118	0.008	0.492	0	0.207	0	545.871	0	0.274	0	0.108	1323.257	1.115	3.145	0.071
name:	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	Sc	Sn	Sr	Te	Ti	Tl	V	Zn	
code:	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	
units:	ppm	Ppm	Ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	
mts_8_221118	66.497	24.107	0.19	143.502	1.793	0.04	0.028	0.195	1.373	0.012	0.043	0.539	29.859	
mts_9_221118	65.539	27.561	0	148.892	1.06	0.016	0.084	0.196	1.299	0.003	0.028	0.475	18.989	
mts_10_221118	63.269	35.004	0	137.908	0.555	0	0.095	0.194	1.614	0.001	0	0.585	11.47	
mts_11_221118	61.067	37.14	0	147.325	0.327	0	0.064	0.192	1.589	0	0.013	0.526	6.826	
mts_12_221118	63.153	41.582	0	124.638	0.164	0	0.055	0.218	1.524	0	0	0.516	3.034	
mts_13_221118	64.567	44.938	0	160.541	0.183	0	0.066	0.225	1.68	0	0	0.551	2.874	

Fuente: Laboratorio de Química- Minera Yanacocha S.R.L.

ANEXO n.º 7. Informe del Laboratorio de Química después de la Primera Prueba de Electrocoagulación (Sedimentos) en Sólidos.

Primera Prueba del Sólido: Fe-Al-Fe-Al:

name:	Ag	Al	As	Be	Ca	Co	Cu	Fe	Ga	Li	Mg		
code:	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP		
units:	Ppm	ppm	Ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm		
66107_GE1	1.068	6422.133	3227	0.211	1302.11	114.108	7465.297	482407.8	41.651	1.355	380.659		
name:	Mn	Mo	Na	Ni	Pb	Sc	Sn	Sr	Ti	V	W	Zn	
code:	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	
units:	Ppm	ppm	Ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	
66107_GE1	634.812	12.054	197.939	54.945	6.75	0.507	1.38	1.852	5.356	36.083	572.948	638.809	

Fuente: Laboratorio de Química-Minera Yanacocha S.R.L.

ANEXO n.º 8. Informe del Laboratorio de Química después de la Segunda Prueba de Electrocoagulación (Sedimentos) en Sólidos.

Segunda Prueba del Sólido: Al-Fe-Al-Fe (Al-Fe)

name:	Ag	Al	As	Be	Ca	Co	Cu	Fe	Ga	Li	Mg	
code:	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	
units:	ppm	ppm	Ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	
66108_GE1	1.148	4898.784	2967.25 6	0.166	1565.67 5	94.628	5541.093	472843.4	37.615	1.233	412.999	
name:	Mn	Mo	Na	Ni	Pb	Sc	Sn	Sr	Ti	V	W	Zn
code:	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP
units:	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
66108_GE1	660.533	8.976	256.576	46.617	3.138	0.165	0.702	2.676	4.414	35.177	560.125	489.525

Fuente: Laboratorio de Química- Minera Yanacocha S.R.L.

ANEXO n.º 9. Informe del Laboratorio de Química después de la Tercera Prueba de Electrocoagulación (Sedimentos) en Sólidos.

Tercera Prueba del Sólido: Al-Al-Fe-Al-Al

name:	Ag	Al	As	Be	Ca	Co	Cu	Fe	Ga	Li	Mg	
code:	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	
units:	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	
66111_GE1	1.4	20656.94	4787.353	0.135	2852.61	78.268	7342.33 2	510815. 6	36.79	1.114	763.999	
name:	Mn	Mo	Na	Ni	Pb	Sc	Sn	Sr	Ti	V	W	Zn
code:	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP
units:	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
66111_GE1	576.205	24.756	791.546	41.589	3.06	0.518	2.129	2.302	7.15	30.627	436.174	448.57

Fuente: Laboratorio de Química- Minera Yanacocha S.R.L.

ANEXO n.º 10. Informe del Laboratorio de Química después de la Cuarta Prueba de Electrocoagulación (Sedimentos) en Sólidos.

Cuarta Prueba del Sólido: Al-Fe-Al

name:	Ag	Al	As	Be	Ca	Co	Cu	Fe	Ga	Li	Mg	Mn
code:	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP
units:	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
66112_GE1	1.075	4831.567	5600.83 7	0.172	2152.589	88.206	8182.338	549164. 6	39.396	1.053	445.652	573.907
name:	Mo	Na	Ni	Pb	Sc	Se	Sn	Sr	Ti	V	W	Zn
code:	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP
units:	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
66112_GE1	24.981	557.631	50.607	2.182	0.631	3.258	1.837	1.926	6.161	32.091	468.966	456.57

Fuente: Laboratorio de Química- Minera Yanacocha S.R.L.

ANEXO n.º 11. Informe del Laboratorio de Química después de la Quinta Prueba de Electrocoagulación (Sedimentos) en Sólidos.

Quinta Prueba del Sólido: Fe-Fe

name:	Ag	Al	As	Be	Ca	Co	Cu	Fe	Ga	Li	Mg	Mn
code:	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP
units:	Ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
66113_GE1	1.393	4884.814	4782.472	0.155	2340.444	88.361	7056.65	560191.3	43.907	1.168	476.68	541.189
name:	Mo	Na	Ni	Pb	Sc	Sn	Sr	Ti	V	W	Zn	
code:	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP
units:	Ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
66113_GE1	23.019	759.833	54.539	3.875	0.628	2.421	1.956	7.656	32.169	472.846	455.118	

Fuente: Laboratorio Química- Minera Yanacocha S.R.L

ESTÁNDAR DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA) - DS N° 004-2017-MINAM					D.S. N° 010-2010-MINAM		
PARAMETRO	Unidad	ECA AGUA: CATEGORIA 1		ECA AGUA: CATEGORIA 3		LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLES (LMP) PARA LA DESCARGA DE EFLUENTES	
		A2		D1	D2	Límite en cualquier Momento	Límite para el Promedio Anual
		Potabilizadas con tratamiento convencional		Riego de vegetales	Bebida de Animales		
Físicos y Químicos							
Bicarbonatos	mg/L	No indica	518	**			
Aceites y Grasas	mg/L	1.70	5.0	10	20	16	
Calcio	mg/L	No indica	No Indica	No Indica			
Carbonatos	mg/L	No indica	No Indica	No Indica			
Cianuro Libre	mg/L	0.2 (nuevo)	No Indica	No Indica			
Cianuro Wad	mg/L	No indica	0.1	0.1			
Cianuro Total	mg/L	No Aplica	No Indica	No Indica	1	0.8	
Cloruro	mg/L	250	500	**			
Color (b)	Color verdadero escala Pt/Co	100 (a)	100 (a)	100 (a)			
Conductividad	us/cm	1600	2500	5000			
DBO ₅	mg/L	5	15	15			
DQO	mg/L	20	40	40			
Dureza	mg/L	**	No indica	No Indica			
Detergente(SAAM)	mg/L	No indica	0.2	0.5			
Fenoles	mg/L	**	0.002	0.01			
Fluoruros	mg/L	**	1	**			
Fosfato -P	mg/L	No indica	No indica	No Indica			
Fosforo Total	mg/L	0.15	No Indica	No Indica			
Mat. Flotantes		Ausencia de Material Flotante de Origen antrópico		No Indica	No Indica		
Nitratos (NO ₃ -N) + Nitritos (NO ₂ -N)	mg/L	No indica	100	100			
Nitratos (NO ₃ -N)	mg/L N	11.29	No Indica	No Indica			
Nitratos (NO ₃)	mg/L	50	No Indica	No Indica			
Nitritos (NO ₂ -N)	mg/L N	0.915	10	10			
Nitritos (NO ₂)	mg/L	3	No Indica	No Indica			
Nitrogeno Amoniacal	mg/L N	No indica	No Indica	No Indica			
Amoniacal - N	mg/L	1.5	No Indica	No Indica			
Olor		No indica	No Indica	No Indica			
Oxígeno Dissuelto	mg/L	>=5	>=4	>=5			
pH	Unidad de pH	5.5 -9.0	6.5-8.5	6.5-8.4	6 - 9	6 - 9	
Sodio	mg/L	No indica	No Indica	No Indica			
Solidos Totales Diss. (TDS)	mg/L	1000	No Indica	No Indica			
Solidos Suspendidos (TSS)	mg/L	No indica	No Indica	No Indica	50	25	
Sulfatos	mg/L	500	1000	1000			
Sulfuros	mg/L	No indica	No Indica	No Indica			
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	Δ 3			
Turbiedad	UNT	100	No Indica	No Indica			
Inorgánicos							
Aluminio	mg/L	5.0	5	5			
Antimonio	mg/L	0.02	No indica	No indica			
Arsénico	mg/L	0.01	0.10	0.2	0.1	0.08	
Bario	mg/L	1.0	0.7	**			
Berilio	mg/L	0.04	0.1	0.1			
Boro	mg/L	2.4	1	5			
Cadmio	mg/L	0.005	0.01	0.05	0.05	0.04	
Cobre	mg/L	2.0	0.20	0.5	0.5	0.4	
Cobalto	mg/L	No indica	0.05	1			
Cromo Hexavalente	mg/L	No Indica	No indica	No indica	0.1	0.08	
Cromo Total	mg/L	0.05	0.1	1			
Cromo VI	mg/L	No Indica	No indica	No indica			
Hierro	mg/L	1	5	**	(Disuelto) 2	(Disuelto) 1.6	
Litio	mg/L	No Indica	2.5	2.5			
Magnesio	mg/L	No Indica	**	250			
Manganeso	mg/L	0.4	0.2	0.2			
Mercurio	mg/L	0.002	0.001	0.01	0.002	0.0016	
Molibdeno	mg/L	**	No indica	No indica			
Niquel	mg/L	**	0.2	1.0			
Plata	mg/L	No Indica	No indica	No indica			
Plomo	mg/L	0.05	0.05	0.05	0.2	0.15	
Selenio	mg/L	0.04	0.02	0.05			
Uranio	mg/L	0.02	No indica	No indica			
Vanadio	mg/L	No Indica	No indica	No indica			
Zinc	mg/L	5	2	24	1.5	1.2	

Fuente: MINAM

Límites Máximos Permisibles (LMPs)
para la descarga de efluentes líquidos de Actividades Minero - Metalúrgicas
DECRETO SUPREMO N.º 010-2010-MINAM

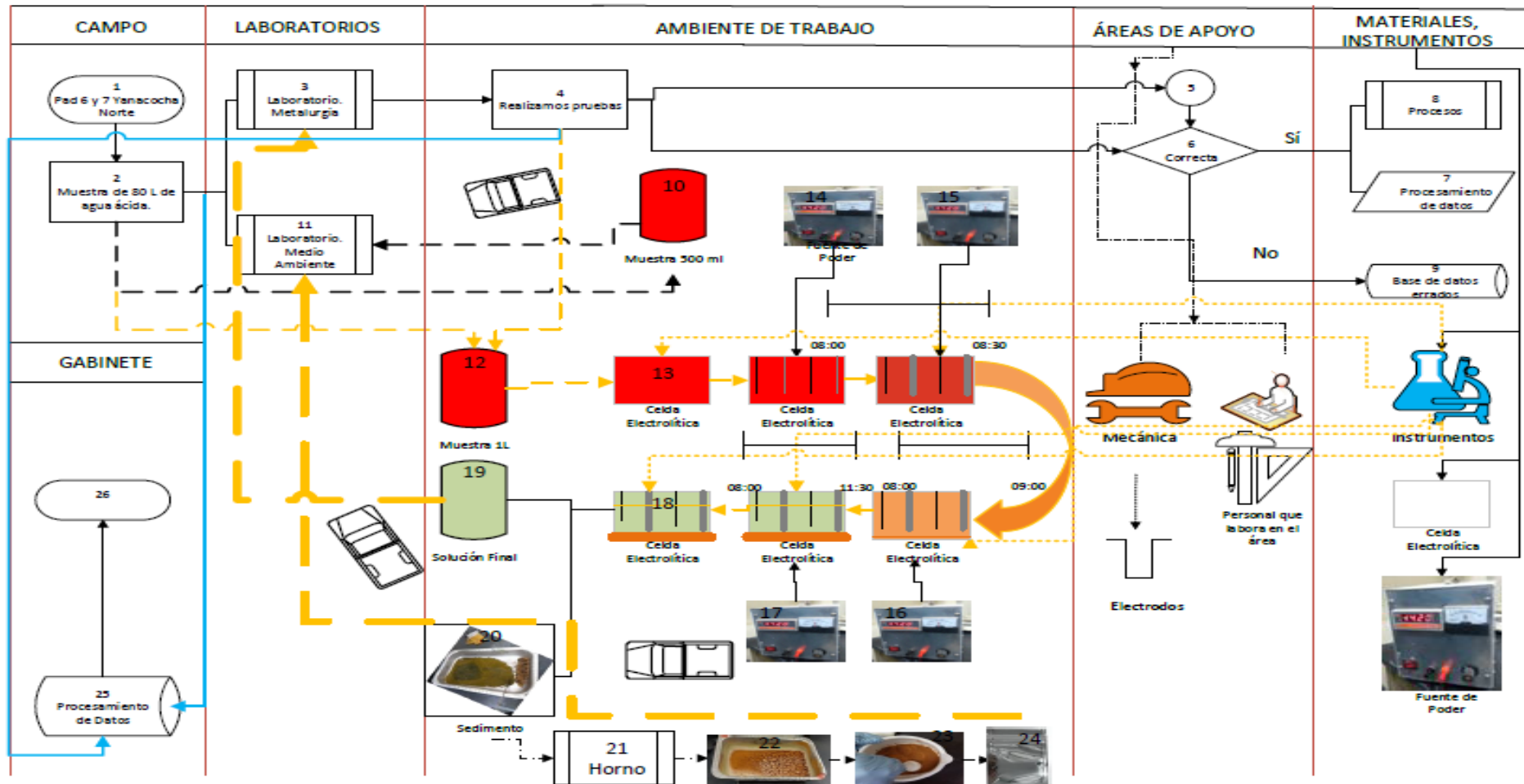
Parámetro	Unidad	Límite en cualquier Momento	Límite para el Promedio Anual
pH		6 - 9	6 - 9
TSS	mg/L	50	25
Aceites y Grasas	mg/L	20	16
Cianuro Total	mg/L	1	0.8
Arsénico Total	mg/L	0.1	0.08
Cadmio Total	mg/L	0.05	0.04
Crómo Hexavalente (*)	mg/L	0.1	0.08
Cobre Total	mg/L	0.5	0.4
Hierro (Disuelto)	mg/L	2	1.6
Plomo Total	mg/L	0.2	0.16
Mercurio Total	mg/L	0.002	0.0016
Zinc Total	mg/L	1.5	1.2

* En muestra no filtrada.

Aplicable a: efluentes minero metalúrgicos (DCPs) y referencialmente a los re-usos de canales.

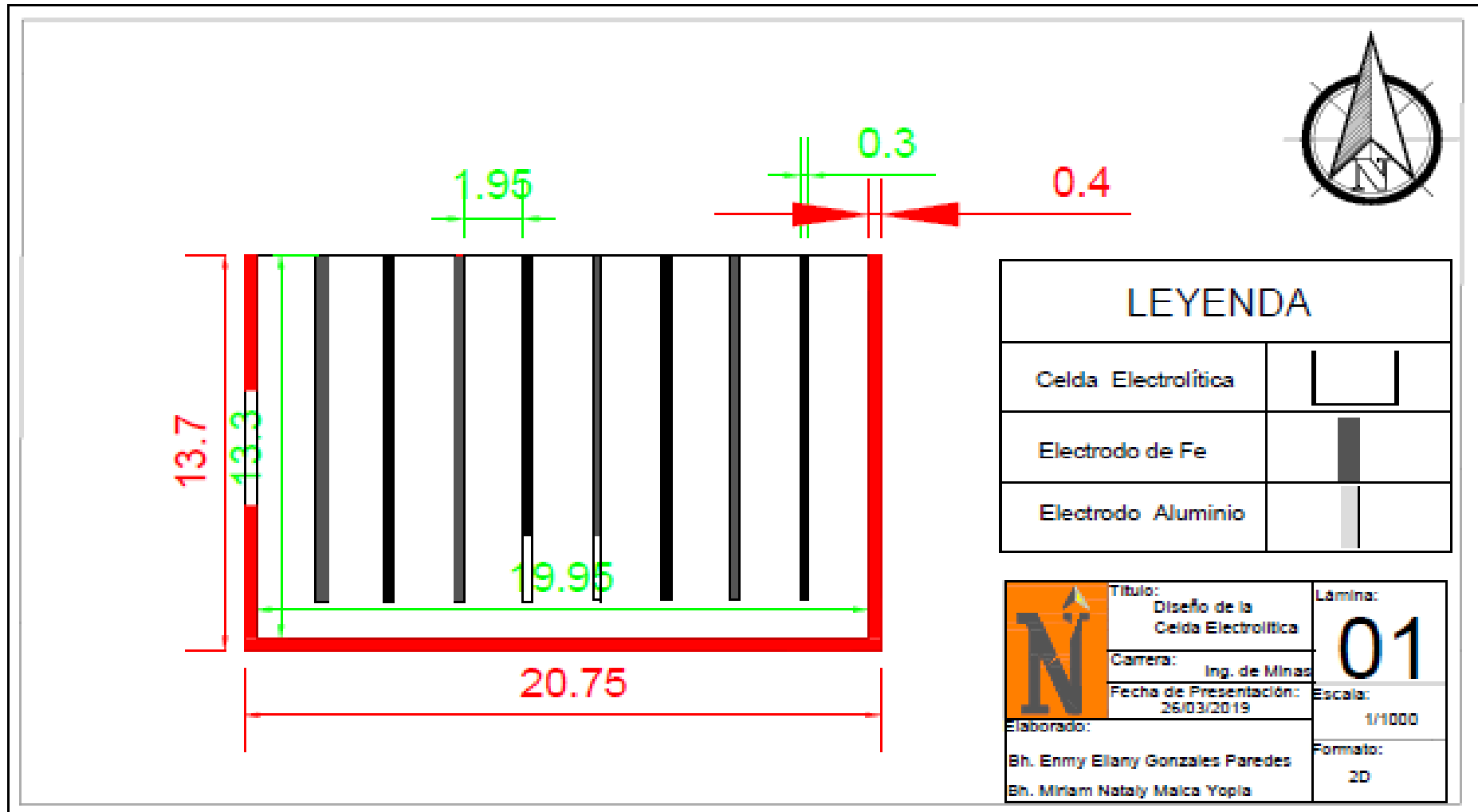
Fuente: MINAM

ANEXO n.º 14. Diagrama de Flowsheet de Electrocoagulación.



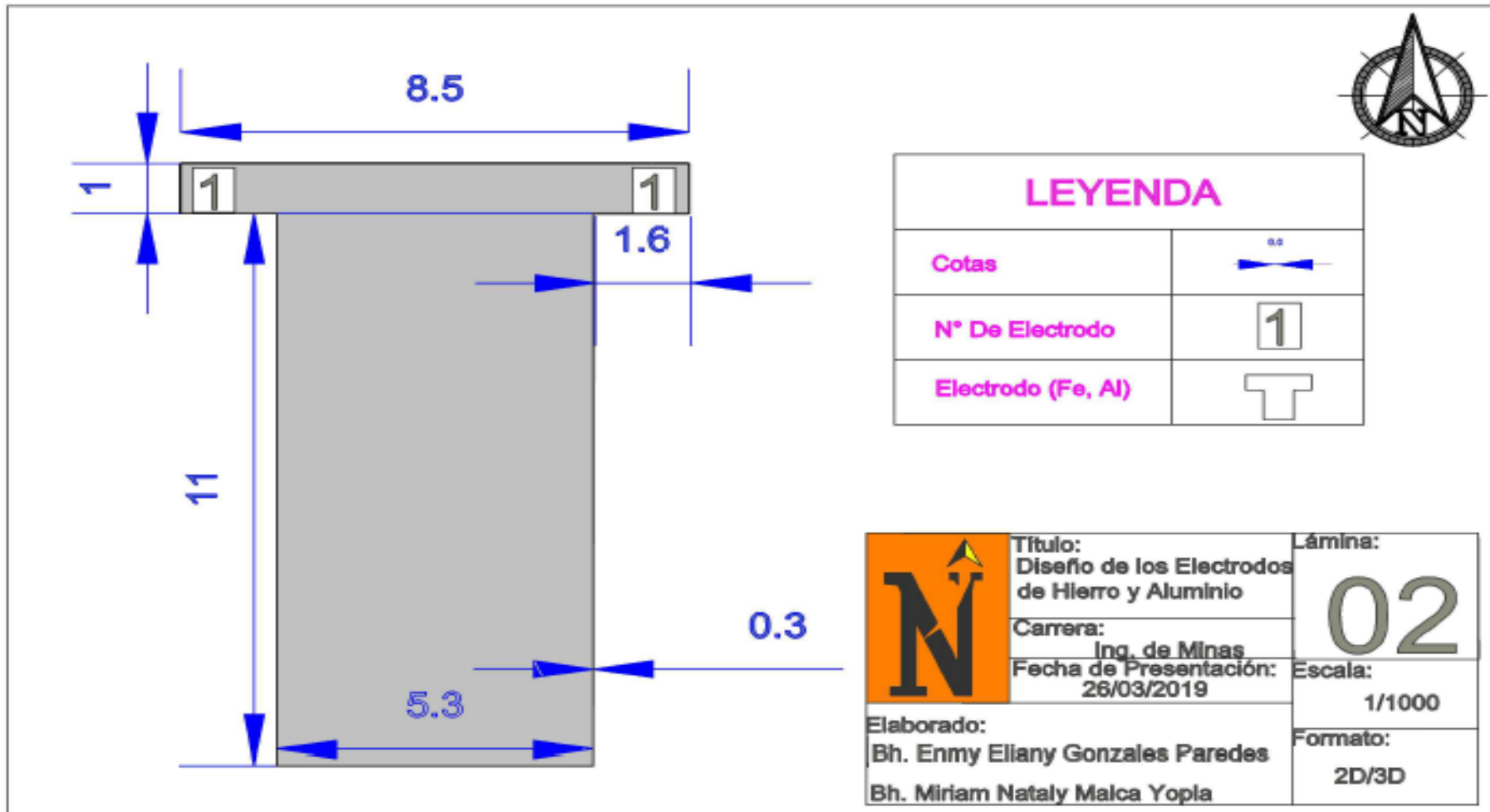
Fuente: Elaboración Propia

ANEXO n.º 15. Diseño de la Celda de Electrocoagulación.



Fuente: Elaboración Propia

ANEXO n.º 16. Diseño de los Electroodos de Hierro y Aluminio.

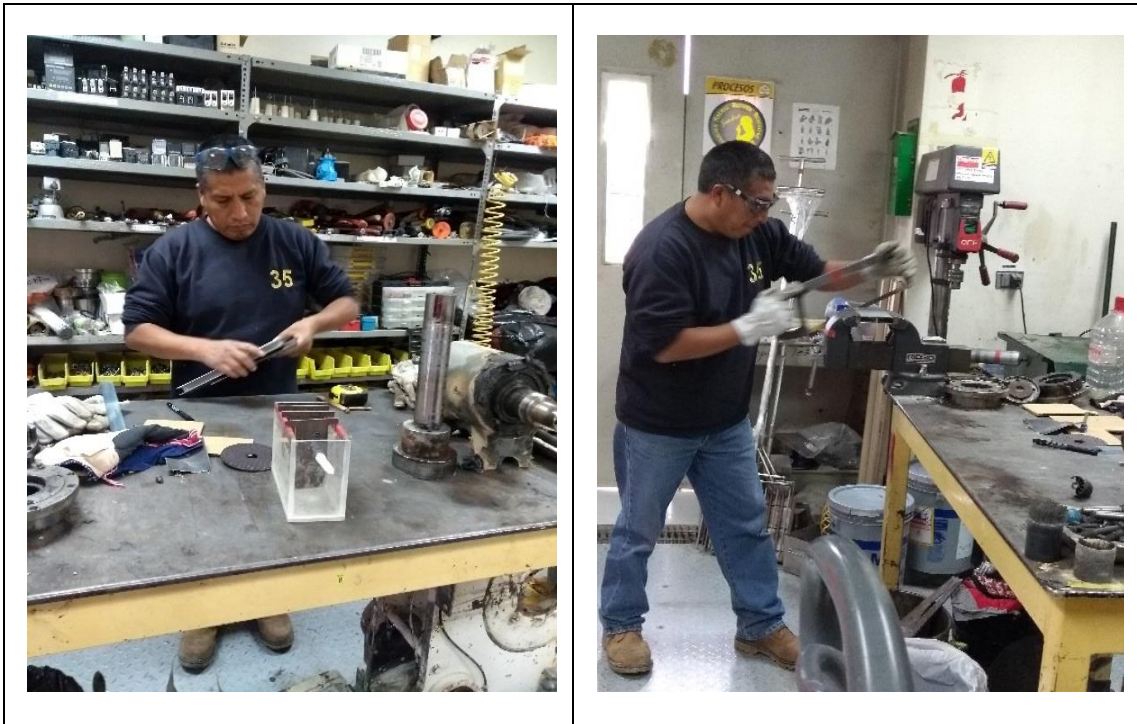


Fuente: Elaboración Propia

Fotografía 1. Rotulado de electrodos (Hierro y Aluminio) en el Laboratorio de Metalúrgia



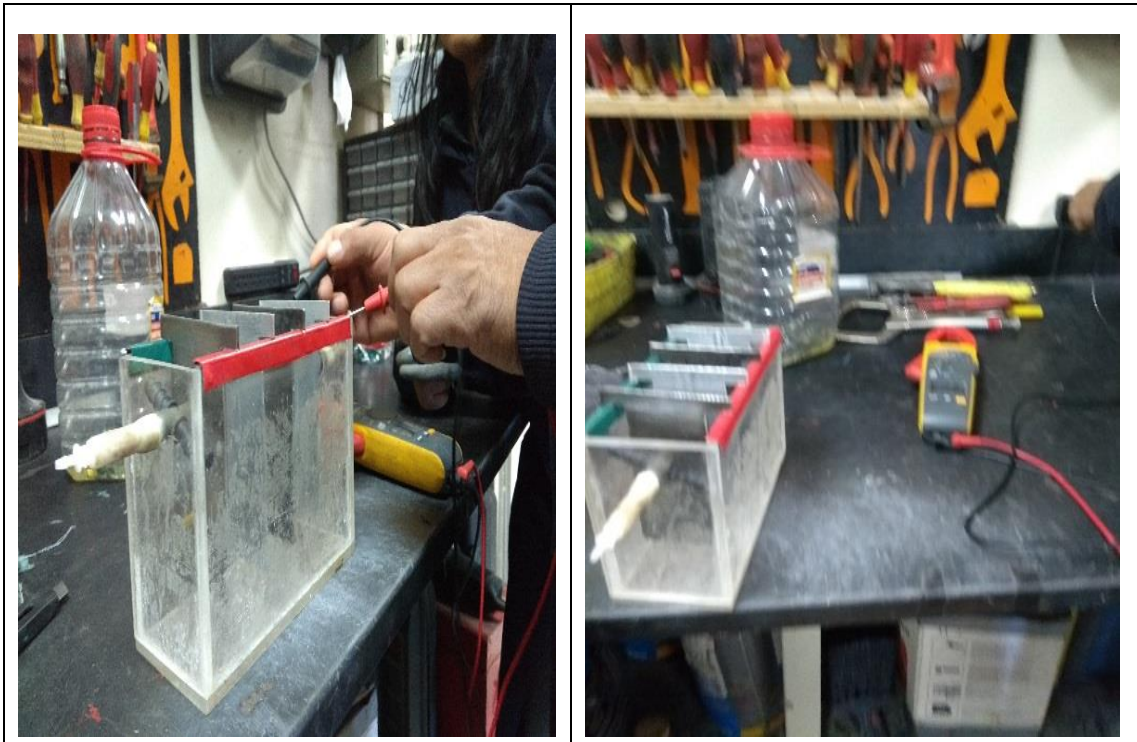
Fotografía 2. Corte de electrodos (4 Hierros y 4 Aluminios) en el Área de Mecánica



Fotografía 3. Limpieza y marcado de las pestañas de Cobre conductoras de electricidad

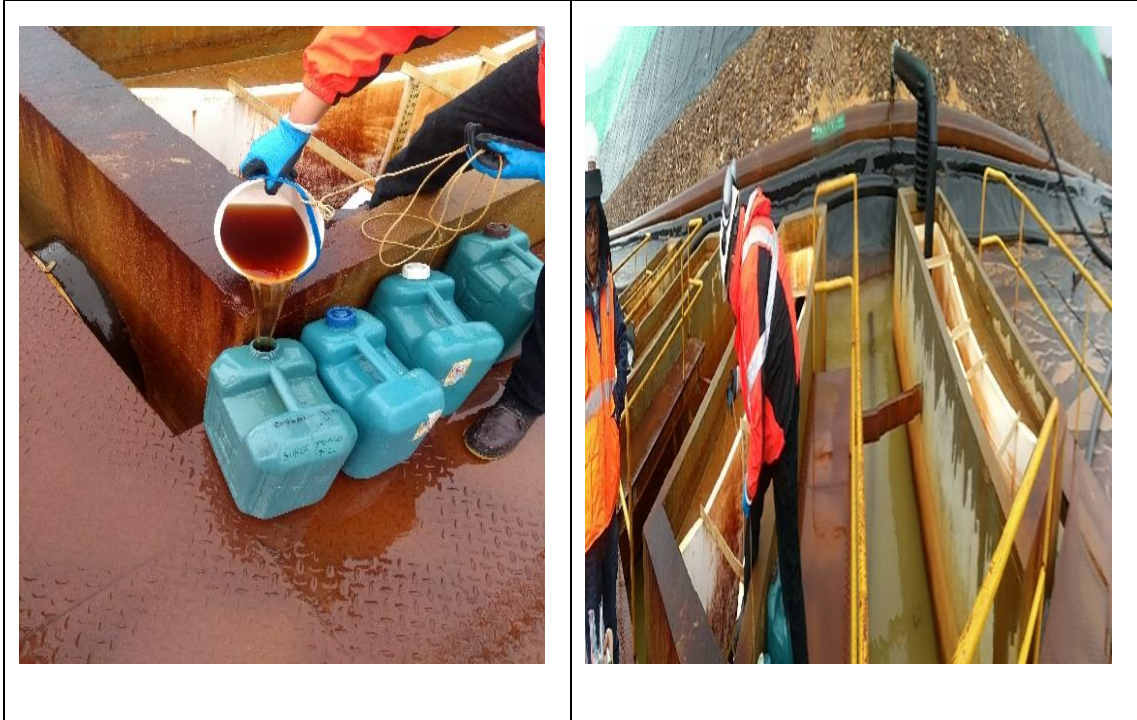


Fotografía 4. Verificación del paso de la Corriente eléctrica con la Pinza Amperimétrica

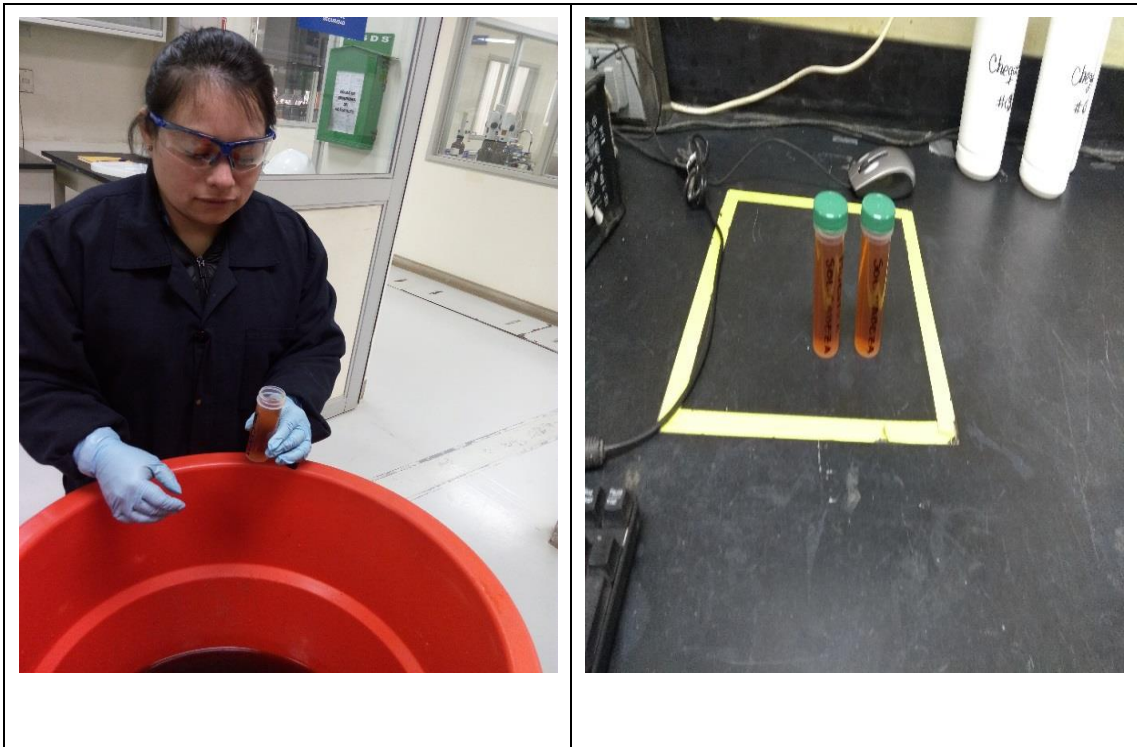


Fotografía 5. Obtención de 80 Litros de Agua Ácida del Pad 6 y 7 de Yanacocha Norte





Fotografía 6. Obtención de muestras de 500 ml., para analizar las leyes de cabeza (Laboratorio de Medio Ambiente) y características iniciales.

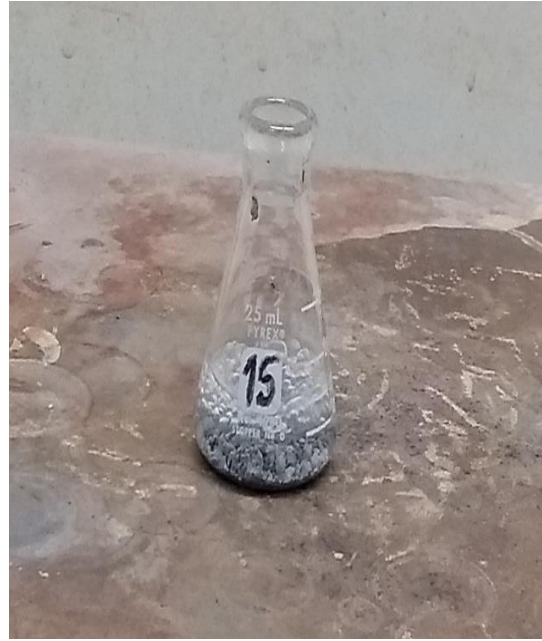




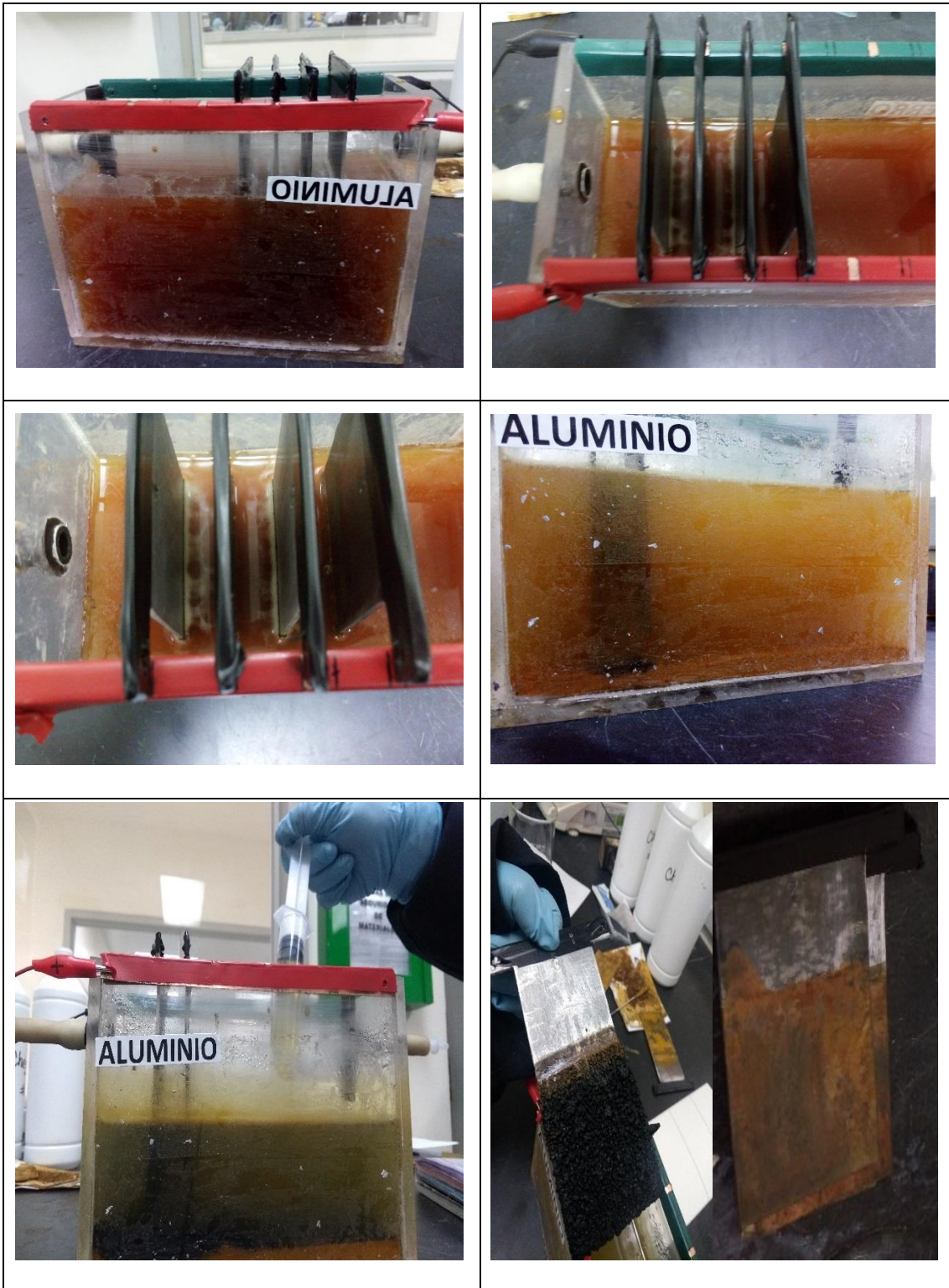
Fotografía 7. Calibración de Instrumentos: (pH metro, balanza electrónica y analítica; Oxímetro, Turbidímetro, Multiparámetro)

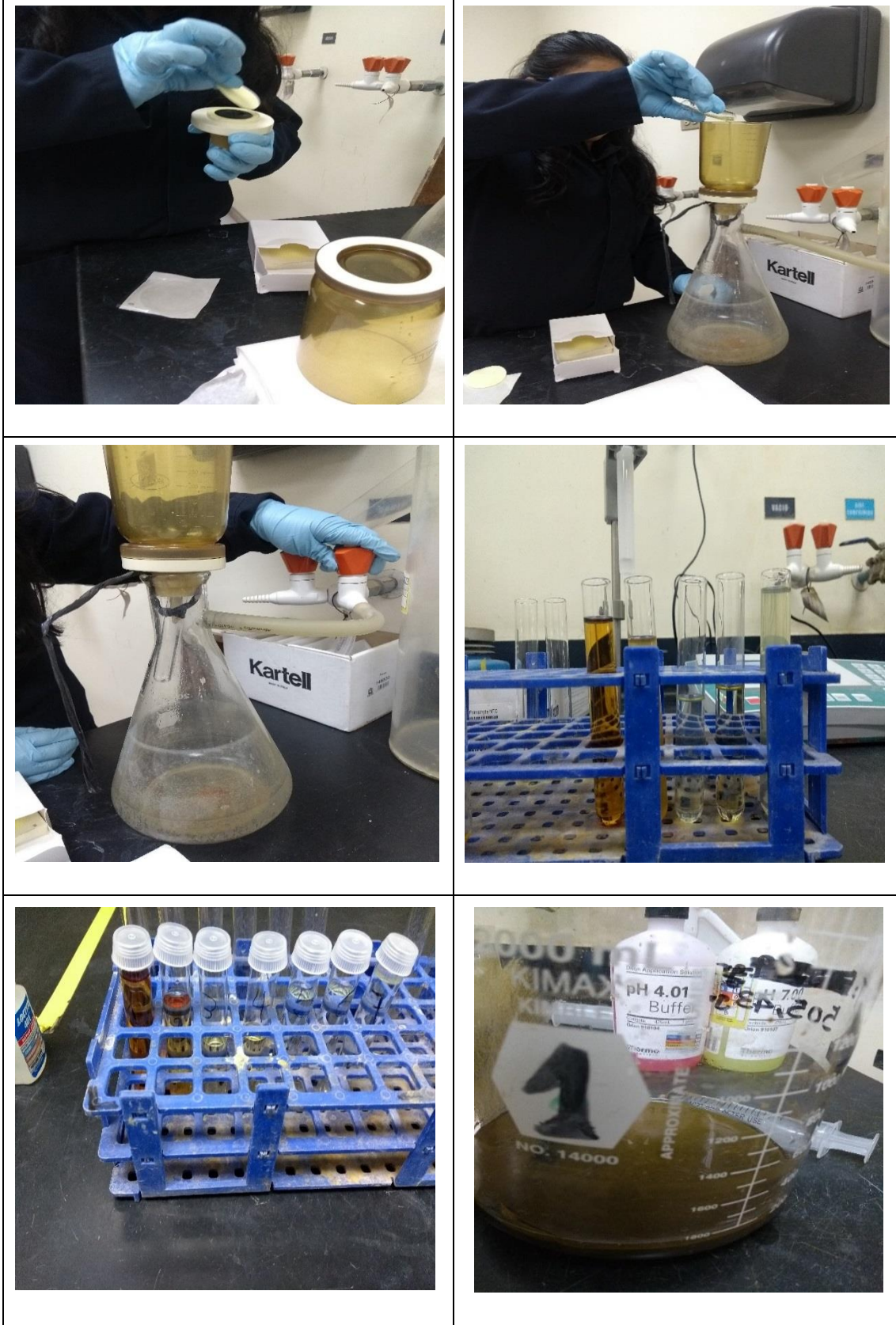


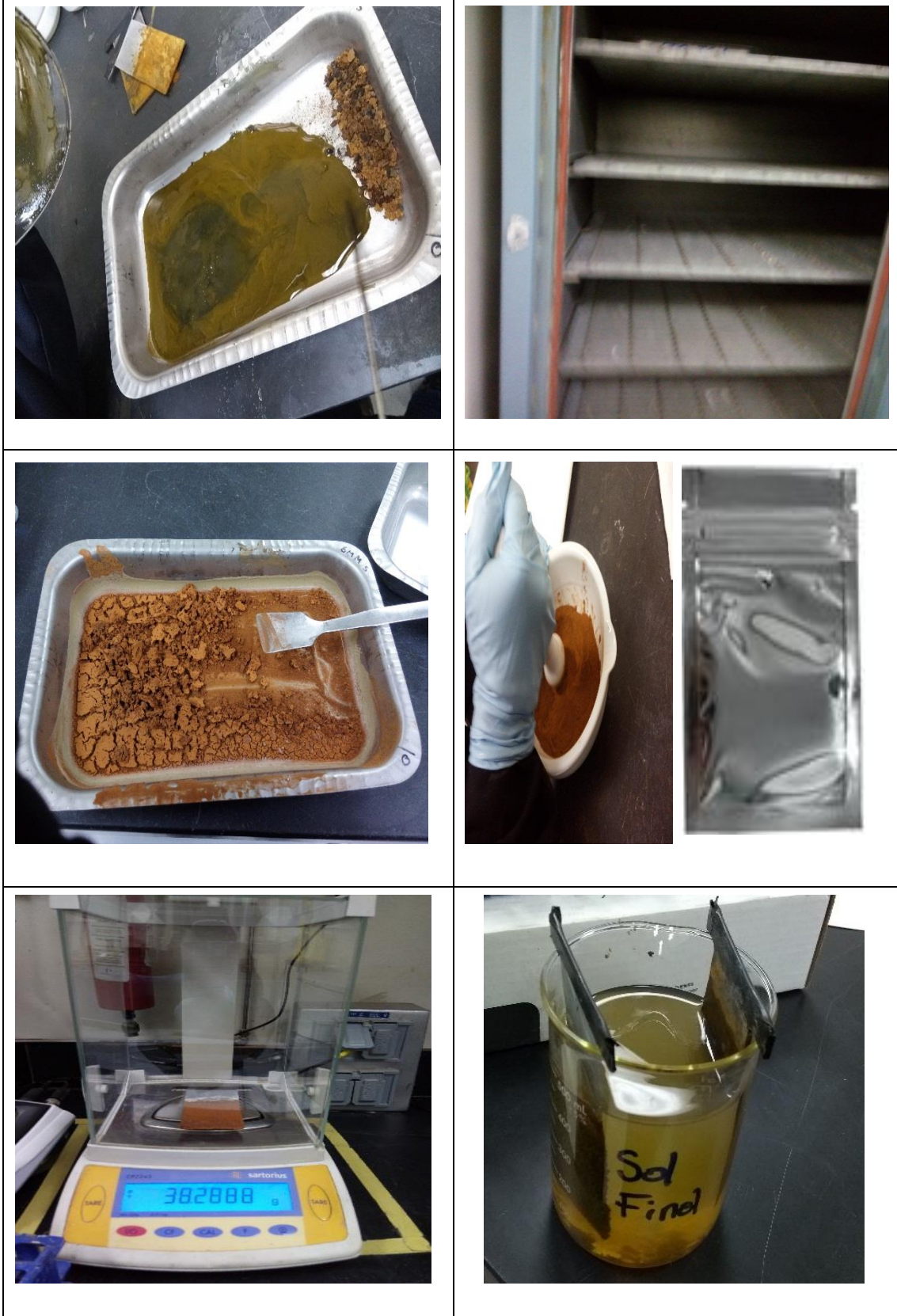




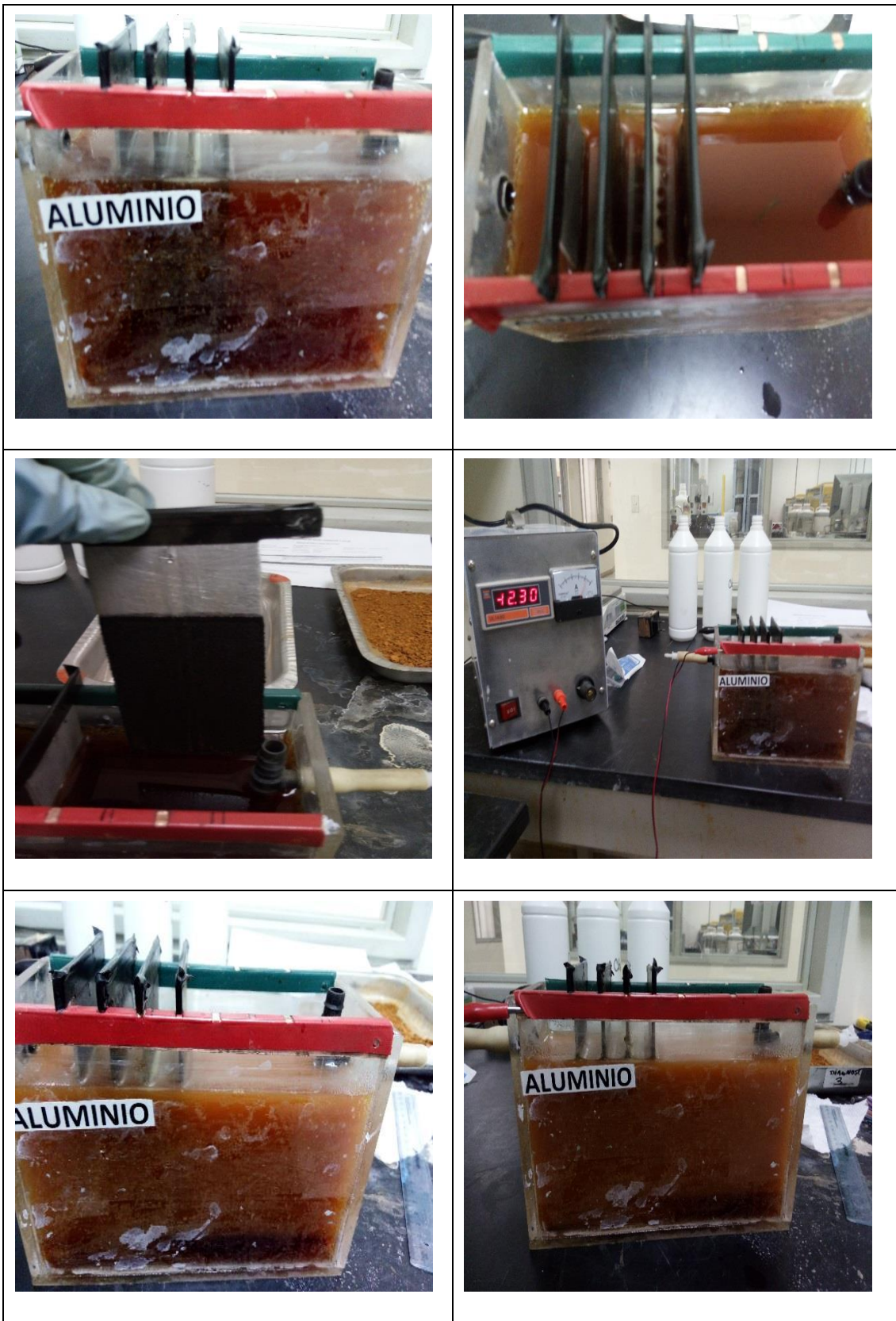
Fotografía 8. Primera prueba. Cambios de Temperatura, color, pH, oxido-reducción de electrodos)

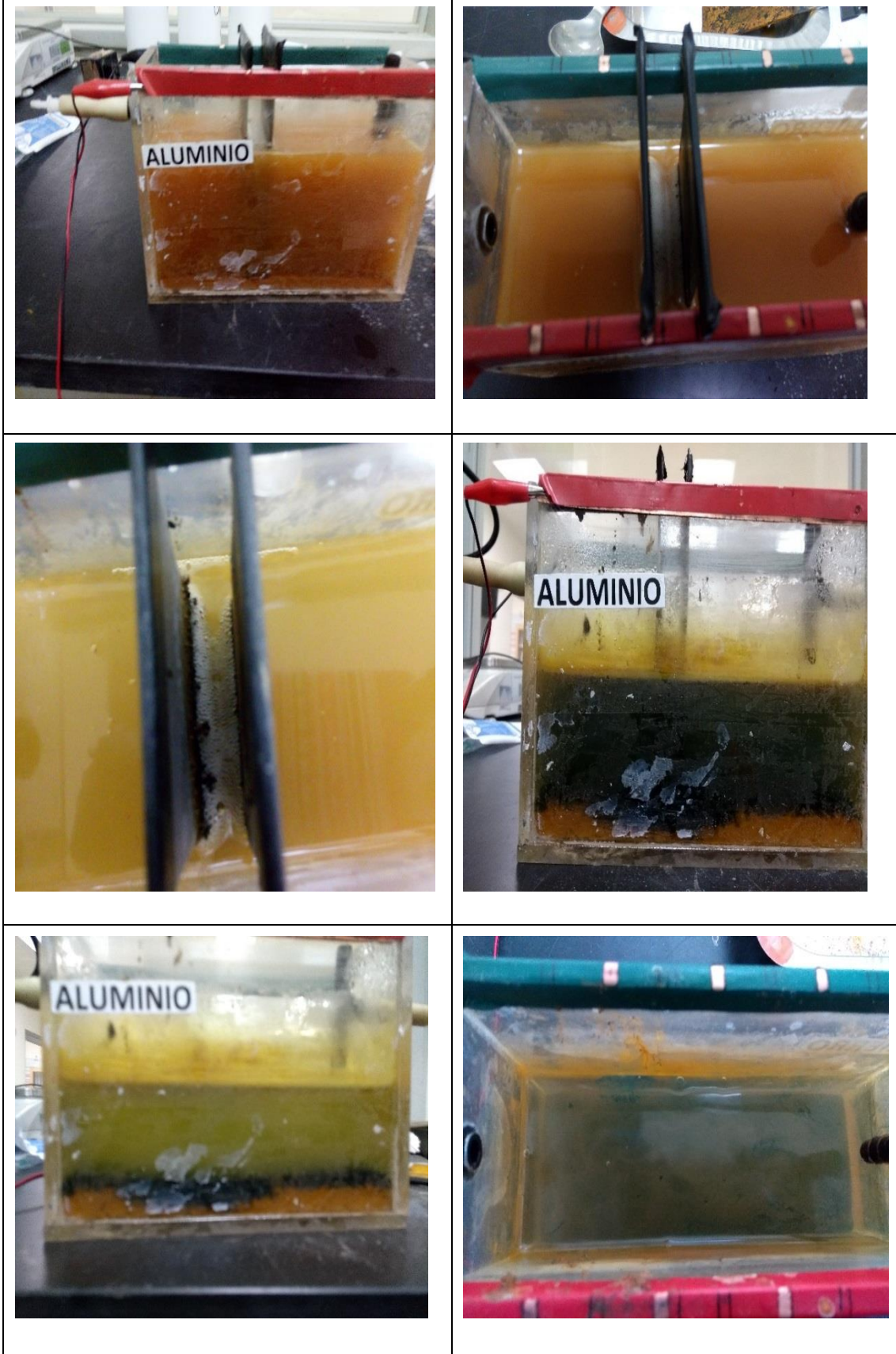






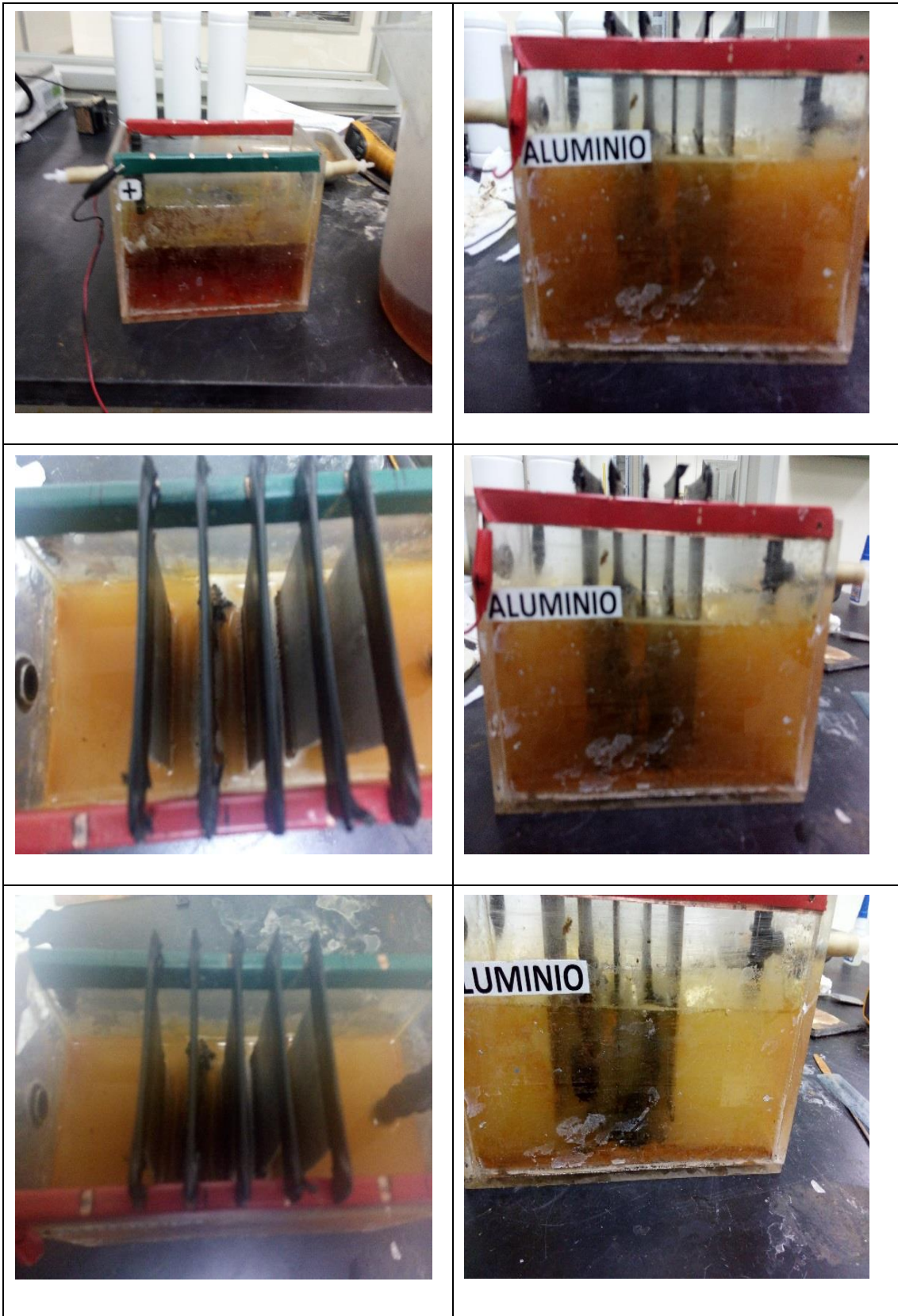
Fotografía 9. Segunda Prueba

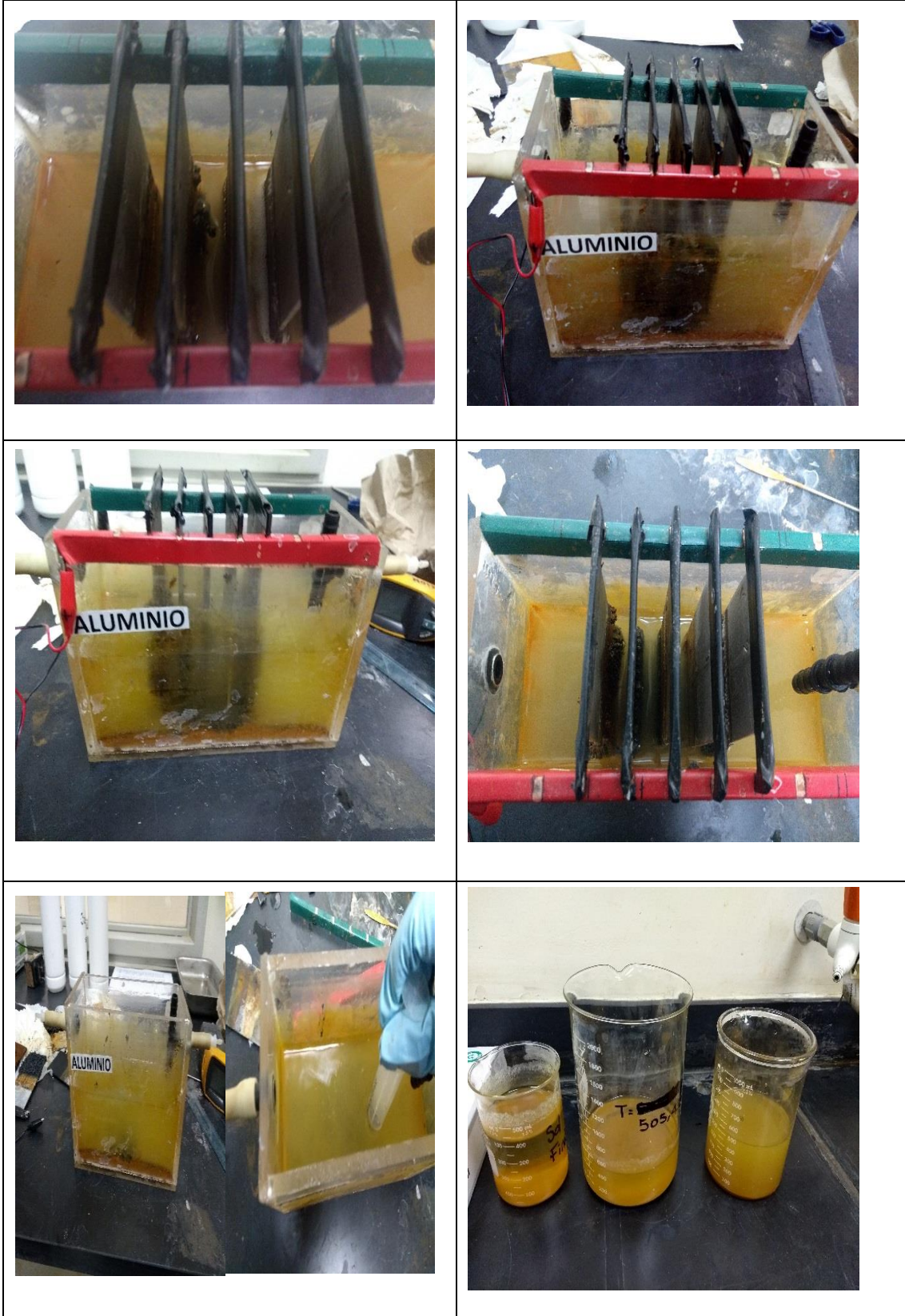


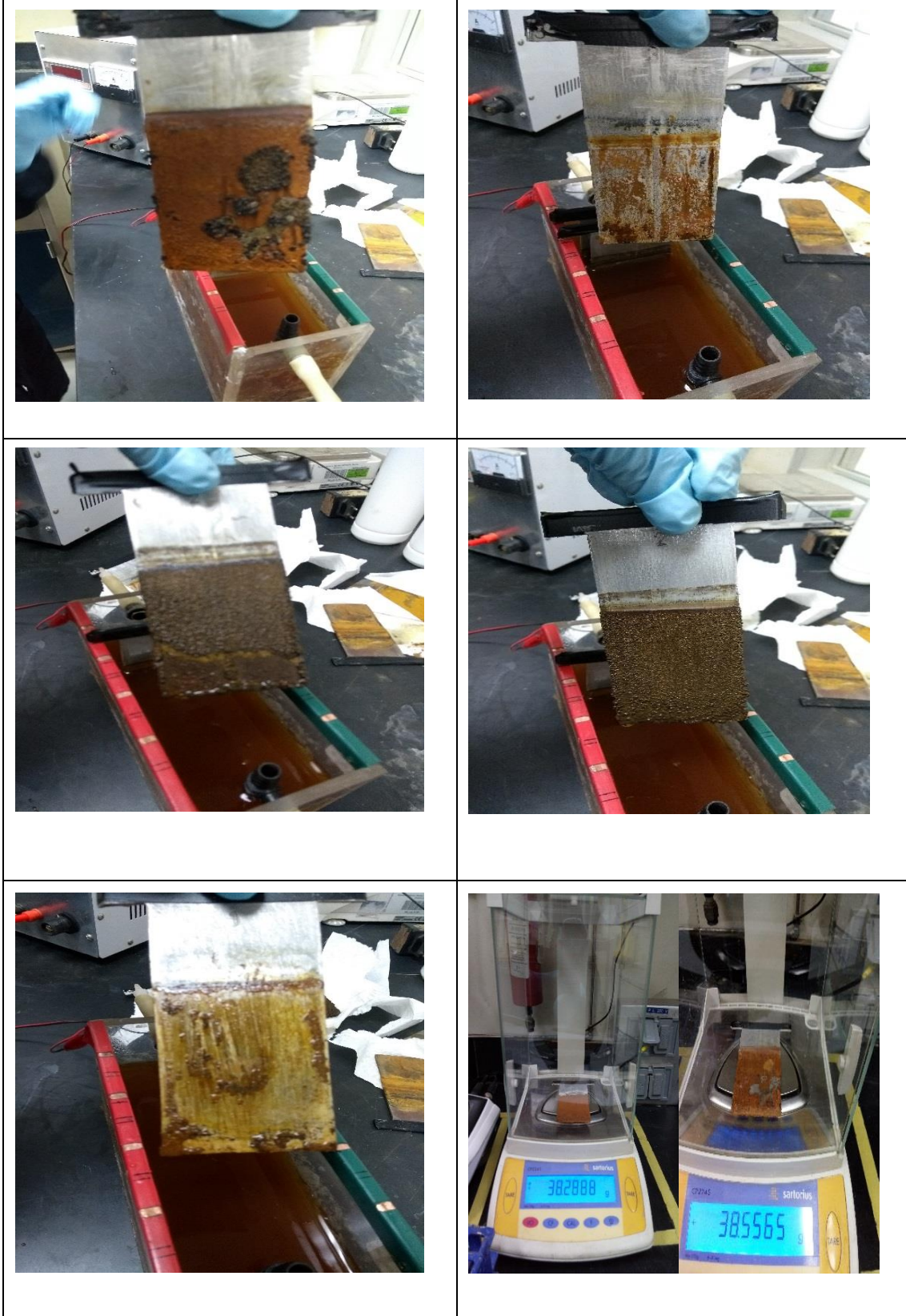


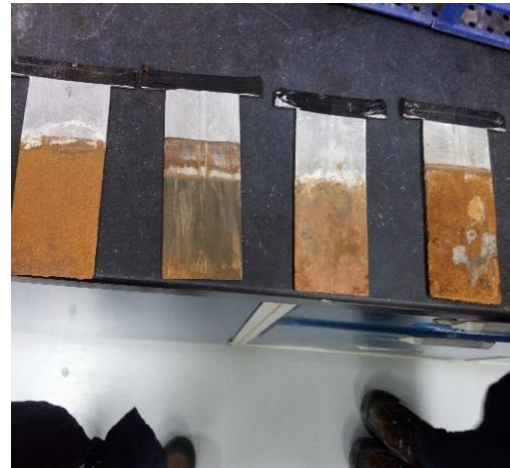
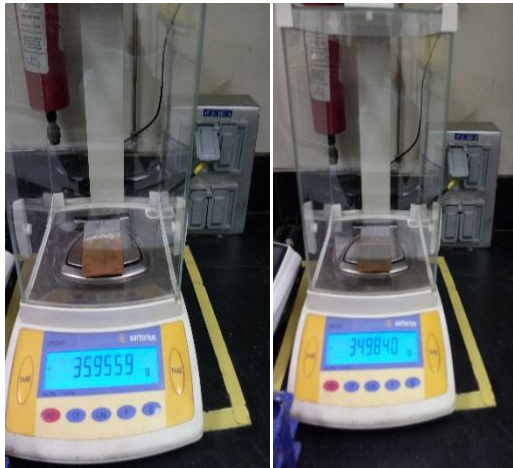


Fotografía 10. Tercera Prueba



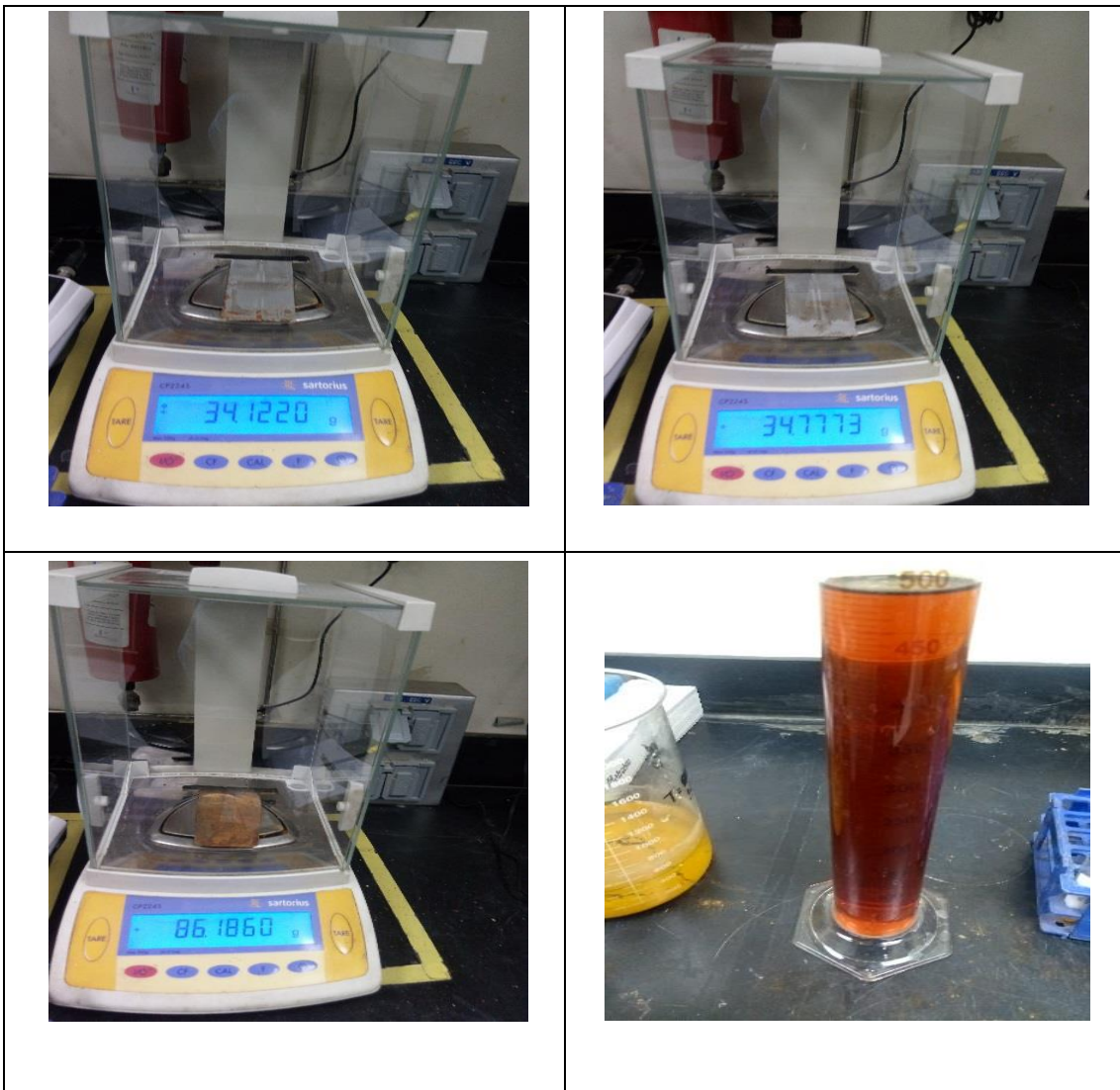


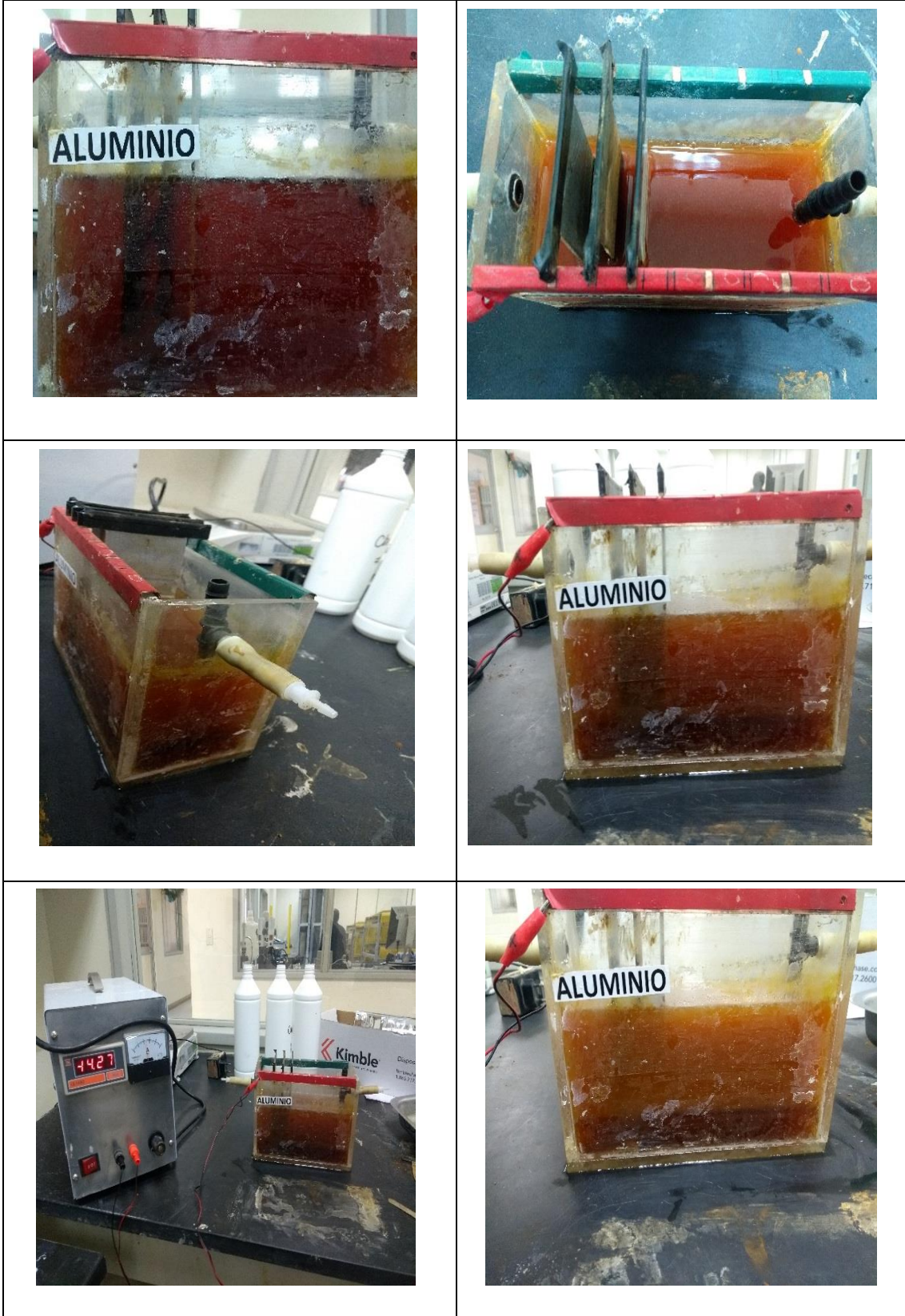


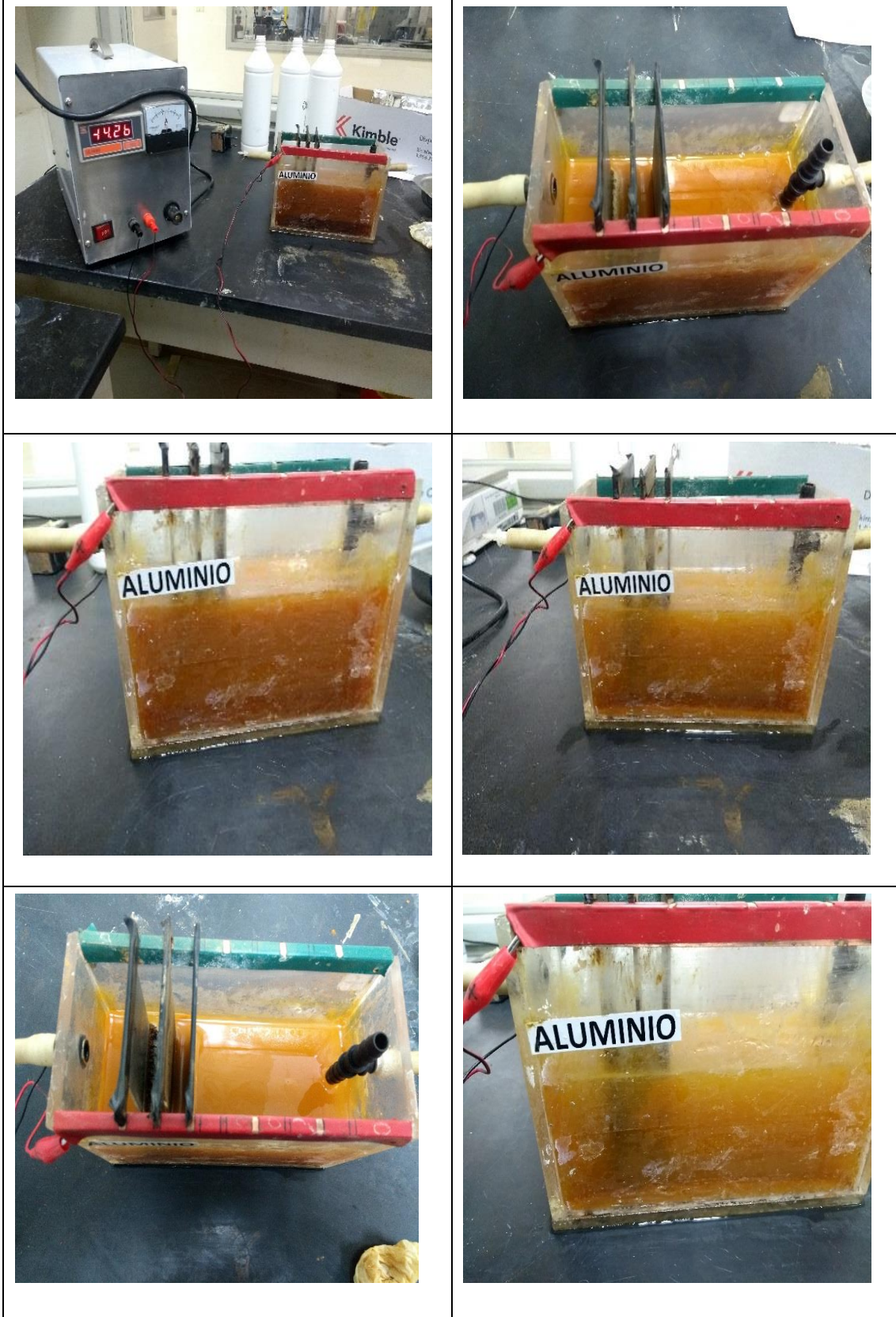


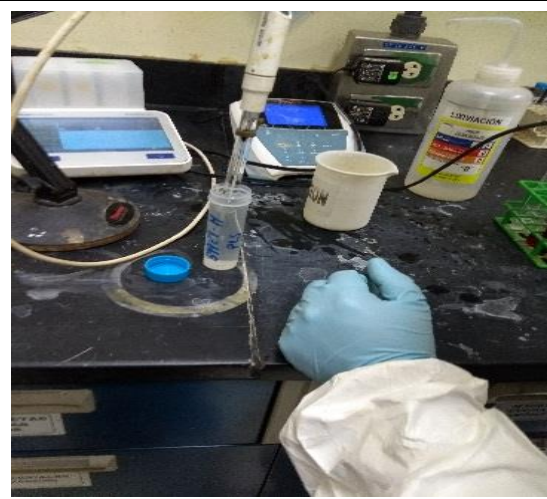
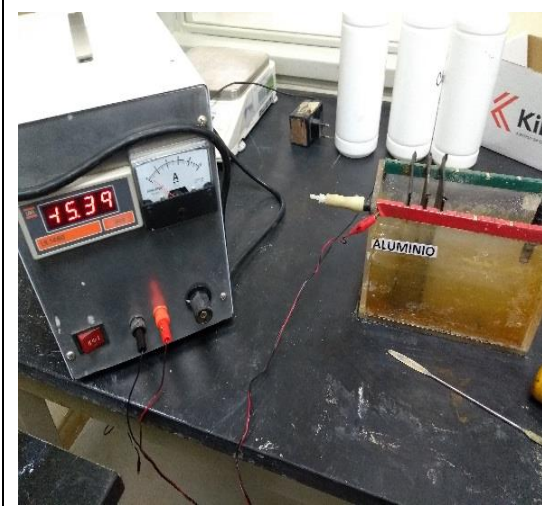


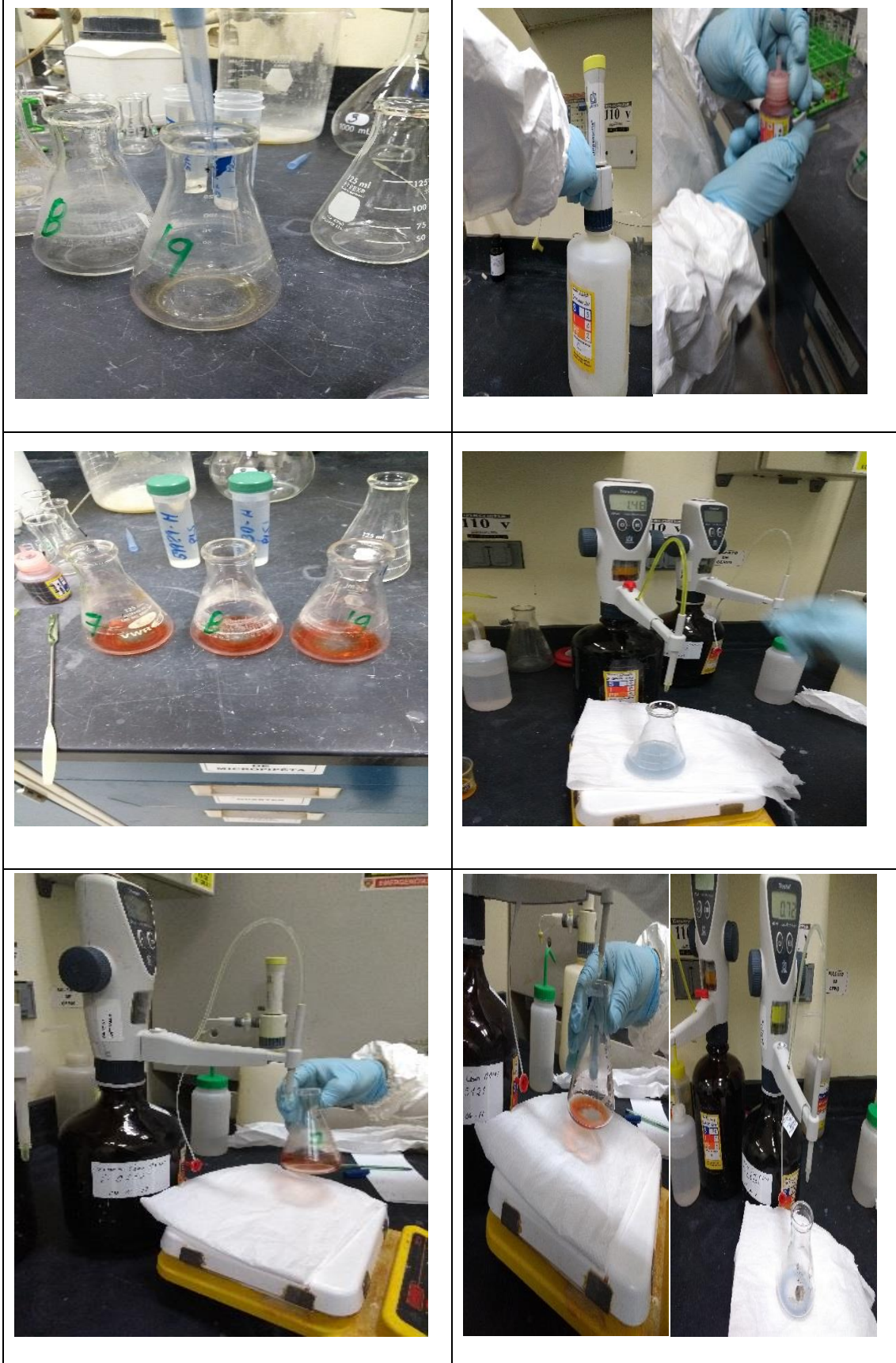
Fotografía 11. Cuarta Prueba











Fotografía 12. Quinta Prueba

