



**UNIVERSIDAD DEL AZUAY**

**FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGIA**

**INGENIERÍA CIVIL Y GERENCIA DE  
CONSTRUCCIONES**

**Análisis de niveles piezométricos y su relación con las  
precipitaciones en el aeropuerto Mariscal La Mar de la  
ciudad de Cuenca**

**TRABAJO DE GRADO, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE INGENIERO CIVIL CON MENCIÓN EN GERENCIA DE  
CONSTRUCCIONES**

**Autores:**

**Karla Denisse Campoverde Chicaiza**

**Tito José Vanegas Vásconez**

**Director:**

**Ing. Fernández de Córdova Webster Carlos Javier, M.Sc.**

**Cuenca, Ecuador**

**2021**

## **DEDICATORIA**

El contenido total de este proyecto de tesis se realizó con apreciable esfuerzo, dedicación mutua con mi compañero, bendición de Dios y el apoyo de distintas personas que fueron indispensables para la elaboración del mismo. Es por eso que dedicó este trabajo a mis padres, a mi hermano y mi hermana, quienes supieron brindarme comprensión, fuerza y energía para poder superar todo obstáculo. Pero de manera especial, dedico todo mi esfuerzo a mi abuelito Ángel Benigno Chicaiza(+), quien siempre estuvo pendiente de mí; por su increíble manera de hacerme ver la vida, fortalecer mis decisiones y sobre todo alentarme a seguir hasta el final con su inigualable forma de expresar su cariño que aun en la distancia, sigue presente.

- Karla Campoverde Chicaiza

## **DEDICATORIA**

A mis padres por siempre apoyarme y levantarme para continuar sin importar las circunstancias, por brindarme los medios y los recursos que me llevaron al lugar en el que me encuentro ahora. A mis hermanos que directa o indirectamente me ayudaron y motivaron a lo largo de la pandemia. A mis amigos por darme la confianza y el apoyo incondicional de una segunda familia y más que nada su compañía sin cesar.

- Tito Vanegas Vásquez

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios por brindarme las fuerzas para cumplir esta etapa, a mi familia por su apoyo y paciencia, a mi gran amigo y compañero de tesis, Tito, quien supo apoyarme en momentos duros; muy cariñosamente a mis mejores amigas Majo Cabrera y Letty Lojano que han estado a mi lado tantos años apoyándome y creyendo en mí. A Andresito por su cariño y paciencia.

Agradezco de manera muy atenta a nuestro director de tesis Ing. Javier Fernández de Córdova y nuestro codirector Ing. Rolando Armas Novoa quienes nos brindaron su conocimiento y apoyo absoluto para la realización de este proyecto.

De igual manera agradezco a la CORPAC, quien nos abrió sus puertas para poder realizar este proyecto; de manera atenta agradezco al Ing. Paul Idrovo, Ing. Steeven Peñaloza, al Sr. Nelson Vásquez y a todo el personal de mantenimiento que nos acompañaron y brindaron su tiempo.

- Karla Campoverde Chicaiza.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a mi mamá por brindarme su tiempo y su esfuerzo por ayudarme en cada momento de su vida y cada momento del trabajo que conllevo a este proyecto, así como a mi padre que siempre supo darme las palabras de apoyo que necesité para poder continuar mi camino y para el presente y el futuro en mi vida. Al Ingeniero Rolando Armas por ser desde el primer momento un apoyo incondicional para nosotros sus estudiantes y una gran persona. Al Ingeniero Javier Fernández de Córdoba por ayudarnos y asesorarnos hasta el momento final. A las personas que nos apoyaron y nos abrieron las puertas del aeropuerto, además de momentos de su tiempo para asegurar la calidad de nuestro proyecto. A Andrés, Daniel y Aaron, por ser mi compañía durante toda mi vida y por siempre ayudarme a mantener mi mente enfocada en el proyecto. Mi compañera Karla por ser una gran amiga desde el momento en que la conocí y más que nada una trabajadora entusiasta y por no dejarme flaquear. Mi hermana que siempre ha sido parte crucial de mi vida y mis hermanos por recordarme siempre que la vida es más grande que lo que nuestros ojos alcanzan a ver. Muchas gracias

- Tito Vanegas Vásquez

**ANÁLISIS DE NIVELES PIEZOMÉTRICOS Y SU RELACIÓN CON  
LAS PRECIPITACIONES EN EL AEROPUERTO MARISCAL LA MAR  
DE LA CIUDAD DE CUENCA**

**ÍNDICE**

<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>II</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>IV</b>
<b>ÍNDICE</b> .....	<b>VI</b>
<b>INDICE DE ILUSTRACIONES</b> .....	<b>XI</b>
<b>INDICE DE TABLAS</b> .....	<b>XVI</b>
<b>INDICE DE ECUACIONES</b> .....	<b>XIX</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>XX</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>XXI</b>
<b>INTRODUCCION</b> .....	<b>1</b>
<b>ANTECEDENTES</b> .....	<b>3</b>
<b>JUSTIFICACIÓN</b> .....	<b>4</b>
<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>4</b>
Objetivo General.....	4
Objetivos Específicos.....	4
<b>CAPITULO I</b> .....	<b>5</b>
<b>1. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>5</b>
1.1. INTRODUCCIÓN.....	5
1.2. ESTADO DEL ARTE.....	6
1.3. AEROPUERTOS.....	8
1.3.1. Aeródromo.....	8

1.3.2.	Aeropuerto.....	8
1.3.3.	Clasificación de aeropuertos .....	8
1.3.4.	Partes de un aeropuerto .....	10
1.4.	PIEZÓMETROS .....	12
1.4.1.	Tipos de Piezómetros .....	14
1.4.2.	Piezómetro abierto .....	14
1.4.3.	Instalación de Piezómetros.....	19
1.4.4.	Mantenimiento de Piezómetros.....	20
1.5.	NIVEL FREÁTICO .....	21
1.6.	AGUA SUBTERRÁNEA .....	21
1.6.1.	Distribución vertical de las aguas subterráneas: .....	22
1.6.2.	Fuerzas que actúan sobre agua subterránea: .....	24
1.7.	AGUA SUBSUPERFICIAL .....	26
1.8.	PRESIÓN DE AGUA .....	28
1.9.	PRECIPITACIÓN.....	29
1.9.1.	Proyección de precipitaciones.....	29
1.9.2.	Precipitación media.....	30
1.9.3.	Análisis de calidad de datos .....	30
1.10.	MONITOREO .....	30
	<b>CAPITULO II.....</b>	<b>32</b>
	<b>2. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>32</b>
2.1.	INTRODUCCIÓN .....	32

2.2.	MÉTODO DE INVESTIGACIÓN .....	33
2.2.1.	Tipo de investigación:.....	33
2.2.2.	Métodos usados.....	33
2.3.	UNIVERSO Y/O POBLACIÓN.....	33
2.4.	DISEÑO Y CARACTERÍSTICA DE LA MUESTRA .....	34
2.4.1.	Antecedentes: .....	34
2.4.2.	Ubicación: .....	34
2.4.3.	Clima de la zona:.....	35
2.5.	ESTRATEGIA DEL ESTUDIO .....	35
2.6.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	36
2.7.	TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN ..	39
2.7.1.	Evaluación del área de movimiento del Aeropuerto Mariscal La Mar	39
2.7.2.	Piezómetros .....	43
2.1.2	Estudio Pluviométrico.....	56
2.1.3	Estudio de Mecánica de Suelos.....	61
	<b>CAPITULO III.....</b>	<b>66</b>
<b>3.</b>	<b>DESARROLLO Y RESULTADOS.....</b>	<b>66</b>
3.1	INTRODUCCIÓN .....	66
3.2	DESARROLLO .....	67
3.2.1	De los parámetros de análisis.....	67
3.2.2	Análisis pluviométrico .....	93
3.2.3	Análisis de suelos.....	100

3.3	RESULTADOS.....	103
3.3.1	Piezómetro P1(0+060) .....	104
3.3.2	Piezómetro P2(0+060) .....	105
3.3.3	Piezómetro P3(0+480) .....	107
3.3.4	Piezómetro P10(0+480) .....	109
3.3.5	Piezómetro P4(0+900) .....	111
3.3.6	Piezómetro P9(0+900) .....	114
3.3.7	Piezómetro P5(1+320) .....	116
3.3.8	Piezómetro P8(1+320) .....	117
3.3.9	Piezómetro P6(1+800) .....	120
3.3.10	Piezómetro P7(1+800) .....	121
3.4	DISCUSIÓN .....	124
	<b>CAPITULO IV .....</b>	<b>125</b>
<b>4.</b>	<b>PLAN DE OPERACIONES PARA EL MANEJO Y MONITOREO DE LA RED PIEZOMÉTRICA.....</b>	<b>125</b>
4.1	INTRODUCCIÓN. ....	125
4.2	ANÁLISIS DE ÉPOCAS CRÍTICAS.....	126
4.3	ALTERNATIVAS PARA LA CONSTRUCCIÓN O MEJORA DE PIEZÓMETROS .....	132
4.2.1	Instalación de piezómetros:.....	133
4.4	OPCIONES DE AUTOMATIZACIÓN PARA EL CONTROL DE RED PIEZOMÉTRICA .....	145
4.4.1	Piezómetro abierto con sensor automático.....	145

4.4.2	Elección del tipo de piezómetro.....	145
4.4.3	Piezómetros electrónicos.....	147
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>		<b>156</b>
CONCLUSIONES .....		156
RECOMENDACIONES .....		160
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>		<b>163</b>
<b>ANEXOS:.....</b>		<b>166</b>
ANEXO 1:	Acuerdo de confidencialidad y no distribución .....	166
ANEXO 2:	Tabla de monitoreo , Hoja de datos de evaluación de nivel piezométrico	169
ANEXO 3:	Monitoreo de los niveles piezométricos encontrados en el Aeropuerto Mariscal La Mar.....	170
ANEXO 4:	Evidencia grafica .....	190
1.	Piezómetro P1 (0+060) .....	190
2.	Piezómetro P2 (0+060) .....	191
3.	Piezómetro P3 (0+480) .....	192
4.	Piezómetro P4 (0+900) .....	193
5.	Piezómetro P5 (1+320) .....	196
6.	Piezómetro P6 (1+800) .....	198
7.	Piezómetro P7 (1+800) .....	199
8.	Piezómetro P8 (1+320) .....	199
9.	Piezómetro P9 (0+900) .....	201
10.	Piezómetro P10 (0+480).....	202

11. Pista del aeropuerto Mariscal La Mar.....	203
ANEXO 5: Registro de precipitaciones estaciones de estudio .....	204
ANEXO 6: Análisis de Ensayos de Clasificación de suelo. ....	210
ANEXO 7: Precipitación media.....	234
ANEXO 8: Litología Azuay .....	239
ANEXO 9: Comparación precipitación-niveles piezométricos de piezómetros paralelos. 240	
ANEXO 10: Tabla de Perfil Longitudinal Método Geométrico.....	242
<b>PLANOS.....</b>	<b>243</b>

## **INDICE DE ILUSTRACIONES**

### **CAPITULO I**

Ilustración 1.1: Aeropuerto Mariscal La Mar de Cuenca.....	8
Ilustración 1.2: Clave de Referencia para Aeródromos .....	10
Ilustración 1.3: Configuración de un Aeropuerto .....	10
Ilustración 1.4: Lado Aire de un Aeropuerto .....	11
Ilustración 1.5: Área de Movimiento de un Aeropuerto .....	11
Ilustración 1.6: Piezómetro de Casagrande (Piezómetro Abierto).....	16
Ilustración 1.7: Esquema Piezómetro Hidráulico (Piezómetro Cerrado).....	18
Ilustración 1.8: Piezómetro neumático.....	19
Ilustración 1.9:Distribución vertical del agua .....	22
Ilustración 1.10: Relación entre cabeza hidráulica, presión de cabeza y altura dentro de un pozo .....	25

Ilustración 1.11 curva de capacidad de infiltración .....	28
---	----

## **CAPITULO II**

Ilustración 2.1: Vista del Aeropuerto Mariscal La Mar de Cuenca. ....	35
---	----

Ilustración 2.2: Instrumentos de medición: reglas de madera.....	37
--	----

Ilustración 2.3: Instrumento de medición: regla de aluminio. ....	38
---	----

Ilustración 2.4: Áreas de movimiento del Aeropuerto Mariscal La Mar de Cuenca, áreas de estudio. ....	40
---	----

Ilustración 2.5:Estructura de los piezómetros .....	46
---	----

Ilustración 2.6: Ubicación de los piezómetros del aeropuerto Mariscal La Mar de Cuenca.....	46
---	----

Ilustración 2.7:Piezómetro P1(0+060). ....	48
--	----

Ilustración 2.8: Piezómetro P2(0+060). ....	49
---	----

Ilustración 2.9: Piezómetro P3(0+480). ....	50
---	----

Ilustración 2.10: Piezómetro P4(0+900). ....	51
--	----

Ilustración 2.11: Piezómetro P5(1+320). ....	53
--	----

Ilustración 2.12: Piezómetro P6(1+800). ....	53
--	----

Ilustración 2.13: Piezómetro P7(1+800). Estado en el que se encontró.....	54
---	----

Ilustración 2.14: Piezómetro P8(1+320) .....	54
--	----

Ilustración 2.15: Piezómetro P9(0+900). ....	55
--	----

Ilustración 2.16: Piezómetro P10(0+480). ....	56
---	----

Ilustración 2.17: Mapa de Ubicación de la Estación Totoracocha, Ricaurte y Cebollar .....	57
---	----

Ilustración 2.18: Estación Totoracocha.....	58
---	----

Ilustración 2.19: Estación de Ricaurte .....	59
Ilustración 2.20: Estación del Cebollar.....	60
Ilustración 2.21: Plano de Ubicación de Calicatas.....	61
Ilustración 2.22: Interpretación tomografía eléctrica TE-01, paralela a la pista.....	62
Ilustración 2.23: Interpretación tomografía eléctrica TE-02, transversal a la pista. ..	63
Ilustración 2.24: Interpretación tomografía eléctrica TE-03, transversal a la pista ...	64
Ilustración 2.25: Interpretación tomografía eléctrica TE-04, transversal a la pista. ..	65

### **CAPITULO III**

Ilustración 3.1: Movimiento horizontal de agua a través de varias capas.....	68
Ilustración 3.2 movimiento vertical del agua a través de varias capas. ....	69
Ilustración 3.3: Descripción grafica de los factores utilizados dentro del método del piezómetro.....	70
Ilustración 3.5: Conductividad hidráulica de P1(0+060) a P10(0+480) .....	74
Ilustración 3.6: Conductividad hidráulica de P10(0+480) a P9(0+900) .....	77
Ilustración 3.7: Conductividad hidráulica de P9(0+900) a P8(1+320) .....	81
Ilustración 3.8: Conductividad hidráulica de P8(1+320) a P7(1+800) .....	84
Ilustración 3.9: Precipitaciones máxima diaria estación de Totoracocha(2020-2021) .....	94
Ilustración 3.10: Precipitaciones máxima diaria estación de Ricaurte (2020-2021)..	94
Ilustración 3.11: Precipitaciones máxima diaria estación de Cebollar(2020-2021) ..	95
Ilustración 3.12: Precipitación promedio de la estación de Totoracocha (2020-2021 ) .....	95
Ilustración 3.13: Precipitación promedio de la estación de Ricaurte (2020-2021 )...	96

Ilustración 3.14: Precipitación promedio de la estación del Cebollar (2020-2021 )..	96
Ilustración 3.15: Precipitación diaria del periodo de estudio de la estación Totoracocha. .....	97
Ilustración 3.16:Precipitación diaria del periodo de estudio de la estación Ricaurte.	98
Ilustración 3.17: Precipitación diaria del periodo de estudio de la estación Cebollar. .....	98
Ilustración 3.18: Precipitación media diaria.....	100
Ilustración 3.19: Vista superior del aeropuerto Mariscal La Mar con la ubicación de la toma de muestras para estudio de suelos.....	101
Ilustración 3.20: Relación de niveles piezométricos-precipitaciones de P1(0+060)	104
Ilustración 3.21: Relación de niveles piezométricos-precipitaciones de P2(0+060) .....	106
Ilustración 3.22: Relación de niveles piezométricos-precipitaciones de P3(0+480)	108
Ilustración 3.23: Relación de niveles piezométricos-precipitaciones de P10(0+480) .....	110
Ilustración 3.24: Relación de niveles piezométricos-precipitaciones de P4(0+900)	112
Ilustración 3.25: Relación de niveles piezométricos-precipitaciones de P9(0+900)	114
Ilustración 3.26: Relación de niveles piezométricos-precipitaciones de P5(1+320)	116
Ilustración 3.27: Relación de niveles piezométricos-precipitaciones de P8(1+320)	118
Ilustración 3.28: Relación de niveles piezométricos-precipitaciones de P6(1+800)	120
Ilustración 3.29:Relación de niveles piezométricos-precipitaciones de P7(1+800)	122

#### **CAPITULO IV**

Ilustración 4.1: Precipitación estación de Ricaurte .....	127
---	-----

Ilustración 4.2: Precipitación estación de Totoracocha Totoracocha.....	127
Ilustración 4.3:Precipitación estación de Cebollar.....	128
Ilustración 4.4: Cuadro de probabilidad de precipitación diaria de la página weather spark .....	129
Ilustración 4.5 Precipitaciones superpuestas de las 3 estaciones analizadas .....	130
Ilustración 4.6 Precipitación acumulada mensual de cada estación.....	131
Ilustración 4.7:Tabla de características recomendables del paquete de filtro basadas en los tamaños comunes de la ranura de la criba .....	136
Ilustración 4.8:Lechada de Cemento – Bentonita .....	138
Ilustración 4.9:Elementos de un piezómetro tubo abierto.....	139
Ilustración 4.10: Diseño ideal para piezómetro tipo Tubo Abierto (Casagrande) para medir la Napa Freática y tomar muestras del agua poco profunda.....	140
Ilustración 4.11 : Diseño ideal para piezómetro tipo Tubo Abierto para medir la Presión de Poros del Agua Profunda y tomar muestras del Agua Subterránea de un intervalo corto (muestra puntual). .....	141
Ilustración 4.12: Diseño del llenado de Materiales de Construcción.....	142
Ilustración 4.13: Diseño final del pozo de agua.....	143
Ilustración 4.14: Piezómetros de deformímetro.....	148
Ilustración 4.15: Medidores de nivel de agua 101 Solinst. Fuente: (Solinst Canada Ltd., 2016) .....	149
Ilustración 4.16: Sensor Levelogger Edge 3001 .....	150
Ilustración 4.17: Sensor Barologger Edge 3001 .....	150
Ilustración 4.18: Sensor LTC Junior 3001.....	151
Ilustración 4.19: Esquema de funcionamiento del sensor automático.....	151

Ilustración 4.20: 9500 LevelSender. Fuente: (Solinst Canada Ltd., 2016).....	152
Ilustración 4.21: Solinst Levelogger App y Levelogger App Interface.....	153
Ilustración 4.22:DataGrabber™.....	153
Ilustración 4.23: Micro-Diver. ....	154
Ilustración 4.24:Punta del piezómetro Casagrande.....	155

## **INDICE DE TABLAS**

Tabla 1-1:Clasificación de aeropuertos según FAA .....	9
Tabla 2-1:Descripción de piezómetros en el aeropuerto Mariscal La Mar de Cuenca .....	47
Tabla 2-2: Precipitación Máxima Diaria (2020 - 2021):.....	58
Tabla 2-3:Precipitación Máxima Diaria Ricaurte (2017 - 2021).....	59
Tabla 2-4: Precipitación Máxima Diaria Cebollar (2017 - 2021).....	60
<i>Tabla 3-1:</i> Tabla de valores de la conductividad hidráulica según el tipo de suelo. .	71
Tabla 3-2: Resumen de suelos y conductividad hidráulica en piezómetros del lado izquierdo de la pista. ....	73
Tabla 3-3: Análisis de suelos en los pozos cercanos para el cálculo de la conductividad en P1 y P10.....	74
Tabla 3-4: Datos previos al análisis de la conductividad en P1 y P10 el 3/03/2021..	75
Tabla 3-5: Cálculo de la conductividad hidráulica P1 a P10 del 3/03/2021 .....	76
Tabla 3-6: Datos previos al análisis de la conductividad en P1 y P10 el 5/04/2021..	76
Tabla 3-7: Cálculo de la conductividad hidráulica P1 a P10 del 5/04/2021 .....	76

Tabla 3-8: Datos previos al análisis de la conductividad en P1 y P10 el 23/04/2021	76
Tabla 3-9: Cálculo de la conductividad hidráulica P1 a P10 del 23/04/2021 .....	77
Tabla 3-10: Resumen de flujos y conductividad hidráulica entre P1(0+060) a P10(0+480).....	77
Tabla 3-11: Análisis de suelos en los pozos cercanos para el cálculo de la conductividad en P10 y P9 .....	78
Tabla 3-12: Datos previos al análisis de la conductividad en P10 y P9 el 3/03/2021	79
Tabla 3-13: Cálculo de la conductividad hidráulica P10 a P9 del 3/03/2021 .....	79
Tabla 3-14: Datos previos al análisis de la conductividad en P10 y P9 el 5/04/2021	79
Tabla 3-15: Cálculo de la conductividad hidráulica P10 a P9 del 5/04/2021 .....	79
Tabla 3-16: Datos previos al análisis de la conductividad en P10 y P9 el 23/04/2021 .....	80
Tabla 3-17: Cálculo de la conductividad hidráulica P10 a P9 del 23/04/2021 .....	80
Tabla 3-18: Resumen de flujos y conductividad hidráulica entre P10(0+480) a P9(0+900).....	80
Tabla 3-19: Análisis de suelos en los pozos cercanos para el cálculo de la conductividad en P9 y P8 .....	81
Tabla 3-20: Datos previos al análisis de la conductividad en P9 y P8 el 3/03/2021..	82
Tabla 3-21: Cálculo de la conductividad hidráulica P9 a P8 del 3/03/2021 .....	82
Tabla 3-22: Datos previos al análisis de la conductividad en P9 y P8 el 5/04/2021..	83
Tabla 3-23: Cálculo de la conductividad hidráulica P9 a P8 del 5/04/2021 .....	83
Tabla 3-24: Datos previos al análisis de la conductividad en P9 y P8 el 23/04/2021	83
Tabla 3-25: Cálculo de la conductividad hidráulica P9 a P8 del 23/04/2021 .....	83

<i>Tabla 3-26: Resumen de flujos y conductividad hidráulica entre P9(0+900) a P8(1+320)</i> .....	84
Tabla 3-27: Análisis de suelos en los pozos cercanos para el cálculo de la conductividad en P8 y P7 .....	84
Tabla 3-28: Datos previos al análisis de la conductividad en P8 y P7 el 3/03/2021..	85
Tabla 3-29: Cálculo de la conductividad hidráulica P8 a P7 del 3/03/2021 .....	86
Tabla 3-30: Datos previos al análisis de la conductividad en P8 y P7 el 5/04/2021..	86
Tabla 3-31: Cálculo de la conductividad hidráulica P8 a P7 del 5/04/2021 .....	86
Tabla 3-32: Datos previos al análisis de la conductividad en P8 y P7 el 23/04/2021	86
Tabla 3-33: Cálculo de la conductividad hidráulica P8 a P7 del 23/04/2021 .....	87
Tabla 3-34: Tabla 3 26: Resumen de flujos y conductividad hidráulica entre P8(1+320) a P7(1+800).....	87
Tabla 3-35: Resumen de conductividad hidráulica horizontal.....	87
Tabla 3-36: Análisis de suelos en los pozos cercanos para el cálculo de la conductividad vertical en P1(0+060) .....	90
Tabla 3-37: Datos previos al análisis de la conductividad en P1(0+060).....	90
Tabla 3-38: Cálculo de la conductividad hidráulica vertical de P1(0+060) .....	90
Tabla 3-39: Análisis de suelos en los pozos cercanos para el cálculo de la conductividad vertical en P10(0+480) .....	90
Tabla 3-40: Datos previos al análisis de la conductividad en P10(0+480).....	91
Tabla 3-41: Cálculo de la conductividad hidráulica vertical de P10(0+480) .....	91
Tabla 3-42: Análisis de suelos en los pozos cercanos para el cálculo de la conductividad vertical en P9(0+900) .....	91
Tabla 3-43: Datos previos al análisis de la conductividad en P9(0+900).....	91

Tabla 3-44: Cálculo de la conductividad hidráulica vertical de P9(0+900) .....	92
Tabla 3-45: Análisis de suelos en los pozos cercanos para el cálculo de la conductividad vertical en P8(1+320) .....	92
Tabla 3-46: Datos previos al análisis de la conductividad en P8(1+320).....	92
Tabla 3-47: Cálculo de la conductividad hidráulica vertical de P8(1+800) .....	92
Tabla 3-48: Resumen de conductividad hidráulica vertical.....	93
Tabla 3-49: Muestras de suelo con sus clasificaciones (SUCS) .....	101
Tabla 3-50: Descripción de suelos (SUCS) .....	102

## **INDICE DE ECUACIONES**

Ecuación 1-1: Cabeza Hidráulica.....	24
Ecuación 1-2: Presión de fluido .....	24
Ecuación 1-3: Cabeza Hidráulica.....	25
Ecuación 2-1: Altura de agua desplazada regla 1 .....	42
Ecuación 2-2: Altura de agua desplazada de varilla .....	43
Ecuación 3-1: Darcy: Flujo horizontal.....	68
Ecuación 3-2: Conductividad hidráulica horizontal equivalente .....	68
Ecuación 3-3:Darcy: Flujo vertical.....	69
Ecuación 3-4: conductividad hidráulica vertical equivalente .....	69
Ecuación 3-5: Conductividad hidráulica saturada.....	70
Ecuación 3-6: Factor de forma.....	71
<i>Ecuación 3-7: variación de alturas.....</i>	<i>75</i>

## ANÁLISIS DE NIVELES PIEZOMÉTRICOS Y SU RELACIÓN CON LAS PRECIPITACIONES EN EL AEROPUERTO MARISCAL LA MAR DE LA CIUDAD DE CUENCA

### RESUMEN

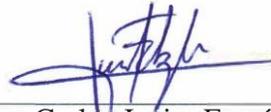
El presente trabajo de titulación se enfoca en el estudio de los niveles piezométricos medidos en el Aeropuerto Mariscal La Mar y su relación con las precipitaciones ocurridas en la ciudad de Cuenca; para evaluar el movimiento del agua en el aeropuerto se analizan los estudios de suelo recopilados y se calcula el flujo horizontal y vertical entre piezómetros. Finalmente, con el fin de mejorar el monitoreo de la red piezométrica, se presentan recomendaciones de los métodos y formas de instalación, así también las épocas que se consideran más factibles monitorear, además de sugerir instrumentos electrónicos que faciliten el proceso de recopilación de datos.

**Palabras clave:** piezómetros, precipitaciones, flujo, monitoreo, aeropuerto.



Ing. José Fernando Vázquez  
Calero

Director de Escuela



Ing. Carlos Javier Fernández De  
Córdova Webster

Director del Trabajo de Titulación



Karla Denisse Campoverde Chicaiza

Tesistas



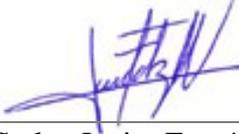
Tito Iose Vanegas Vásconez

Tesistas

## ABSTRACT

This grad degree work focus on the study of piezometric levels measured at the Mariscal La Mar airport in Cuenca – Ecuador and their relationship with precipitations around the city to evaluate ground water movement. The recuperated ground studies as well as calculating horizontal and vertical flow in between piezometers were analyzed. Finally, with the improvement of the piezometer monitoring network, some piezometer installation methods were recommended as well as the most important seasons for surveillance of the information from the piezometers. Also, some electronic improvements that might ease the data gathering process were recommended.

**Key words:** piezometers, precipitations, flow, monitoring, airport.

	
<p>Ing. José Fernando Vázquez Calero</p>	<p>Ing. Carlos Javier Fernández De Córdova Webster</p>
<p>Director de Escuela</p>	<p>Director de Trabajo de Titulación</p>
	
<p>Karla Denisse Campoverde Chicaiza</p>	<p>Tito José Vanegas Vásconez</p>
<p>Tesistas</p>	<p>Tesistas</p>



**Translated by:**


  
 Karla Campoverde and Tito Vanegas.

Karla Denisse Campoverde Chicaiza

Tito José Vanegas Vásquez

Trabajo de Titulación

Ing. Fernández de Córdova Webster Carlos Javier, M.Sc.

Julio, 2021

**ANÁLISIS DE NIVELES PIEZOMÉTRICOS Y SU RELACIÓN  
CON LAS PRECIPITACIONES EN EL AEROPUERTO  
MARISCAL LA MAR DE LA CIUDAD DE CUENCA**

**INTRODUCCION**

El estudio de aguas subterráneas se basa en la realización de varios ensayos, donde para poder caracterizarla, se emplean distintos sistemas de análisis con el fin de comprender su comportamiento o establecer su ausencia. Existen diversos métodos y distintas tecnologías que estudian este evento; sin embargo, uno de los más efectivos y utilizados en muchos proyectos de ingeniería alrededor del mundo, son los piezómetros, ya que éstos se basan en el principio de medición de la energía comprendida por la presión existente dentro de un cuerpo de agua subterráneo.

Para entender y caracterizar el comportamiento de aguas subterráneas, existen diversos tipos de piezómetros que, al poseer varias cualidades, permiten el análisis de varios tipos de datos, características del subsuelo y de las corrientes que por este recorren. Sin embargo, para el estudio del comportamiento de un nivel freático, el más simple y accesible es el piezómetro abierto o piezómetro de Casagrande, ya que este presenta las especificaciones necesarias para un análisis concreto y su costo no difiere de funcionalidad y utilidad.

En toda obra de ingeniería civil la presencia de agua, ya sea subterránea o superficial, genera problemas a corto y largo plazo, en especial en aquellas que se encuentran continuamente expuestas a la intemperie. Se conoce que la presencia de agua subterránea en forma de un nivel freático o de un flujo continuo o esporádico, afecta negativamente la vida útil de una estructura de pavimento, el desgaste continuo

ocasionado por la influencia de escorrentías generan remoción del material que conforma cada capa de la estructura del pavimento, la cual es necesaria para su correcto funcionamiento y para garantizar la seguridad de su utilización.

El aeropuerto Mariscal La Mar de la ciudad de Cuenca se encuentra ubicado en una zona relativamente llana a una altura considerable en relación a las vertientes y ríos de la ciudad de Cuenca; la posibilidad de que lleguen afluentes o flujos de aguas subterráneas es poco probable. Por esta razón, el principal factor por el cual se podría alimentar un flujo de agua subterráneo, es la infiltración de agua de las precipitaciones que se dan directamente en el área de movimiento del aeropuerto. Al ser este un espacio plano con un área de aporte muy extensa, es natural la influencia directa de la lluvia en el suelo.

La pista de aterrizaje del aeropuerto, se encuentra en la actualidad operando diariamente debido a la llegada y salida de vuelos con dirección a la ciudad de Quito, así como de vuelos empleados para la transportación de dinero en efectivo o bienes bancarios, además en ocasiones más aisladas, como vuelos privados; por lo cual, se realizan trabajos de mantenimiento y monitoreo constantes para asegurar, de acuerdo a los protocolos y la normativa dirigida, que su funcionamiento sea adecuado y apegado al cronograma de la institución.

A lo largo de esta tesis se realizó una serie de monitoreos con el objetivo de encontrar una relación del comportamiento de los niveles piezométricos y las precipitaciones en la ciudad de Cuenca, más específicamente las precipitaciones ocurridas dentro del aeropuerto Mariscal La Mar. Se realizaron estudios adicionales para la caracterización de un flujo teórico que puede existir entre piezómetros, así como la dirección del mismo; de esta manera también se obtuvo información suficiente para recomendar un plan de acción en la renovación de los piezómetros actuales, así como un análisis de las épocas de mayor importancia para el mantenimiento y la obtención de datos cruciales, como grandes variaciones en los niveles piezómetros. El monitoreo se llevó a cabo durante seis (6) meses, periodo donde se presentan épocas de lluvia y secas.

Finalmente, la información recogida, los registros de precipitación y los análisis previamente realizados en el aeropuerto Mariscal La Mar; permitirán la obtención de resultados que respondan los objetivos planteados.

En el capítulo I, se verá el marco teórico; pilar fundamental de un estudio, debido a que se describen los fundamentos que con base al planteamiento de la problemática dirigen el proyecto, es decir, es la que ha permitido la interpretación de resultados y, finalmente, la formulación de conclusiones.

En el capítulo II, se describe la metodología del estudio; aquí se presentan los materiales y métodos utilizados en esta investigación; cómo se realizó el estudio de campo, buscando reproducir adecuadamente todos los materiales usados y los métodos que fueron necesarios para llegar a los resultados.

En el capítulo III, se hace referencia a los resultados de la investigación y la discusión en base de los objetivos planteados inicialmente, de esta manera se interpretarán los datos así como el planteamiento de las comparaciones establecidas mediante gráficas.

En el capítulo IV, con toda la información obtenida, se presentará un breve resumen de las características encontradas en otros estudios para la mejora del monitoreo de los piezómetros.

Para concluir la investigación, se presentan las conclusiones a las que se han llegado, es decir, se han tomado las ideas principales y en base a lo investigado han sido resumidas, así mismo se presentan, las respectivas recomendaciones.

Adicionalmente, se presentan los anexos donde se muestran los resultados obtenidos en esta investigación.

## **ANTECEDENTES**

En el aeropuerto Mariscal La Mar, el agua que se estima se encuentre en un nivel freático, es enteramente por la infiltración de las precipitaciones que ocurren dentro de la extensión del aeropuerto. De esta forma en el año 2019 el aeropuerto Mariscal La Mar, llevó a cabo un proyecto con el cual se buscó la implementación de un sistema de drenaje para mantener al mínimo los efectos del agua sobre la pista activa, además de una serie de piezómetros que servirán para el monitoreo del nivel freático resultante de las precipitaciones ocurrentes. Estos fueron colocados a la altura en la que al ejecutar las calicatas se observó la presencia de un nivel de agua.

## **JUSTIFICACIÓN**

Una de las ramas de la Ingeniería Civil es el estudio de Hidrología e Hidráulica, las cuales usan varios métodos e instrumentos para el monitoreo y análisis de los fenómenos y efectos que genera el agua dentro de un proyecto.

El deterioro constante que puede causar la presencia de escorrentía subterránea o subsuperficial en contacto con la estructura funcional del pavimento de la pista activa del aeropuerto Mariscal La Mar, es un peligro potencial que se debe monitorear, para así conocer como éste puede afectar la vida útil del pavimento, además de poder tomar las acciones debidas para evitar cualquier efecto negativo a corto o largo plazo dentro la estructura de la pista y apoyar un plan de mantenimiento.

Este estudio de investigación servirá de apoyo a la Corporación Aeroportuaria de Cuenca (CORPAC), ya que permitiría proponer un plan de monitoreo y el efecto del agua durante las oscilaciones estacionales que originan el incremento de niveles freáticos o de escorrentía, sobre parte del área de movimiento del Aeropuerto Mariscal La Mar, siendo fundamentales para el análisis y monitoreo de estructuras como es el caso del tema de estudio; de esta manera brindar toda la información con objeto de sumar criterios que sean de utilidad.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Correlacionar el nivel piezométrico medido en el Aeropuerto Mariscal La Mar con las precipitaciones ocurridas en los meses secos y húmedos de la ciudad de Cuenca.

### **Objetivos Específicos**

- Ubicar el nivel de aguas freáticas (NAF) o establecer su ausencia.
- Caracterizar el drenaje de aguas lluvias de la plataforma interior del aeropuerto Mariscal La Mar
- Analizar la información pluviométrica de la zona de influencia del aeropuerto.
- Recomendar un plan de monitoreo.

## **CAPITULO I**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **1.1.INTRODUCCIÓN**

El monitoreo de nivel piezométrico dentro de un establecimiento de aviación, como es el aeropuerto Mariscal La Mar de la ciudad de Cuenca, es fundamental para llevar un correcto plan de mantenimiento, drenaje y desalojo de aguas lluvias de la pista activa; en el siguiente capítulo se desarrollará una investigación de teorías que fundamentarán el proyecto con base al planteamiento de la problemática previamente establecida, lo cual permitirá la interpretación de los resultados y formulación de conclusiones.

Los piezómetros son instrumentos utilizados para medir presiones en el agua; al mismo tiempo ayudan al monitoreo de la influencia que tiene el agua infiltrada en la vida útil de una estructura o las características y efectos de un río o laguna en sus alrededores. Existen varios tipos de piezómetros los cuales se escogen dependiendo del objetivo que se quiera cumplir. Entre los tipos de piezómetro más relevantes se encuentra el piezómetro de Casagrande, que es el que se encuentra en el aeropuerto; el cual es especialmente bueno para el monitoreo del nivel piezométrico o nivel freático y las presiones de poros respectivamente.

El nivel freático es un evento que se debe tener presente al momento de comenzar cualquier proyecto ingenieril, debido a los efectos negativos que pueden tener dentro de las estructuras, ya sea en forma de una carga extra, que aporte más de lo que el diseño haya previsto, así como un agente que va deteriorando partes cruciales del suelo debajo de una cimentación o de la estructura y sus componentes.

## 1.2. ESTADO DEL ARTE

Dentro de las carreteras y cualquier otro proyecto que involucre el uso de una estructura de pavimento, es muy importante mantener un buen control de este nivel freático, debido a que la constante proximidad que tiene de formar un nivel de agua dinámico, causa que los componentes de cada capa de la estructura de dicho pavimento vayan perdiendo poco a poco sus componentes iniciales, reduciendo así su vida útil y generando la necesidad de un mantenimiento más frecuente y por lo tanto costoso.

En 2014, se planteó el uso de piezómetros de distintos tipos en las presas de tierra del proyecto Pacalori debido a que estas para cumplir su propósito de retener agua van a estar en constante contacto, por lo cual los piezómetros se utilizaron para mantener un monitoreo estable de la presión de poros existente dentro de las proximidades de las presas así como dentro de ellas. Así relata la tesis de Beltrán y Vintimilla (2014).

Como relata el artículo entregado por Obuobie, Diekkueger, Agyekum y Agodzo (2011) al Journal of African Earth Sciences, se realizó un estudio que pretendía monitorear el nivel del agua subterránea que alimenta la cuenca del río “White volta” y estudiar como este se recarga según los factores que afectan su cuenca hidrológica. Para realizar este monitoreo se utilizaron 20 piezómetros de tubo abierto o “monitoring Wells” ubicados en puntos estratégicos dentro de la cuenca de dicho río, basándose en las mediciones del nivel piezométrico y ayudándose del método utilizado para el objetivo principal del estudio (“Water table fluctuation”). El artículo llega a la conclusión de que el río “White volta” recibe mayoritariamente su caudal de la infiltración de aguas lluvias estudiadas a través de los piezómetros instalados a lo largo de la cuenca y mediante los datos obtenidos pudieron relacionar los incrementos del caudal del río directamente con los meses de lluvias más fuertes y duraderas.

Enfocándose en el área de monitoreo, la investigación realizada por Neri, Escolero, Torres y Riquer (2014) se enfoca en el uso de una red de monitoreo extensa para mantener en constante vigilancia la variación del nivel freático encontrado cerca de las zonas costeras en un acuífero de Veracruz, esta red de monitoreo incluye distintos métodos de medición con objetivos específicos para cada uno, entre estos se encuentran 9 piezómetros de tubo abierto que fueron utilizados al momento de la investigación para obtener mediciones rápidas del estado actual del nivel freático en

cualquier momento que se requiera. Este monitoreo dio como resultado el conocimiento y la ubicación de las zonas más vulnerables a inundaciones por efectos del agua subterránea, así como los meses en los que el agua subterránea tendía a subir de manera mucho más brusca, estimar altura de agua promedio en estos meses críticos.

Perú; Cabrera Trujillo y Sanabria Pérez (2015) en su investigación pretendían establecer una nueva metodología de monitoreo de aguas subterráneas, que permita mejorar el comportamiento ambiental de las zonas de operación de una empresa dedicada a la explotación de materia prima para el sector construcción, en Lima mediante el uso de instrumentación electrónica, entre las que destacan: Limnómetro Eléctrico Portátil, que permite determinar el nivel freático en piezómetros de tubo abierto o Casagrande; para lo cual se tenía 5 unidades de estudio las cuales poseían una red piezométrica constituida entre 5 o 9 estaciones de monitoreo en donde se presentaban instalados piezómetros de profundidades variables, los parámetros de campos medidos para la determinación y monitoreo del nivel freático fueron: Longitud total del piezómetro, longitud de la sonda, longitud de la tubería libre y nivel freático. La obtención de la serie de datos del nivel freático, permitiría conocer las variaciones bruscas de los niveles de agua durante el tiempo de operación; a su vez determinar si existen flujos de agua que alteren el comportamiento del mismo; los resultados obtenidos respecto al nivel freático permitieron establecer aquellas épocas de incremento y disminución de los niveles de agua.

De igual manera el monitoreo de piezómetros es funcional para la evaluación de comportamientos pasados, para la proyección o ajuste de niveles freáticos de acuíferos o pozos sin datos, como es el caso de un pozo de observación ubicado en un área de llanura del centro de la provincia de Santa Fe Argentina. Por medio de la recolección de datos pluviométricos utilizando metodologías que consideren relaciones entre la profundidad del agua subterránea y variables hidrometeorológicas, Fornari (2010) con datos recolectados de 4 pozos encontrados en la zona de análisis, realizó un análisis de la información hidrometeorológica y freaticométrica disponible calculando los valores de precipitaciones mensuales. También se calcularon los valores de profundidades de nivel freático medio mensuales en todos los pozos de monitoreo, obteniendo de los freaticogramas que los niveles freáticos tienen un comportamiento similar en el tiempo, en el área de estudio.

### 1.3.AEROPUERTOS

El transporte aéreo constituye un eje primordial en los métodos de movilización del ser humano; siendo este irremplazable por otro medio de transporte. Dentro del desarrollo de la ingeniería, la construcción y mantenimiento de los establecimientos de un aeropuerto así como su área activa ha sido primordial debido a la gran frecuencia de pasajeros y por ende vuelos que se efectúan, por ello es necesario brindar instalaciones adecuadas que ofrezcan seguridad en ambos lados.

#### 1.3.1. Aeródromo

“Un aeródromo es el área definida de tierra o de agua (que incluye todas sus edificaciones, instalaciones y equipos) destinada total o parcialmente a la llegada, salida y movimiento en superficie de aeronaves” (DGAC, 2018).

#### 1.3.2. Aeropuerto

“Un aeropuerto es un aeródromo civil de servicio público que cuenta con obras e instalaciones adecuadas para la operación de aeronaves de transporte público” (Alejandre Trejo, 1985).

En la ilustración 1.1 se observa una foto satelital del aeropuerto Mariscal La Mar de la ciudad de Cuenca.



*Ilustración 1.1: Aeropuerto Mariscal La Mar de Cuenca*

*fuentes: Google Earth 2021*

#### 1.3.3. Clasificación de aeropuertos

Existen varios tipos de clasificaciones sin embargo las más reconocidas y adaptadas son las de la Administración Federal de Aviación (FAA) y Organización de Aviación Civil Internacional (OACI)

## A. CLASIFICACIÓN SEGÚN LA FAA:

Tabla 1-1: Clasificación de aeropuertos según FAA																																				
<b>i. Plan Nacional de Sistemas de Integración Aeroportuaria (NPIAS):</b>		<b>ii. Aeropuertos de Aviación General (ASSET):</b>																																		
<p><b>1. Aeropuerto Primario:</b> Aeropuertos de servicio comercial, son aquellos que experimentan más de 10 000 embarques anuales de pasajeros. (FAA, 2016)</p> <p><b>2. Aeropuerto No Primario:</b>  <b>a. De Aviación Comercial No Primario:</b> Aeropuertos que experimentan al menos 2500 embarques anuales de pasajeros, pero menos de 10 000. (FAA, 2016)</p> <p><b>b. Utilitario:</b> Aeropuertos que proporcionan alivio al congestionamiento de un aeropuerto primario. (FAA, 2016)</p> <p><b>c. De Aviación General:</b> Aeropuertos que no entran en ninguna clasificación anterior. (FAA, 2016)</p>		<p><b>1. Aeropuerto Nacional:</b> Ubicados en áreas metropolitanas, dan soporte para vuelo a través de la nación y el mundo. (FAA, 2012)</p> <p><b>2. Aeropuerto Regional:</b> También en áreas metropolitanas; vuelos interestatales y algunos de larga distancia. (FAA, 2012)</p> <p><b>3. Aeropuerto Local:</b> Ubicados cerca de población grandes, reciben vuelos de entrenamiento y servicios de emergencia. (FAA, 2012)</p> <p><b>4. Aeropuerto Básico:</b> Conecta a la comunidad con el sistema aéreo nacional. (FAA, 2012)</p>																																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">NOMBRE DE AEROPUERTO</th> <th>% ANUAL DE PASAJEROS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">Aeropuerto Primario (Aviación Comercial)</td> <td>Grande</td> <td>1% - más</td> </tr> <tr> <td>Mediano</td> <td>0.25% - 1%</td> </tr> <tr> <td>Pequeño</td> <td>0.05% - 0.25%</td> </tr> <tr> <td>Muy Pequeño</td> <td>10 000 - 0.05%</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">Aeropuerto No Primario</td> <td>Aviación Comercial</td> <td>2 500 - 10000</td> </tr> <tr> <td>No Primario</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Utilitarios</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Aviación General</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>		NOMBRE DE AEROPUERTO		% ANUAL DE PASAJEROS	Aeropuerto Primario (Aviación Comercial)	Grande	1% - más	Mediano	0.25% - 1%	Pequeño	0.05% - 0.25%	Muy Pequeño	10 000 - 0.05%	Aeropuerto No Primario	Aviación Comercial	2 500 - 10000	No Primario	-	Utilitarios	-		Aviación General	-	<table border="1"> <thead> <tr> <th>NOMBRE DE AEROPUERTO</th> <th>% VUELOS DE AVIACION GENERAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Nacional</td> <td>13%</td> </tr> <tr> <td>Regional</td> <td>37%</td> </tr> <tr> <td>Local</td> <td>38%</td> </tr> <tr> <td>Básico</td> <td>7%</td> </tr> <tr> <td>No Clasificado</td> <td>5%</td> </tr> </tbody> </table>	NOMBRE DE AEROPUERTO	% VUELOS DE AVIACION GENERAL	Nacional	13%	Regional	37%	Local	38%	Básico	7%	No Clasificado	5%
NOMBRE DE AEROPUERTO		% ANUAL DE PASAJEROS																																		
Aeropuerto Primario (Aviación Comercial)	Grande	1% - más																																		
	Mediano	0.25% - 1%																																		
	Pequeño	0.05% - 0.25%																																		
	Muy Pequeño	10 000 - 0.05%																																		
Aeropuerto No Primario	Aviación Comercial	2 500 - 10000																																		
	No Primario	-																																		
	Utilitarios	-																																		
	Aviación General	-																																		
NOMBRE DE AEROPUERTO	% VUELOS DE AVIACION GENERAL																																			
Nacional	13%																																			
Regional	37%																																			
Local	38%																																			
Básico	7%																																			
No Clasificado	5%																																			
Fuente: Elaboración propia 2021																																				

## B. CLASIFICACION SEGÚN LA OACI

La OACI utiliza números y letras para la categorización de aeródromos. Como cita Herrera y Panta (2018) de OACI (2016):

Este método consiste en dos elementos que se relacionan con las características y dimensiones de los aviones (Ilustración 1.2). El elemento 1 es un número basado en la longitud del campo de referencia del avión y el elemento 2 es una letra basada en la envergadura del avión y en la anchura total del tren de aterrizaje principal (Herrera Candelario & Panta Failoc , 2018, pág. 38).

ELEMENTO 1 DE LA CLAVE			ELEMENTO 2 DE LA CLAVE	
Nº	Longitud de campo de referencia del avión	Letra	Envergadura	Anchura ext. entre ruedas del tren aterrizaje principal
1	Menos de 800 m	A	Hasta 15 m	Hasta 4.5 m
2	Desde 800 m hasta 1200 m	B	Desde 15 m hasta 24 m	Desde 4.5 m hasta 6 m
3	Desde 1200 m hasta 1800 m	C	Desde 24 m hasta 36 m	Desde 6 m hasta 9 m
4	Desde 1800 m en adelante	D	Desde 36 m hasta 52 m	Desde 9 m hasta 14 m
		E	Desde 52 m hasta 65 m	Desde 9 m hasta 14 m
		F	Desde 65 m hasta 80 m	Desde 14 m hasta 16 m

Ilustración 1.2: Clave de Referencia para Aeródromos

Fuente: (Herrera Candelario & Panta Failoc , 2018)

### 1.3.4. Partes de un aeropuerto

En un aeródromo, desde el punto de vista de las operaciones aeroportuarias, se pueden distinguir dos partes: LADO AIRE Y LADO TIERRA. (ver Ilustración 1.3)

<b>A E R O P U E R T O</b>	Lado tierra	Área Terminal	Terminal de pasajeros
			Terminal de carga
	Lado aire	Urbanización	Otros edificios
		Área de movimiento	Vías de acceso
		Área de maniobras	Aparcamiento
			Área de aterrizaje
			Calles de rodaje
			Plataformas

Ilustración 1.3: Configuración de un Aeropuerto

Fuente: (Herrera Candelario & Panta Failoc , 2018, pág. 40)

**A. Lado tierra:**

i. Área de Movimiento:

“Parte del aeródromo que ha de utilizarse para el despegue, aterrizaje y rodaje de aeronaves, integrada por el área de maniobras y las plataformas” (DGAC, 2018). ( ver Ilustración 1.4)

L A D O	Área de movimiento	Área de maniobras	Pistas Calles de rodaje Apartaderos de espera Plataforma
	A I R E	Otras zonas	Camino perimetral, vías de acceso a instalaciones, y vías de acceso al Área de Maniobras
			Áreas no pavimentadas

Ilustración 1.4: Lado Aire de un Aeropuerto  
Fuente: (Herrera Candelario & Panta Failoc , 2018)

ii. Área de maniobras:

“Parte del aeródromo utilizada para el despegue, aterrizaje y rodaje de aeronaves, excluyendo las plataformas” (DGAC, 2018). Como se observa en la ilustración 1.5.



Ilustración 1.5: Área de Movimiento de un Aeropuerto  
Fuente: (Herrera Candelario & Panta Failoc , 2018)

iii. Calle de rodaje (TWY):

Vía definida en un aeródromo terrestre, establecida para el rodaje de aeronaves y destinada a proporcionar enlace entre una y otra parte del aeródromo, incluyendo:

- Calle de acceso al puesto de estacionamiento de aeronave. La parte de una plataforma designada como calle de rodaje y destinada a proporcionar acceso a los puestos de estacionamiento de aeronaves solamente.
- Calle de rodaje en la plataforma. La parte de un sistema de calles de rodaje situada en una plataforma y destinada a proporcionar una vía para el rodaje a través de la plataforma.
- Calle de salida rápida. Calle de rodaje que se une a una pista en un ángulo agudo y está proyectada de modo que permita a los aviones que aterrizan virar a velocidades mayores que las que se logran en otra calle de rodaje de salida y logrando así que la pista esté ocupada el mínimo tiempo posible (DGAC, 2018, págs. 5-6).

iv. Área de aterrizaje:

“Parte del área de movimiento destinada al aterrizaje o despegue de aeronaves” (Herrera Candelario & Panta Failoc , 2018).

v. Plataforma (APN).

Área definida, en un aeródromo terrestre, destinada a dar cabida a las aeronaves para los fines de embarque o desembarque de pasajeros, correo o carga, abastecimiento de combustible, estacionamiento o mantenimiento (DGAC, 2018).

vi. Otras Zonas:

Hace referencia a zonas destinadas al tránsito del personal dentro del área de movimiento. Estas pueden ser: camino o vía perimetral, vías de acceso al área a instalaciones y vías de acceso al área de maniobras.

## 1.4. PIEZÓMETROS

Son instrumentos comúnmente utilizados para medir la presión del agua y el nivel de la superficie freática causadas por la infiltración del agua a través de porciones relativamente permeables en perforaciones, terraplenes, presas, cuencas, etc.; además

de monitorear agua subterránea. Los piezómetros pueden ser diseñados para operar como sistemas abiertos o cerrados. Existen varios tipos como Casagrande, neumáticos, eléctricos, cuerda vibrante etc.

Los piezómetros presentan varias aplicaciones, entre las que se menciona:

- Monitoreo del nivel freático;
- Monitorear la presión del agua;
- Monitoreo de sistemas de drenaje;
- Monitoreo de la calidad del agua subterránea.

El monitoreo del nivel freático es de mucha importancia, ya que el aumento excesivo de la presión hidrostática o carga hidráulica puede ser muy riesgoso ya que dicho parámetro esté ligado con la resistencia del suelo y velocidad de asentamientos por consolidación, por lo que el uso de este tipo de instrumentación es indispensable para conocer dichas variaciones de nivel que alteren las zonas de trabajo.

El monitoreo de niveles freáticos toma mucha importancia, en especial por el efecto de la presión de poros ya que el valor de este factor es necesario para la construcción de cualquier tipo de estructura; de ahí la necesidad de observar su comportamiento, con mucha atención durante la etapa constructiva de una estructura, y proseguir su monitoreo en un lapso posterior para registrar cualquier cambio suscitado (Beltrám Tenorio & Vintimilla Sánchez, 2014).

En resumen, los piezómetros de tubo abierto o de tipo “Casagrande”, se emplean para detectar, medir y monitorear el nivel freático, y mediante cálculos adicionales medir la presión de poros, específicamente a la profundidad de instalación de la punta de medición, siendo necesario en las etapas constructivas, para conocer los puntos críticos de medición y adquirir datos que se pueden ser de utilidad (Beltrám Tenorio & Vintimilla Sánchez, 2014).

Al igual que todos los instrumentos de ingeniería, los piezómetros, con el avance tecnológico también han tenido mejoras, desarrollándose para cada necesidad diferentes tipos de piezómetro, entre los cuales se tienen:

- Piezómetro abierto;
- Piezómetro hidráulico;
- Piezómetro neumático;
- Piezómetro de cuerda vibrante;

#### **1.4.1. Tipos de Piezómetros**

Existen varios tipos de piezómetros que pueden ser utilizados durante varios años, siempre dependiendo del tipo de monitoreo que se requiera realizar. La tecnología ha mostrado su influencia en los piezómetros de una manera importante su desarrollo y forma de recolección de datos. El factor económico es, algunas veces determinante en la selección de piezómetro a usar, además de la función que se le va a otorgar. Los piezómetros principalmente se pueden clasificar en Abiertos, como el de “Casagrande” y del tipo cerrados como el hidráulico y el eléctrico (Cabrera Trujillo & Sanabria Pérez, 2015).

#### **1.4.2. Piezómetro abierto**

“Los piezómetros de Casagrande pueden usarse para la medición del nivel freático respecto a la superficie del terreno, presión de agua en terraplenes, fundaciones, presas, o en lugares seleccionados” (Cabrera Trujillo & Sanabria Pérez, 2015).

Este piezómetro está conformado por los siguientes elementos: un filtro de arena dentro del cual se coloca una celda permeable o bulbo, un tubo vertical, un sello de bentonita que se coloca arriba del filtro de arena y envuelve al tubo vertical. ( ver Ilustración 1.6)

Novak (2001), habla de un piezómetro abierto formado por un tubo plástico o de metal, con una piedra porosa en su base; este piezómetro se basa en el contacto del limnómetro eléctrico, con el agua para registrar el nivel freático respecto a la superficie del terreno, además se menciona que es apropiado en lugares donde la superficie freática es sensiblemente estática.

La gran ventaja de este instrumento es su bajo costo de instalación, su adaptabilidad, requiere poco mantenimiento y sus datos se pueden obtener prácticamente con cálculo

matemático básico. Respecto a las desventajas se puede decir, que las perforaciones son costosas, el tiempo de lectura es relativamente largo y durante la construcción puede ser golpeado e interferir con equipos y/o maquinarias. El tubo utilizado debe tener un diámetro recomendado de 12 mm para que las burbujas de aire puedan subir libremente sin tener obstrucciones (Cabrera Trujillo & Sanabria Pérez, 2015).

El tubo debe instalarse lo más verticalmente posible y así evitar cualquier inconveniente o desperfecto. Una de sus limitaciones es que no se pueden usar en ciertas zonas donde tengan grandes deformaciones; también, se necesita un equipo eléctrico para medir el nivel del agua dentro del tubo vertical (sonda eléctrica o limnómetro eléctrico).

Como indica Cabrera & Sanabria (2015), su funcionamiento es de la siguiente manera:

1. El filtro de arena permite que se cree un sistema de vasos comunicantes entre el agua del subsuelo y el tubo vertical, de esta forma el agua tiende a subir por el tubo vertical hasta alcanzar un nivel de equilibrio. Si este nivel de equilibrio coincide con el nivel de agua freática existente en el lugar, se tienen condiciones hidrostáticas por lo menos hasta la profundidad en que se colocó la celda permeable. El filtro de arena evita que las partículas sólidas finas del suelo emigren hacia la celda del piezómetro y lo tapen.
2. El sello de bentonita logra que el agua que se introduce al piezómetro sea de una profundidad o estrato específico y no se tengan aportaciones de agua de estratos superiores haciendo que el nivel de agua dentro del piezómetro sea precisamente el de dichos estratos.
3. Para medir el nivel de agua dentro del tubo vertical del piezómetro, se debe emplear una sonda eléctrica, que en términos generales es un circuito eléctrico abierto mediante la separación de las puntas de un cable eléctrico, el cual al introducirse en el tubo vertical y descenderlo hace contacto en el agua cerrando el circuito; en la superficie esto se ve porque se produce un cambio de voltaje que prende una luz o activa una chicharra.

Desde su creación y hasta la fecha, este tipo de piezómetro se sigue utilizando porque ha demostrado dar resultados confiables si se construyen e instalan correctamente. Siendo el punto crítico de la construcción el sello de bentonita, sobre todo cuando se

tiene que colocar a profundidades considerables (Beltrám Tenorio & Vintimilla Sánchez, 2014)

En la actualidad, existen distintos tipos de piezómetros abiertos, en los que se ha sustituido el filtro de arena por un geosintético llamado geotextil colocado alrededor de toda la superficie del bulbo.

El tiempo de respuesta, es el tiempo necesario para que el nivel del agua dentro del tubo vertical alcance el equilibrio dependerá de las propiedades permeables del suelo en donde se coloque la celda permeable. Por dicha razón, se recomienda que la celda permeable se construya en estratos de arena o de alta permeabilidad.

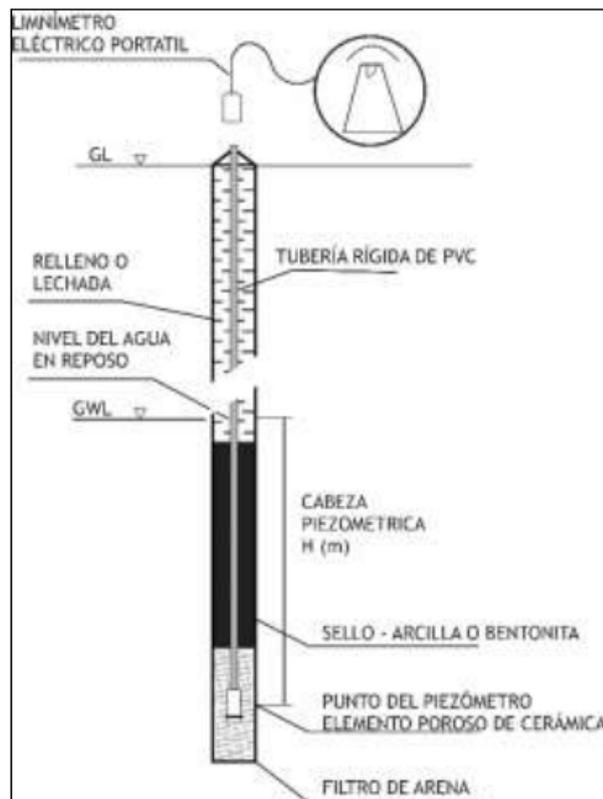


Ilustración 1.6: Piezómetro de Casagrande (Piezómetro Abierto)

Fuente: Novak – Estructuras Hidráulicas 2001.

Los procedimientos para la instalación de los piezómetros abiertos están en función de las condiciones de los materiales que se atraviesan y las que establecen el proyecto. Para instalar un piezómetro es necesario localizar topográficamente la posición del brocal del tubo, así como su elevación con respecto a un banco de nivel.

El piezómetro abierto funciona con el principio de los vasos comunicantes. Una celda o bulbo poroso capta el agua del interior del suelo en el punto de interés y la presión

que actúa en ese punto la eleva a través de un ducto recto hasta una posición (columna de agua) que equilibra la presión en el bulbo piezométrico; la altura de la columna desde la elevación del bulbo piezométrico hasta el nivel del agua en la tubería, es la medida de la presión de poro en ese punto, (Beltrám Tenorio & Vintimilla Sánchez, 2014)

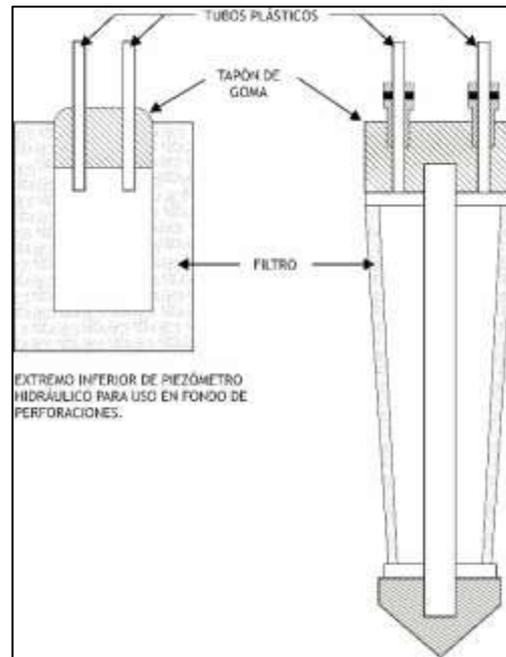
La variación de las presiones de poro se obtiene con la medición de las distancias de la superficie libre del agua en el ducto, respecto al nivel de elevación del brocal del tubo de PVC del piezómetro; con esta distancia y el nivel de elevación del bulbo piezométrico, se obtiene la longitud de la columna de agua que interesa (Cabrera Trujillo & Sanabria Pérez, 2015).

La forma de tomar y anotar los datos se lo debe realizar de manera ordenada y periódica. Además, siempre se debe usar el mismo formato para evitar equivocaciones en la manipulación de los mismos.

#### **1.4.2.1. Piezómetros Hidráulicos**

Estos piezómetros que sirven para medir la presión de poros y a su vez el nivel de las aguas subterráneas, es más efectivo que los de tubo abierto a pesar que tienen algunas similitudes. La presión del agua se detecta por la parte inferior donde se encuentra la punta porosa y de ahí el agua es conducida hacia la zona de lectura. La variación se puede registrar con un manómetro de mercurio (Beltrám Tenorio & Vintimilla Sánchez, 2014).

Los más utilizados son los de tubos gemelos, los cuales están interconectados y permitiendo el paso del agua. La zona de medición o lectura tiene unos tubos de PVC de diámetro pequeño llenos de líquido (aceite o agua). (ver Ilustración 1.7)



*Ilustración 1.7: Esquema Piezómetro Hidráulico (Piezómetro Cerrado).*

*Fuente: Novak – Estructuras Hidráulicas, 2001.*

#### **1.4.2.2. Piezómetros Neumáticos**

Estos piezómetros son usados para medir el nivel freático y la presión de poros que se presenta en las masas del suelo; consiste en una punta porosa conectada a una cámara de equilibrio que contiene una válvula o diafragma sensitivo que abre o cierra la conexión entre los dos tubos que alcanzan la superficie donde se realiza las mediciones ( ver Ilustración 1.8). Este diafragma es accionado por fluidos que pueden ser gas, agua u otros (Cabrera Trujillo & Sanabria Pérez, 2015).

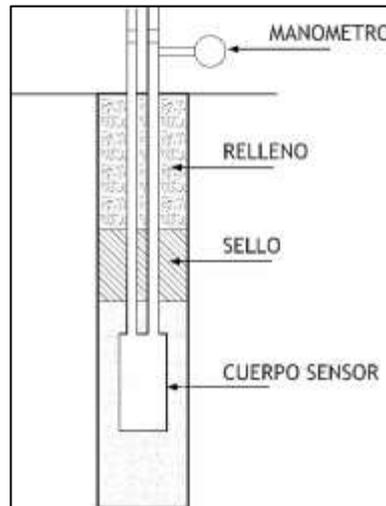
Para su funcionamiento es necesario transmitir una presión a la cámara de equilibrio, provocando que el diafragma se separe y comunique los dos conductos de forma regular. Se puede decir que la presión se ha igualado en la cámara, por lo tanto la presión de poro es la que se representa en el manómetro (Cabrera Trujillo & Sanabria Pérez, 2015).

Sus principales ventajas son:

- simple en su uso,
- no depende de electricidad,
- son sensibles y prácticamente no necesitan mantenimiento,

- ofrecen una respuesta rápida y quedan menos afectados por los posibles movimientos del terreno.

Como desventajas, su costo mayor, los datos deben ser tratados cuidadosamente para que tengan validez, en suelos de alta plasticidad puede dar lecturas erradas y el nivel de precisión no es bueno cuando las presiones existentes en la zona de sondeo son bajas.



*Ilustración 1.8: Piezómetro neumático*

*Fuente: (Cabrera Trujillo & Sanabria Pérez, 2015)*

### **1.4.3. Instalación de Piezómetros**

El equipo utilizado para perforar debe garantizar la verticalidad durante el proceso con los diámetros especificados en el proyecto. Cuando la perforación provoque caídas de material durante las operaciones de instalación, se deberá usar ademe o encamisado metálico recuperable; se debe evitar utilizar lodos de bentonita como estabilizadores de las paredes de la perforación.

La perforación debe llegar hasta una profundidad de 50 cm, por debajo de la profundidad de localización del centro de la punta porosa, según lo que indique el proyecto. Previo al descenso del bulbo, se vierte arena gruesa a media, limpia, bien graduada, en un espesor de 30 cm sobre el fondo de la perforación; en tanto, el piezómetro se envuelve en arena gruesa a fina, sostenida por una malla de geotextil filtrante. Para el descenso se acoplan los tramos de tubería de PVC, cuidando su limpieza interna.

Al momento de bajar el bulbo (cilindro poroso) piezométrico a su posición, se debe tener cuidado con los tramos de tubería acoplados para que no se fracturen durante la manipulación; el bulbo piezométrico debe asentarse sobre el relleno de arena, previamente vertido; una vez asentado, se vierte otra vez arena hasta alcanzar un espesor total de 1 m desde el fondo del barreno. En el caso de ademe metálico, se extrae nuevamente 50 cm para permitir que la arena descienda por completo.

La zona piezométrica se sella al colocar sobre el empaque de arena, esferas de bentonita que se colocan en capas hasta alcanzar un espesor de 50 cm. Sobre este sello, se rellena el barreno con mortero arena-cemento-bentonita hasta 3 m de espesor, en proporciones de una parte de cemento por dos de arena en volumen y la bentonita al 3.0 % en peso del cemento. En este proceso, después de colocar 50 cm de mortero se extrae el ademe otros 50 cm, para repetir el llenado de mortero hasta alcanzar el espesor señalado. Se continúa con el relleno de la perforación hasta llegar a una altura de 50 cm por debajo de la superficie libre del terreno. El tramo final de la tubería hacia la superficie se adapta para protegerse con un cajón de concreto armado con tapa metálica galvanizada y portacandado.

En las 10 unidades de operación en estudio, se instalaron piezómetros abiertos o de tipo Casagrande, el método de instalación para cada una de ellas siguió el mismo proceso constructivo.

#### **1.4.4. Mantenimiento de Piezómetros**

##### **1.4.4.1. Objetivos del mantenimiento de piezómetros**

El objetivo principal luego de la instalación de los piezómetros, es hacer una limpieza y lavado de los tubos piezométricos, drenando el agua con ayuda de una compresora de aire, para permitir la recirculación del agua captada (Cabrera Trujillo & Sanabria Pérez, 2015).

Este proceso se debe efectuar para así poder realizar los trabajos de monitoreo periódico de la variación del nivel freático, así como poder tomar muestras de las aguas subterráneas que se encuentran dentro de la influencia de cada unidad de operación.

## **1.5. NIVEL FREÁTICO**

El nivel freático es la altura donde el suelo se encuentra saturado; es irregular es decir suele variar elevándose y reduciéndose desde el nivel superior al nivel fijo inferior en función a las precipitaciones. Como Cabrera y Sanabria mencionan, el nivel freático es:

El nivel superior de la superficie freática cuando un punto es liberado a la presión atmosférica. Este nivel puede encontrarse a diferentes profundidades, y se encuentran en función de las condiciones geológicas y meteorológicas, desde sólo unos centímetros hasta decenas de metros por debajo de la superficie (Cabrera Trujillo & Sanabria Pérez, 2015, pág. 60).

El agua que se encuentra por debajo del nivel freático se denomina agua subterránea.

Además se habla de la napa freática que: “Es el nivel de equilibrio donde la presión hidrostática en el agua iguala a la presión atmosférica” (Villón Béjar, 2002).

Es el límite superior de la zona de saturación, es un elemento muy significativo del sistema de aguas subterráneas. El nivel freático es importante para varios estudios, sin embargo este ayuda a predecir y explicar los cambios de flujo de las corrientes, justificando las fluctuaciones de los niveles de agua.

## **1.6. AGUA SUBTERRÁNEA**

Es aquella situada bajo el nivel freático, donde los poros y fisuras del terreno se encuentran saturados completamente. Esta agua fluye a la superficie de forma natural a través de manantiales, áreas de rezume, cauces fluviales, etc.

“Las aguas subterráneas son las que ocupan todos los vacíos dentro del estrato geológico, comprende toda el agua que se encuentra por debajo del nivel freático.” (Villón Béjar, 2002)

Estas aguas, son muy importantes, especialmente en los lugares seco, donde el escurrimiento se reduce mucho en algunas épocas del año. (Villón Béjar, 2002)

Las aguas subterráneas en general provienen de:

- Infiltración directa: Cae al terreno de lluvias o nieves.

- Infiltración Indirecta: De ríos y lagos.

### 1.6.1. Distribución vertical de las aguas subterráneas:

El estrato superior, por encima de la napa freática, en donde los poros y las fracturas están parcialmente ocupadas de agua, se denomina “zona de aeración” y el que se encuentra por debajo y están completamente llenas de agua y se la conoce como “zona de saturación”. (UNATSABAR, 2002)

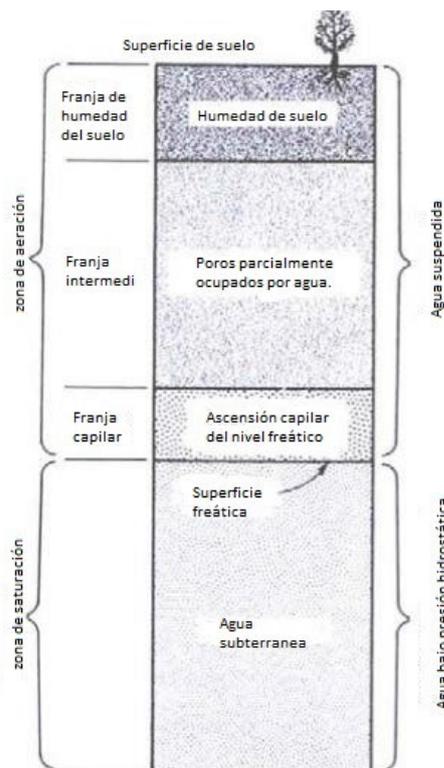


Ilustración 1.9: Distribución vertical del agua

Fuente: (UNATSABAR, 2002)

Por encima de la capa freática el contenido de agua en el suelo, generalmente decrece con el incremento de altura, al agua de esta zona no saturada se le llama “Humedad del Suelo”, mientras que por debajo se mantendrá con los poros llenos de agua, y al agua de esta zona saturada se le llama “agua subterránea”. (Villón Béjar, 2002)

Una cierta región por encima de la capa freática (superficie freática), por acción capilar se mantendrá frecuentemente con los poros llenos de agua, la cual es llamada como “orla o franja capilar”. (Villón Béjar, 2002)

**Zona de aeración:**

Esta zona presenta intersticios en donde los macroporos contienen aire y los microporos agua adherida por capilaridad. Luego de una lluvia intensa, esta zona puede saturarse o en su defecto, luego de una prolongada sequía, puede llegar a secarse por completo. Cuando llueve con posterioridad a un período de sequía, las primeras aguas que caen en la superficie del terreno son retenidas por capilaridad para remplazar a la extraída por las plantas y a la evaporada durante el período de sequía anterior a la lluvia. Después de llenados los poros, el resto del agua de lluvia percolará por gravedad hacia la zona de saturación. (UNATSABAR, 2002)

La zona de aeración se divide en tres franjas: húmeda; intermedia; y capilar. Estas franjas varían en profundidad y sus límites no pueden ser definidos a partir de las diferencias físicas de los materiales geológicos, sino del contenido de agua referida. (UNATSABAR, 2002)

**Zona de saturación:**

Esta zona está representada por el espacio que ocupa permanentemente el agua. El nivel de agua en la zona de saturación tiende a permanecer plana, aunque puntualmente puede presentar inflexiones debidas a la extracción del agua por bombeo, a la recarga artificial, o al drenaje desde o hacia los ríos, etc., llegando en algunos lugares a estar el nivel de agua por encima de la superficie terrestre, tal como sucede en ocasiones con lagos y ríos conectados directamente al acuífero (Herrera Candelario & Panta Failoc , 2018).

Cuando el nivel del agua tiene una posición bastante bien definida en un punto determinado se le define como nivel estático. El agua contenida en la zona de saturación es la única que puede ser denominada con propiedad como agua subterránea. La zona de saturación podría asimilarse como un gran embalse natural cuya capacidad total es equivalente al volumen de los poros y aberturas que se encuentran llenos de agua. El espesor de la zona de saturación es muy variable y está definido por la geología local, el tamaño de los poros o intersticios, la recarga y la velocidad de desplazamiento del agua desde la zona de recarga hasta la zona de descarga (Herrera Candelario & Panta Failoc , 2018).

### 1.6.2. Fuerzas que actúan sobre agua subterránea:

Cuando de agua subterránea se habla, las fuerzas que actúan sobre esta para influir en su movimiento y comportamiento a través de la tierra difiere un poco de las que actuarían en el agua superficial, se puede decir que pueden ocurrir los siguientes casos: el agua como vapor que se mueve de regiones de alta presión a una presión más baja, el agua condensada que es absorbida por el suelo seco, como agua bajo los efectos de la fuerza molecular de la adhesión y como agua que no está sometida a fuerzas que la atraen a la superficie sino solo la fuerza gravitacional. ( ver Ilustración 1.10)

Se puede tomar a la fuerza que el agua subterránea se desplace a través de los vacíos interconectados del suelo como una ecuación en términos de la cabeza hidráulica:

$$h = z + \frac{p}{\rho g} + \frac{v^2}{2g}$$

Ecuación 1-1: Cabeza Hidráulica

Donde:

h = Cabeza hidráulica

z = elevación sobre el “datum”

p = presión del fluido con densidad constante

g = aceleración de la gravedad

v = velocidad del fluido.

Sin embargo, como en el agua subterránea la velocidad de desplazamiento suele ser muy baja se considera que el segundo término es despreciable.

En cambio, ya que, la presión del fluido se define como:

$$h_p = \frac{p}{\rho g}$$

Ecuación 1-2: Presión de fluido

La ecuación queda expresada de la siguiente manera:

$$h = z + h_p$$

Ecuación 1-3: Cabeza Hidráulica

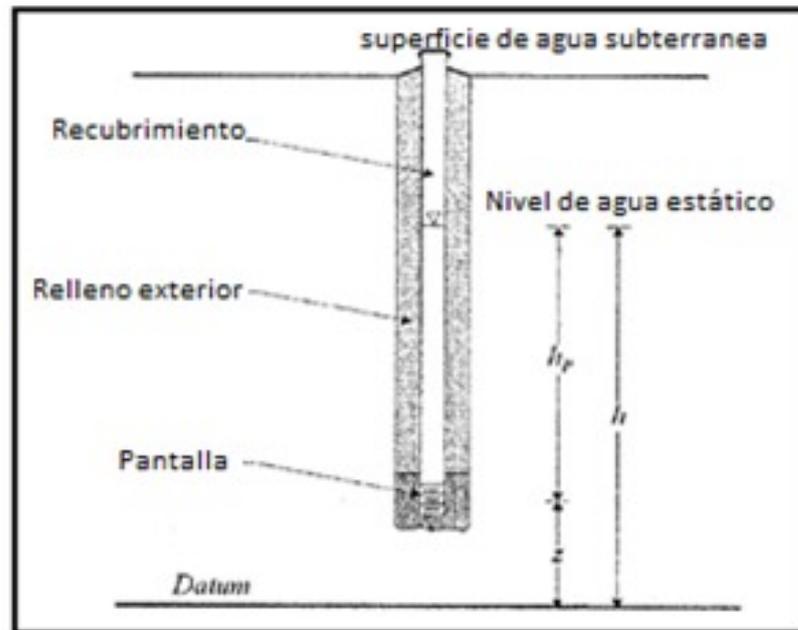


Ilustración 1.10: Relación entre cabeza hidráulica, presión de cabeza y altura dentro de un pozo

Fuente: (Gilbert Gedeon, 1999)

### Superficie freática:

Como relata Gedeón (1999), la superficie freática está localizada en el nivel en el cual al penetrar el suelo con una instalación de un pozo de monitoreo se registra justo un nivel en el que se encuentra agua estática. Así la cabeza hidráulica en la superficie freática es igual a la carga de elevación, y la presión de agua de poros es igual a la presión atmosférica. Así también se puede definir que la superficie freática dentro de un cuerpo de agua subterránea se encuentra donde la presión es igual a la atmosférica. Y es medida así mismo por el nivel donde se mide el agua en pozos de monitoreo que llegan a una profundidad donde se encontró agua estática (Gilbert Gedeon, 1999).

Así mismo el nivel piezométrico se aproxima al nivel al que el agua se elevará en un pozo de monitoreo que este sellado y aislado, en pozos que penetren en los acuíferos a profundidades grandes, el nivel piezométrico puede estar arriba o abajo del nivel de la superficie freática. En acuíferos aislados la altura piezométrica puede marcar un

nivel mayor al de la superficie del acuífero, en cambio en acuíferos no confinados la altura piezométrica usualmente es igual a la superficie freática.

Formaciones acuíferas:

Un acuífero es una unidad geológica que puede retener y transmitir agua generalmente son clasificados de la siguiente forma:

- Acuíferos no confinados:

Estos acuíferos están generalmente cerca de la superficie y tienen una superficie freática que varía con la carga y descarga del acuífero por medio de la infiltración o del bombeo del agua del acuífero.

- Acuíferos confinados:

Los acuíferos confinados están generalmente formados en medio de dos capas de material de baja permeabilidad, un acuífero confinado se encuentra generalmente bajo presión, lo que hace que el nivel medido en pozos de monitoreo instalados en uno de estos se eleve más alto que la superficie freática y dependiendo de las condiciones del acuífero incluso más alto que el nivel del suelo superficial. La recarga o descarga de estos acuíferos se da generalmente por zonas donde la permeabilidad es diferente y permite el paso de agua.

- Acuíferos semi confinados:

Estos ocurren cuando un estrato que retiene agua es confinado por arriba o por debajo por una capa semipermeable. Cuando el agua se bombea de un acuífero de este tipo, el nivel se mueve tanto horizontal como verticalmente.

## **1.7. AGUA SUBSUPERFICIAL**

“Es el agua de precipitación que, habiéndose infiltrado en el suelo, se mueve sub horizontalmente por los horizontes superiores para reaparecer súbitamente al aire libre como manantial e incorporarse a microsurcos superficiales que la conducirán a la red de drenaje.” (s/n; Hidrología 1; pág. 65)

Interacción entre el agua superficial y la subsuperficial.

Los sistemas de agua superficial y subsuperficial están en constante y continua interacción dinámica, la cual se puede dar de varias maneras, el flujo del agua en la superficie y en las zonas no saturadas y saturadas es guiado por gradientes de alto a bajo potencial.

El agua superficial es la que mayoritariamente se encuentra momentáneamente debido a lluvias o de manera más constante en ríos o lagos, el flujo de escorrentía superficial ocurre cuando la acumulación de agua por precipitación excede la capacidad de infiltración del estrato de la sub superficie y la tasa de evapotranspiración.

### **Infiltración**

El proceso de infiltración por el cual el agua superficial se dirige a la subsuperficial fluye a través de una capa no saturada la cual influye en el flujo del agua debido a las características del suelo de esta capa se tendrá un mayor o menor potencial, en este potencial influyen factores como la conductividad hidráulica y el contenido de humedad dentro de la capa, los mismos que pueden cambiar con el paso del tiempo.

La gravedad y la humedad actúan para atraer el agua de la superficie a la zona no saturada, de manera que el potencial gravitatorio está dado por la elevación y el potencial húmedo está dado por la presión negativa dada por la atracción del suelo y sus poros al agua.

La infiltración y el flujo en la zona no saturada son controlados por este potencial húmedo así como por la conductividad hidráulica, así cualquier cambio en la tasa de infiltración requiere un cambio en el contenido de humedad. El potencial húmedo decrece con la infiltración acumulativa y mientras este se acerca a cero la tasa de infiltración decrece a una tasa equivalente a una conductividad hidráulica saturada y vertical.

La humedad infiltrada por eventos de lluvia tiende a moverse como una oleada descendiente de suelo saturado la cual eventualmente alcanza la superficie freática y las condiciones de humedad en el suelo se estabilizan y vuelven a su estado anterior a las lluvias. (Gilbert Gedeon, 1999).

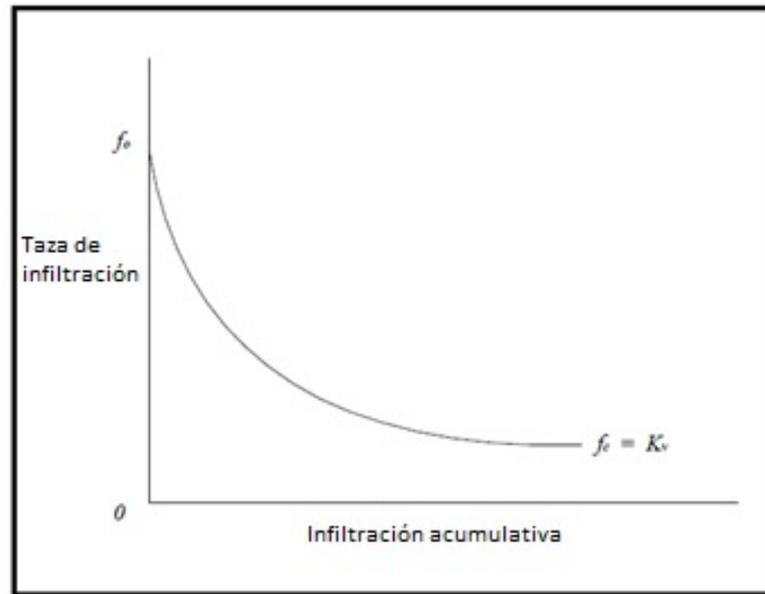


Ilustración 1.11 curva de capacidad de infiltración

Fuente: (Gilbert Gedeon, 1999)

Otros factores que afectan la tasa de infiltración tienen que ver con la composición química del agua, del suelo y de características como la cantidad de vegetación presente ( que influye en tazas de infiltración altas), presencia de material orgánico, etc.

## 1.8.PRESIÓN DE AGUA

Dentro de los datos que se puede levantar en un piezómetro se encuentra la presión de agua. Dado que la presión, según su definición, es la fuerza normal ejercida sobre una superficie. Según I. Martín, R. Salcedo, R. Font (2011):

- a) Presión estática: Es la presión ejercida por el fluido sobre un plano paralelo a la dirección de la corriente, debido a los choques de las moléculas como consecuencia de un movimiento aleatorio.
- b) Presión de impacto o de choque o de estancamiento: Es la presión ejercida por el fluido sobre un plano perpendicular a la dirección de la corriente, debido a los choques de las moléculas por el movimiento aleatorio y el movimiento del fluido ( $p + \frac{1}{2}\rho v^2$ , siendo  $\rho$  la densidad del fluido y  $v$  el módulo de la velocidad puntual del fluido).
- c) Presión cinética, dinámica o de velocidad: Es la diferencia entre las presiones de impacto y estática ( $\frac{1}{2}\rho v^2$ ), que será nula en el caso de

fluidos en reposo (Martin, Salcedo, & Font, 2011, págs. 4-5).

La presión de poros, es una la presión que un fluido ejerce en los espacios porosos de la roca; está clasificada por dos categorías:

- Presión normal: es la presión hidrostática de una columna de fluido de la formación que se extiende desde la superficie hasta una profundidad dada.
- Presión anormal: es definida como la presión mayor o menor a la presión de poros hidrostática, las causas de estas presiones anormales están relacionadas a diferentes eventos geológicos, geoquímicos, geotérmicos y mecánicos (Panez, 2010).

La presión hidrostática, según Ferlt (1976), “es usualmente definido como la presión del fluido ejercida por un líquido y a un punto dado este actúa con igual intensidad en todas las direcciones.”

La presión hidrostática es considerada la presión normal, esto quiere decir que el fluido presente en los poros de la roca ha tenido un proceso normal de disipación.

## **1.9.PRECIPITACIÓN**

### **1.9.1. Proyección de precipitaciones**

Dentro del análisis de precipitación existe la proyección de lluvias con el fin de conocer el comportamiento que podría tener en un futuro, estas son simulaciones técnicas de la evolución del clima o precipitaciones durante un periodo de tiempo en función a datos previos; generalmente obtenida a partir de modelos matemáticos.

Las lluvias, por su acción directa, influyen en la elevación del nivel freático, en la resistencia, en la compresibilidad y especialmente en los cambios volumétricos de los suelos de la subrasante. Es por eso que al evaluar los niveles freáticos y el efecto en un pavimento se debe recurrir a registros históricos de estos factores en la zona donde será ubicado el proyecto, para tomar las precauciones respectivas. Estos registros deben precisar información sobre la cantidad precipitada con mayor intensidad y la frecuencia de las lluvias, con el fin de poder realizar las proyecciones y predecir un comportamiento en función a lo recolectado.

### **1.9.2. Precipitación media**

En un proyecto, la precipitación que se registra dentro de una cuenca delimitada o área de estudio, puede diferir en distintos puntos de su extensión total; debido a esto, es necesario conocer la precipitación media para un análisis con datos más precisos.

Para la estimación de la precipitación media es preciso obtener valores puntuales, es decir, valores registrados por una red de pluviómetros. Existen varios métodos relacionados con los registros puntuales obtenidos de varias estaciones pluviométricas en la cuenca, en sus límites o cercanas. Se mencionan 4 métodos: el método del promedio aritmético, el método del polígono de Thiessen, el método de distancias inversas y el método de isoyetas. La elección del método dependerá particularmente de la cantidad de datos que se disponga de la densidad de la red de estaciones y las características de la cuenca.

### **1.9.3. Análisis de calidad de datos**

La información registrada por las estaciones pluviométricas ubicadas dentro de la cuenca o en sus alrededores, puede presentar errores debido a fallos en el sistema, alteraciones, etc. que generan falta de datos, datos atípicos o inconsistentes; así también al momento de tabular la información, por su extensión; se pueden dar otros errores comunes: de observación, de transcripción y de cálculo, etc. Para determinar la inconsistencia de los datos, existen varios métodos entre ellos el análisis de doble masa.

El análisis de doble masa se utiliza cuando se requiere comprobar si los registros anuales o estacionales de una estación pluviométrica, han sufrido variaciones que generen errores. Considera que en una zona homogénea, los valores de precipitación dentro de una cuenca o cercanos, mantienen una relación de proporcionalidad que puede representarse gráficamente, a través de este generar un coeficiente de corrección si fuera el caso.

## **1.10. MONITOREO**

El monitoreo es un proceso sistemático de recolectar, analizar y utilizar información con la finalidad de mantener un seguimiento a un proceso.

Como especifica Frankel y Gage (2009) :

El monitoreo...implica la recolección de datos rutinarios para medir los avances hacia el cumplimiento de los objetivos del programa. Se utiliza para llevar un registro del desempeño de los programas a lo largo del tiempo, su propósito es ayudar a los interesados a tomar decisiones informadas respecto a la eficacia de los programas y el uso eficiente de los recursos.

Una vez establecido, el monitoreo ahorra tiempo y trabajo, facilitando el control, obtención de información y preparación de reportes, permite al proyecto hacer objeto de una gestión más sistemática y manejable.

El monitoreo del nivel freático y presión de poros es muy importante, ya que el aumento excesivo de la presión hidrostática o carga hidráulica puede ser muy riesgoso para las estructuras.

## CAPITULO II

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 2.1. INTRODUCCIÓN

La ejecución de un estudio de campo, es importante en el ámbito de la investigación científica; es por eso que la definición de las variables es primordial para la comprobación del objetivo planteado. Muchos de los métodos de investigación basan sus resultados en el método estadístico de los datos obtenidos, enfocándose en las variables que serán tratadas.

Al ejecutar la investigación se deben tomar en cuenta que variables son relevantes para el estudio o pueden generar un aporte, para la comprobación teórica. La identificación del universo a estudiar, la descripción de sus características y diseño: guían a presentar estrategias de estudio con el fin de obtener técnicas para la recolección y el procesamiento de datos.

Aplicando la estadística, que es el sistema que proporciona los métodos científicos para así recopilar información que se presentan en una valuación numérica: como son los análisis de niveles piezométricos, las características hidrológicas del suelo y su comportamiento; la información obtenida del estudio de campo debe ser analizada, agrupada o tabulada en cuadros o gráficos de interpretación con el fin de encaminarlos en la representación de las técnicas que se utilizaran en el desarrollo de los resultados obtenidos y posteriormente recomendaciones.

El análisis de flujo de agua subsuperficial o subterráneo del tema de estudio, se orienta en la investigación de las características del suelo, subsuelo y la influencia entre las precipitaciones y niveles piezométricos, para establecer o desechar la presencia de un nivel freático. Partiendo de la información recolectada en campo y facilitada por la Corporación Aeroportuaria de Cuenca y la empresa ETAPA EP, se pretende establecer una metodología evaluativa, descriptiva y explicativa, ya que su enfoque principal es el análisis de la información o variables principales, basándose en la precisión y relaciones causa-efecto.

## **2.2. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN**

### **2.2.1. Tipo de investigación:**

- **Evaluativa:**

Porque los datos fueron tomados y medidos directamente del área de movimiento del AEROPUERTO MARISCAL LA MAR de la ciudad de Cuenca, tal como se encontraron sin ser manipulados ni alterados, luego fueron analizados minuciosamente; y estos datos a su vez, permitieron conocer la situación actual del área de estudio e identificar las relaciones que existían entre las variables lluvia y nivel piezométrico.

- **Explicativa:**

Con los datos y resultados obtenidos se establecieron relaciones causa-efecto lo cual nos permitió responder la problemática de estudio y con ello, deducir el por qué se han producido determinadas condiciones de la pista de aterrizaje actual, y con esto contrastar los resultados para finalmente realizar algunas conclusiones.

### **2.2.2. Métodos usados**

- **Método deductivo:**

La investigación y el proyecto estuvieron basados en la deducción, análisis y síntesis de los datos tomados en campo; los cuales fueron evaluados y comparados para llegar a una conclusión.

- **Método inductivo:**

De la observación y levantamiento de información realizada en campo en base a los hechos reales y particulares encontrados, se logró establecer la relación con los indicadores establecidos.

## **2.3. UNIVERSO Y/O POBLACIÓN**

El universo previsto para esta investigación está dado por los 10 piezómetros y los datos que se recolectaron al momento del estudio de campo.

## **2.4. DISEÑO Y CARACTERÍSTICA DE LA MUESTRA**

Se entiende por muestra a la parte representativa de la población con la que realmente se realiza el estudio. La muestra que se tomó para esta investigación fueron los niveles piezométricos del aeropuerto Mariscal La Mar y las precipitaciones de la zona, utilizándose el método de muestreo no probabilístico.

### **2.4.1. Antecedentes:**

El aeropuerto Mariscal La Mar de la ciudad de Cuenca, se encuentra en funcionamiento desde el 25 de abril de 1941, hasta la actualidad. Las operaciones diarias no son regulares. Tiene equipos de medición meteorológica y de comunicaciones, en cuanto a la plataforma es de material asfáltico con un área de 68400 m<sup>2</sup>. Recibe aviones, avionetas, helicópteros. En cuanto a la topografía de esta zona es plana debido a que el terreno es llano, ya que tiene pendientes suaves, sin embargo, posee cambios bruscos al final de la pista (zona 6) (Ilustración 2.1).

### **2.4.2. Ubicación:**

Se encuentra en la Provincia del Azuay, ciudad de Cuenca. Sus coordenadas geográficas son S 02°53'22.05" y W 78°59'03.85", con una elevación de 2.531,67 metros sobre el nivel medio del mar. Sus extremos o cabeceras:

- Umbral cabecera 05: S 02°53'41.0" y W 78°59'28.1" con una elevación de 2531,73 m.s.n.m.
- Umbral cabecera 23: S 02°53'03.1 y W 78°58' 39.06" con una elevación de 2.516,45 m.s.n.m.

El área de sección evaluada fue el área de movimiento del aeropuerto.



Ilustración 2.1: Vista del Aeropuerto Mariscal La Mar de Cuenca.

Fuente: Google Earth 2021.

### 2.4.3. Clima de la zona:

El aeropuerto Mariscal La Mar de Cuenca se localiza en una zona caracterizada por un clima **Sub-húmedo Templado** que para el rango altitudinal de 2.450 a 2.550 msnm, presenta variaciones de precipitación anual entre 626,4 y 1.246,7 mm, precipitación máxima en 24 horas de 25,4 a 72,0 mm, temperatura media mensual de 12,2 a 18,4 °C, humedad relativa variable desde 55 a 80 %, heliofanía desde 1.333,9 a 1.847,6 horas de brillo solar al año, nubosidad media desde 5 a 8 octavos de cielo cubierto, evaporación fluctuante entre 887,6 y 1.490,5 mm anuales y presencia de 104 a 244 días al año con lluvia por sobre los 0,10 mm diarios (PROMANVIAL, 2018, pág. 1).

Ecológicamente al área de influencia del aeropuerto de Cuenca en la zona anteriormente identificada le corresponde la formación "**bosque seco Montano Bajo**".

## 2.5. ESTRATEGIA DEL ESTUDIO

Esta investigación se ha realizado en etapas, las cuales consistieron en visitas a la zona de estudio, con la finalidad de realizar la toma de datos. Todo esto, fue realizado con el fin de encontrar la influencia de las lluvias en los niveles piezométricos.

Las actividades y procedimientos que en forma cualitativa y cuantitativa procedieron a la evaluación de los datos de campo con fines de determinar los objetivos planteados, son los siguientes:

- a) Se examinaron las características del problema.
- b) Se eligieron las fuentes de información apropiados.
- c) Se seleccionaron y elaboraron las técnicas para la recolección de datos.
- d) Se establecieron (con la finalidad de clasificar los datos recolectados) categorías precisas, en base al propósito de la investigación que permitió poner de manifiesto las semejanzas, diferencias y relaciones significativas.
- e) Se realizaron observaciones objetivas y exactas mediante los métodos y técnicas utilizadas.
- f) Se describió, analizó e interpretó los datos obtenidos, en términos claros y precisos.

## **2.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

La presente investigación, ha utilizado técnicas adecuadas para la búsqueda de la información, procesamiento de los datos y su evaluación objetiva desprendiéndose de toda subjetividad antes, durante y después de la obtención de información. Para ello se ha basado en lo siguiente:

### **a) Fuentes de información bibliográfica:**

Se basó en investigaciones relacionadas y documentos entregados por parte de la Corporación aeroportuaria de Cuenca(CORPAC), según lo acordado.(ver Anexo 1 )

### **b) Método de recolección de datos:**

En general, la recolección de datos de nivel piezométrico depende en gran medida del tipo de pozo empleado en el área a evaluar; en pozos piezométricos más modernos se puede obtener una base de datos mucho más accesible y dinámica ya que estos proporcionan un análisis regular y continuo, es decir, los niveles obtenidos son menos espaciados temporalmente y relativamente más exactos en comparación con otros piezómetros de medición manual; considerando que el nivel piezométrico es la altura de agua encontrada dentro de los pozos de medición, se puede emplear varios métodos que permitirán obtener una lectura de este nivel que de igual manera; con las

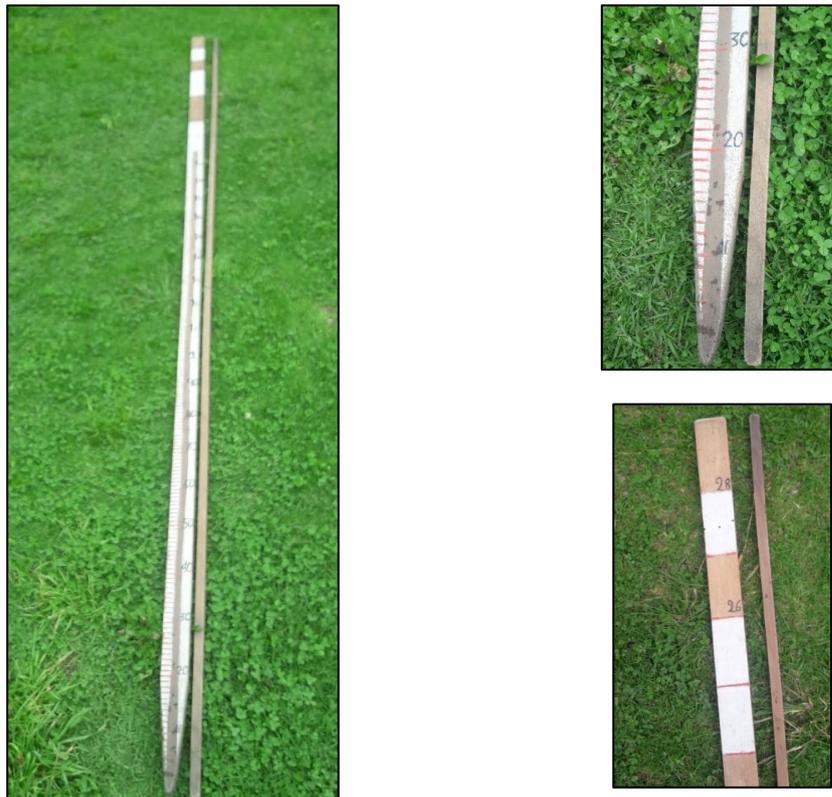
respectivas correcciones; proporcionan datos rentables para el cumplimiento del objetivo correspondiente a la investigación deseada.

Con estos conceptos en cuenta, el método de recolección de datos que se utilizó a lo largo del estudio de campo de esta investigación: fue manual.

### c) Instrumentos utilizados

Para esta investigación se han utilizado los siguientes instrumentos:

- Reglas de madera: Instrumento manual que permite obtener mediciones longitudinales; fabricado a partir de la necesidad de contar con herramientas de por lo menos 3 metros de largo, ya que la mayoría de los pozos de medición tienen una profundidad aproximada de 2,5 metros. Dichos instrumentos fueron adaptados con marcas espaciadas un centímetro unas de otras, contabilizadas de 0 hasta 2,8 metros. En complemento a este, el principal instrumento de medición, tenemos una varilla de aproximadamente 2.85 metros de longitud, con dimensiones mucho menores que nos permitirán obtener datos de piezómetros que se encuentran en condiciones en las cuales una regla más robusta no podría entrar. (Ilustración 2.2)



*Ilustración 2.2: Instrumentos de medición: reglas de madera.*

- Regla de aluminio: Con una medida de 40 cm. Instrumento manual que permitió la medición de la altura de los niveles piezométricos con mayor precisión. (Ilustración 2.3)



*Ilustración 2.3: Instrumento de medición: regla de aluminio.*

#### **d) Visitas técnicas**

El estudio de campo se llevó a cabo por 6 meses desde el 16 de octubre de 2020 hasta 3 de mayo de 2021, en intervalos de 3 veces por semana, siendo los días de visita los lunes, miércoles y viernes añadiendo también ocasiones donde se observó la necesidad de una visita adicional debido a una fuerte lluvia que se consideró importante para el análisis. Durante estos meses se pudieron obtener medidas tanto en épocas lluviosas, así como épocas en las que la falta de precipitación era evidente.

#### **e) Hoja de datos de evaluación de nivel piezométrico:**

Ayudó a almacenar la información obtenida en campo de manera más ordenada y está compuesto por las siguientes partes. (ver Anexo 2).

#### **f) Información General:**

Permitió capturar la información general de los piezómetros, el código, su ubicación, características iniciales, etc. Posee el registro de la fecha del levantamiento (día - mes - año-hora), y el clima.

#### **g) Deterioros/ Observaciones:**

Esta sección pertenece a la parte del formato donde se registra la información sobre el tipo de falla o estado de los piezómetros.

**h) Tipos de Daño:**

Se toma en consideración: Rotura, Inundado, si se presentó alguna variación en el nivel, etc.

**i) Información final**

Por último, el formato presenta un resumen de los resultados obtenidos.

## **2.7. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN**

En cuanto al procesamiento de los datos de la investigación, se aplicó el análisis a través de la estadística descriptiva o tradicional con el uso de tablas de registro estructuradas y gráficos, con la finalidad que respondan al problema, a los objetivos, y a la hipótesis de estudio.

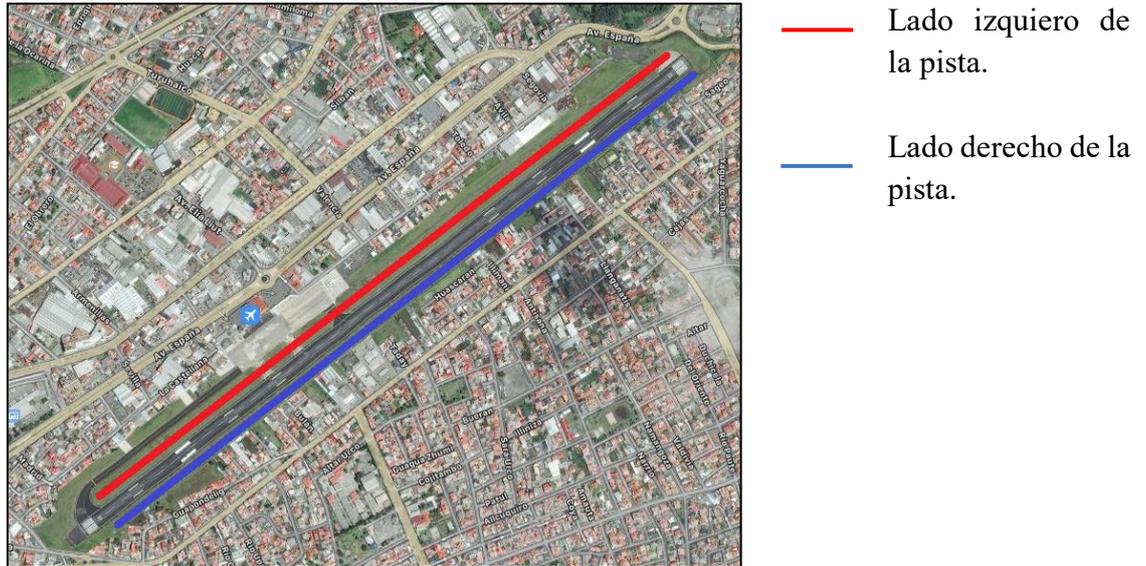
### **2.7.1. Evaluación del área de movimiento del Aeropuerto Mariscal La Mar**

La zona de estudio considerada, es decir: las áreas verdes y pista de aterrizaje del aeropuerto, la cual mide 1900 m de largo por 36 m de ancho. Donde se llevó a cabo la evaluación, con la finalidad de conocer el lugar de trabajo y tener una idea clara de la condición del área de movimiento de la pista y piezómetros.

#### **2.7.1.1. Muestreo y Unidades de Muestra:**

**i. Identificar en el plano áreas de estudio del aeropuerto**

Se estableció dos regiones en las áreas verdes del aeropuerto en función del lado izquierdo y derecho como se observa en la ilustración 2.4.



*Ilustración 2.4: Áreas de movimiento del Aeropuerto Mariscal La Mar de Cuenca, áreas de estudio.*

*Fuente: (PROMANVIAL, 2018)*

### **2.7.1.2. Procedimiento de Inspección:**

El procedimiento que se realizó en todos los piezómetros, fue el siguiente:

1. En la primera visita:
  - a. Se inspeccionó cada piezómetro localizado.
  - b. Se registró el tramo en el que se ubicaba, así como el número de unidad.
  - c. Se registraron sus características.
  - d. Se realizó la inspección de las fallas, cuantificando cada nivel de severidad y llenando la información obtenida en las hojas de registro.  
(Anexo 3)
2. Para las visitas y monitoreo posterior:
  - a. Se registró la fecha de visita con características climáticas u otros eventos relevantes.
  - b. Se inspeccionó cada piezómetro.
  - c. Se registraron observaciones de sus características o estado.
  - d. Se midió nivel piezométrico y se registró en la hoja de registro con su respectiva fecha y hora.
  - e. El mismo procedimiento se repitió en cada unidad.

### 2.7.1.3. Determinación del nivel piezométrico

Para desarrollar el objetivo principal, se procedió a mostrar los datos de campo obtenidos durante el monitoreo del área de movimiento, de cada una de las unidades a evaluar (piezómetros). (Ver Anexo 3.)

#### - Valor deducido corregido.

Como se mencionó en el apartado 2.6, el valor de medición de campo obtenido mediante la observación del nivel en nuestros instrumentos, se debe corregir mediante un factor dependiente del nivel medido.

#### - Condiciones de medición con estos instrumentos

Debido al desplazamiento del volumen de agua que ocurre dentro del piezómetro al introducir los instrumentos de medición, existe una variación entre el nivel medido y el nivel real de agua dentro del piezómetro. A causa del uso de diferentes herramientas de medición (reglas de madera) en función de cada uno de los pozos evaluados, se debe aplicar una corrección a los datos obtenidos en cada piezómetro. Para dicha corrección se realizó un análisis del volumen desplazado por cada regla en función a su geometría y densidad; esto con el fin de obtener un valor más fiel a la realidad. Respectivamente los piezómetros P2(0+060), P6(1+800), P7(1+800), P8(1+320), P9(0+900) y P10(0+480) fueron analizados utilizando la regla angosta y los piezómetros P1(0+060), P3(0+480), P4(0+900), P5(1+320) con la regla marcada y ancha.

- Regla de madera robusta

Esta regla se utilizó mayoritariamente para medir los piezómetros P1(0+060), P3(0+480), P4(0+900), P5(1+320).

Para ajustar la altura del nivel piezométrico obtenida en campo y llegar a una real, se evaluó el aumento del nivel que se da dentro del piezómetro al ser desplazado por el volumen de la regla al introducirse. Se realizó un análisis de geometría de la regla de madera, la cual posee una geometría rectangular exceptuando la punta que es de forma triangular como se observa en la ilustración 2.2. Esto conlleva a que el volumen de la regla sea uniforme en todos sus puntos.

En las alturas de medición, donde el agua no supera la altura de la punta del instrumento (20cm), no se realizó una corrección ya que el desplazamiento de agua es muy bajo.

Considerando la ley de desplazamiento de líquidos de Arquímedes, se conoce que el volumen de agua que un objeto desplaza al sumergirse en ella es igual al volumen del objeto que está siendo sumergido; con esto en mente se debe obtener el volumen del instrumento de medición y para hallar la altura de agua desplazada, igualar el volumen del instrumento con el volumen de agua desplazada, de esta manera obteniendo la altura desplazada que se busca. Esta altura se resta directamente del nivel medido en cada piezómetro Utilizando la fórmula:

$$H = \left( \frac{V_1 + V_2}{\pi \cdot r^2} \right) \quad \text{Ecuación 2-1: Altura de agua desplazada regla 1}$$

Donde:

H = altura de agua desplazada dentro del piezómetro (cm)

V1 = área de la regla por encima de la medida de 20cm multiplicado por el espesor de la regla (1.34cm) = h (cm)\*4.6 cm\*1.34cm.

V2 = área de la regla por debajo de la medida de los 20cm, considerada como una constante multiplicado por el espesor de la regla (1.34cm) = 54cm<sup>2</sup> \*1.34cm

r = radio del tubo que conforma al piezómetro (cm).

- Regla de madera, varilla:

Para la corrección del nivel en los piezómetros P2(0+060), P6(1+800), P7(1+800), P8(1+320), P9(0+900) y P10(0+480) que fueron medidos con esta regla, se realizó un procedimiento parecido al anterior con la excepción de que esta regla es completamente uniforme de principio a fin y sus dimensiones son 0.55cm de ancho 1.44cm de ancho y 2,98 m de altura.

La fórmula con la que se calculó la altura a reducir es la siguiente:

$$H = \frac{V}{\pi \cdot r^2} \quad \text{Ecuación 2-2: Altura de agua desplazada de varilla}$$

Donde:

H= altura de agua desplazada(cm)

V= área sumergida de la regla multiplicada por su espesor (0.75mm)

r= radio del piezómetro (cm).

## 2.7.2. Piezómetros

### 2.7.2.1. Antecedentes:

Al comenzar con el estudio de campo para realizar la toma de mediciones de cada uno de los piezómetros, se recibió apoyo por parte del personal de CORPAC para la ubicación de los piezómetros existentes. Primero se identificó la existencia de 8 piezómetros dentro del área de movimiento del aeropuerto, los cuales fueron encontrados en distinto estado de funcionalidad. Específicamente los piezómetros: P2(0+060 derecha), P4(0+900 derecha), P5(1+320 derecha) y P6(1+800 derecha), fueron los que se encontraron en peor estado; se deduce que esto se dio a causa del paso del tiempo, el descuido de monitoreo y el carente mantenimiento de los piezómetros.

Posiblemente debido a la constante presencia de maquinaria corta césped, estos se encontraron con partes faltantes y con rupturas tanto por encima de la superficie como por dentro del cuerpo del piezómetro; esto último afecta considerablemente a la infiltración de agua de escorrentía superficial dentro del piezómetro, incrementando el nivel piezómetro.

Posterior a la obtención del documento “ *Evaluación Funcional y Estructural 2018 de Pavimentos en el Aeropuerto Internacional “Mariscal La Mar” - Cuenca ; Informe Hidrología, Hidráulica, Drenaje Y Subdrenaje*” realizado por la Empresa Consultora **PROMANVIAL Consulting Cía. Ltda.**; donde se indica la existencia de 11 calicatas y 10 piezómetros dentro de la pista del aeropuerto; se realiza la búsqueda y

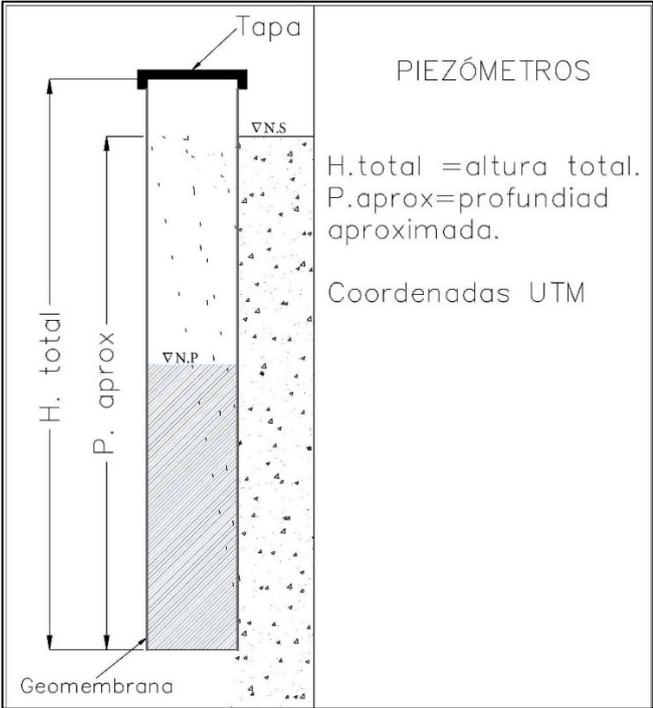
ubicación de los 2 piezómetros faltantes en las siguientes visitas de campo. Estos fueron encontrados en abscisas paralelas a los piezómetros ya conocidos del lado contrario de la pista.

Estos piezómetros se encontraron rotos o doblados con tubería a ras, cubiertos ya sea de tierra o de césped abundante, lo que dificultó de gran manera su localización de su ubicación y restauración, sin embargo, gracias a la información brindada por la ubicación de sus respectivas calicatas y las marcas topográficas se pudieron ubicar.

#### **2.7.2.2. Estructura y Características**

Una vez registrados todos los datos de campo de cada uno de los piezómetros encontrados dentro del área de movimiento del aeropuerto, y obtenidas las características e índices de condición respectivos para cada unidad; se procedió a ubicarlos, catalogarlos y establecer una relación en función a los pozos cercanos. Esto con el fin de realizar los cálculos correspondientes, análisis de suelo, conductividad y desarrollo del análisis de los datos de niveles piezométricos.

En la ilustración 2.5 se muestra la estructura general, que se cree poseen de los piezómetros evaluados, como se puede ver en el enunciado a) ; Además se recopiló gráficamente el estado de los piezómetros actual después de recibir todas las modificaciones, del piezómetro P1(0+060) hasta el P10(0+480), a excepción del piezómetro P6(1+800) ya que al no recibir mayor cambio es imperceptible por el poco mantenimiento manual que posee.



a)



b)



c)



d)



e)



f)



g)

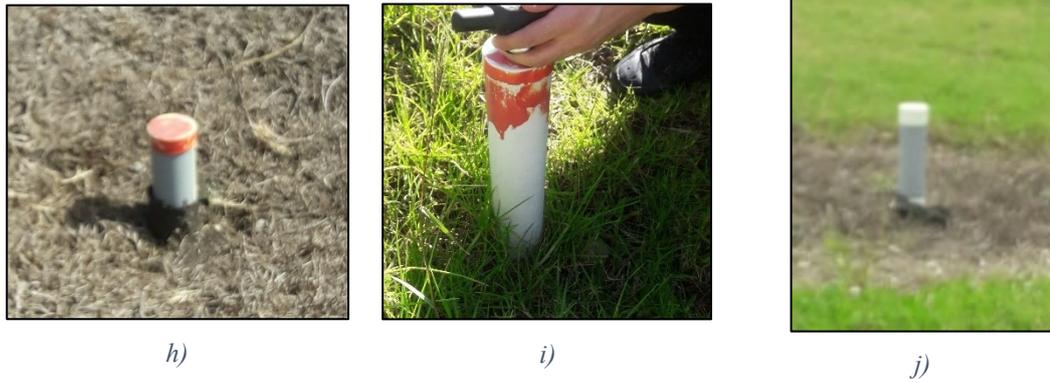


Ilustración 2.5: Estructura de los piezómetros

a) Estructura general de los piezómetros ubicados en el aeropuerto Mariscal La Mar. b) Piezómetro P1(0+060) c) Piezómetro P2 (0+060) d) Piezómetro P3 (0+480) e) Piezómetro 4(0+900) f) Piezómetro P5(1+320) g) Piezómetro P7(1+800) h) Piezómetro P8(1+320) i) Piezómetro P9 (0+900) j) Piezómetro P10(0+480)

Como se puede observar en la tabla 2-1 a continuación, se identificó y registró cada uno de las características, de igual manera se georreferenció y ubicó en el mapa como se puede ver en la ilustración 2.6.



Ilustración 2.6: Ubicación de los piezómetros del aeropuerto Mariscal La Mar de Cuenca.

Fuente: Google Earth (2021)

Tabla 2-1: Descripción de piezómetros en el aeropuerto Mariscal La Mar de Cuenca						
UBICACIÓN DE LOS PIEZOMETROS EN EL AEROPUERTO MARISCAL LA MAR DE CUENCA						
UBICACIÓN	SIMBOLO	NOMBRE	COORDENADAS UTM		Referencia CORPAC	CARACTERISTICAS
			ABS.	NORTE		
0+060		P1	723331.00 m E	9679912.00 m S	C1 IZQ.	ALTURA TOTAL: 2,57m , PROFUNDIDAD APROX. : 2,30 m; TUBERIA SALIDA: 28cm
0+060		P2	723363.00 m E	9679859.00 m S	C6 DERE.	ALTURA TOTAL: 3,1m ; PROFUNDIDAD APROX. : 2,80 m ; TUBERIA SALIDA 30cm.
0+480		P3	723695.69 m E	9680116.36 m S	C7 DERE.	ALTURA TOTAL: 2,50m; PROFUNDIDAD APROX. : 2,20 m
0+900		P4	724028.75 m E	9680372.48 m S	C8 DERE.	ALTURA TOTAL: 2,79m PROFUNDIDAD APROX. : 2,32 m
1+320		P5	724359.70 m E	9680627.82 m S	C9 DERE.	ALTURA TOTAL: 3,05m PROFUNDIDAD APROX. : 2,48 m
1+800		P6*	724737.88 m E	9680925.11 m S	C10 DERE.**	PROFUNDIDAD APROX. : 1,32 m *OJO: no se sabe si llega al fondo
1+800		P7	724706.83 m E	9680970.52 m S	C5 IZQ.	ALTURA TOTAL 2,32m; PROFUNDIDAD APROX. : 2,00 m
1+320		P8	724325.00 m E	9680675.00 m S	C4 IZQ.	ALTURA TOTAL: 2,10m; PROFUNDIDAD APROX. : 1,88m
0+900		P9	723993.00 m E	9680419.00 m S	C3 IZQ.	ALTURA TOTAL: 2,57m; PROFUNDIDAD APROX. : 2,16 m
0+480		P10	723658.00 m E	9680165.00 m S	C2 IZQ.	ALTURA TOTAL:2,22m; PROFUNDIDAD APROX. : 1,9 m

Fuente: Elaboración propia (2021)

### 2.7.2.3. Restauración y trabajos de mantenimiento:

Debido al estado original de la mayoría de los piezómetros los datos obtenidos no eran totalmente confiables para un estudio de calidad, por lo cual se planificó una campaña para realizar una restauración que permita obtener datos más confiables, además de aumentar la vida útil de cada piezómetro, facilitar actividades de mediciones y prevenir cualquier ruptura futura a causa de la maquinaria de mantenimiento de pista.

Con la mentalidad de darles a los piezómetros una mayor visibilidad además de facilitar el trabajo de toma de medidas de cada piezómetro, la primera idea fue cortar el excedente deteriorado de cada piezómetro y reemplazarlo con acoples de tubería PVC y uniones que impidan el paso de agua, así como la adición de tapas que protejan la entrada de agua lluvia.

### 2.7.2.4. Piezómetro P1(0+060 izq.):

El piezómetro P1 ubicado en 0+060 a lado izquierdo de la pista, se encontró en excelentes condiciones comparado con el resto de piezómetros; se evidenció deterioró de pintura y llano crecido. Se asume que dado a su ubicación en el extremo de las áreas verdes, se tenía gran visibilidad y probablemente evitó cualquier interacción con maquinaria de mantenimiento. En este piezómetro, no se realizó ningún trabajo de mantenimiento o restauración. (Ilustración 2.7)



a)



b)

Ilustración 2.7: Piezómetro P1(0+060).

a) Estado en el que fue encontrado en la primera visita (octubre 2020). b) Estado como se dejó (abril 2021). Ver Anexos 4

### 2.7.2.5. Piezómetro P2(0+060 dere):

El piezómetro P2 ubicado en 0+060 del lado derecho de la pista, fue hallado en condiciones medias de daño, su localización se vio afectada debido a que se encontraba a ras y con gran cantidad de llano que tapaba la visibilidad; sin embargo, no se pudo observar deterioro que impidiera la toma de datos o que mostrara alguna señal de influencia dentro del nivel de agua dentro del piezómetro.

Debido a esto el único procedimiento que se llevó a cabo fue la remoción de las partes más deterioradas del piezómetro, la adición de un segmento de tubería nuevo y una tapa para protegerlo de la intemperie. (Ilustración 2.8)

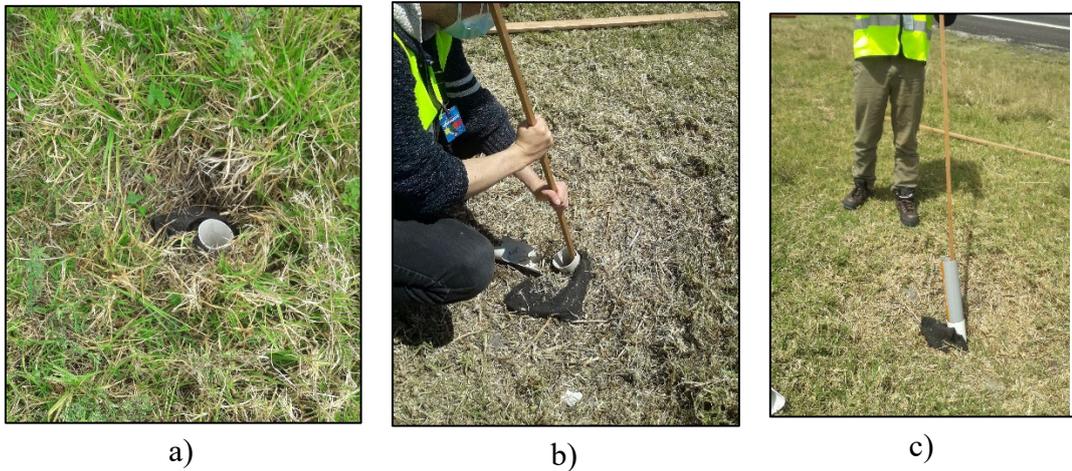


Ilustración 2.8: Piezómetro P2(0+060).

*a) Estado en el que fue encontrado en la primera visita. (octubre 2020) b) Estado después de limpieza de la zona, se evidencia que se encuentra a ras y con tubería desprendida. c) Estado en el que se encuentra actualmente. (abril 2021). Ver Anexos 2- 11*

### 2.7.2.6. Piezómetro P3(0+480 dere.):

El piezómetro P3 ubicado en 0+480 a lado derecho de la pista, se encontró en buenas condiciones con la faltante de una tapa; de igual manera que el piezómetro P1, se evidenció deterioro de pintura y llano crecido. Se asume que debido a que se encontraba en una pequeña zanja evitó cualquier interacción con maquinaria de mantenimiento.

En este piezómetro, no se realizó ningún trabajo de mantenimiento o restauración, únicamente se implementó una tapa. (Ilustración 2.9)

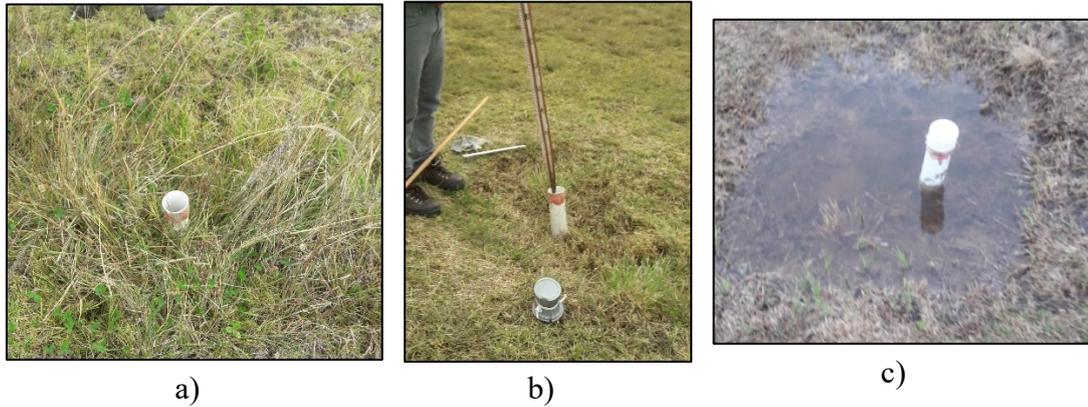


Ilustración 2.9: Piezómetro P3(0+480).

*a) Estado en el que fue encontrado en la primera visita. (octubre 2020). b) Estado después de limpieza de la zona, sin tapa. c) Estado en el que se encuentra actualmente, inundado después de gran lluvia. (abril 2021). Ver Anexos 2-11*

### 2.7.2.7. Piezómetro P4(0+900 dere.)

El piezómetro P4 ubicado en 0+900 a lado derecho de la pista, fue hallado en pésimas condiciones, su localización se vio afectada debido a que se encontraba a ras y con gran cantidad de llano que tapaba la visibilidad.

Durante todo el proceso de recolección de datos; el piezómetro P4 al igual que el P5, fueron los que más variedad de nivel piezométrico tenía en sus medidas, por esto y por la observación que se dio del empozamiento de agua que ocurre durante fuertes lluvias en la pequeña cuenca del piezómetro, se especuló que existía una infiltración de agua de escorrentía superficial dentro del piezómetro; por lo que, lo más probable era una ruptura en el interior del piezómetro que permite la infiltración de agua.

Para la restauración de este piezómetro se llevaron a cabo varias intervenciones con el fin de corregir, mejorar el estado y la funcionalidad; la primera intervención se centró en la especulación que dicha ruptura se encontraba cercana de la superficie, así como que el agua superficial se podía infiltrar por la cima del piezómetro debido a la falta de altitud del piezómetro ya que se encontraba a ras y desprovisto de una tapa que lo prevenga.

Después de este procedimiento, al observar que los niveles de agua no variaban dentro de las mediciones; se procedió a realizar un mantenimiento y restauración a mediana escala, lo cual llevó a excavar más profundo en una época sin lluvias; esta excavación llevo al descubrimiento que la geomembrana ubicada alrededor del piezómetro estaba muy deteriorada y se encontraba por debajo del nivel habitual del piezómetro, además

de una ruptura y desfase de la tubería que podía causar una infiltración considerable de agua; con el análisis de estas patologías y lesiones, se procedió a colocar la membrana en su lugar, se reemplazó aproximadamente un metro de tubería con piezas nuevas e impermeabilizarlas con pegamento para tuberías PVC. (Ver Anexo 4)

Actualmente, el estado del piezómetro se considera aceptable debido a que, aunque los alrededores del piezómetro aún se vuelven pantanosos y llenos de agua de escorrentía superficial, el nivel medido dentro del piezómetro es muy inferior a los leídos en un inicio, así como inferior al nivel del agua superficial. (Ilustración 2.10)

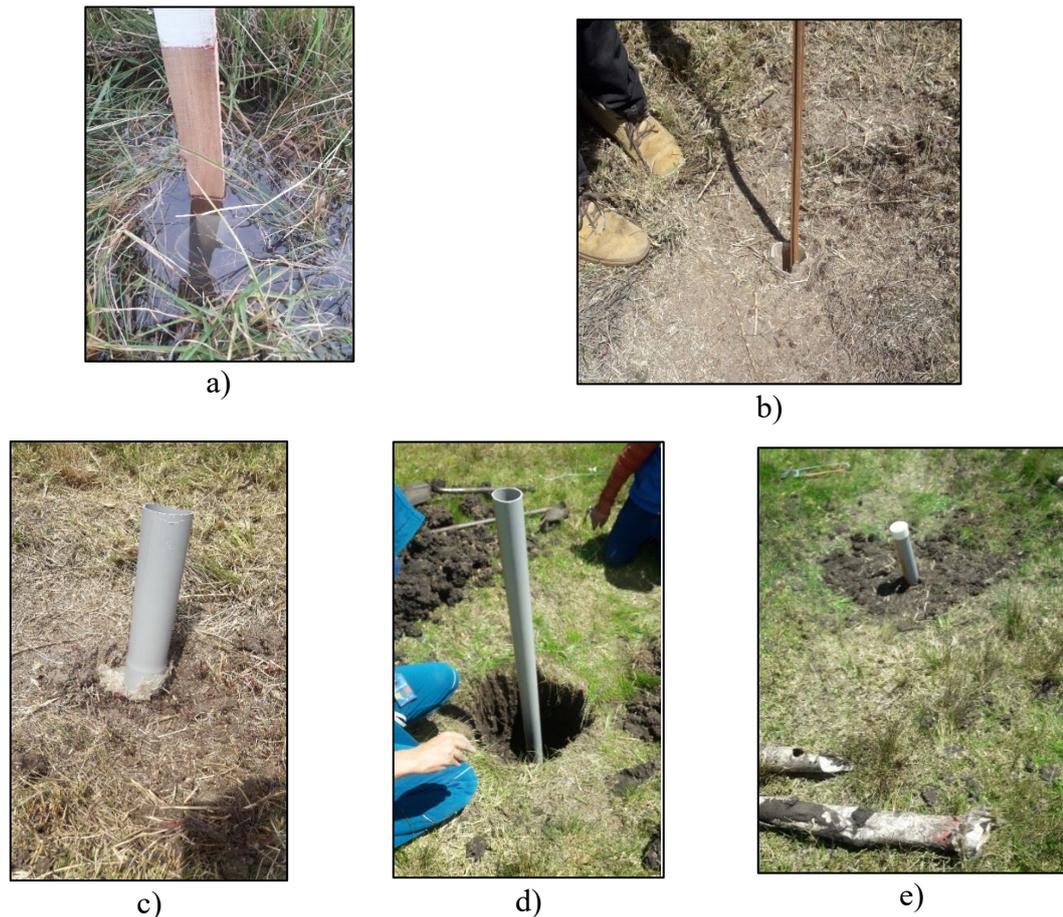


Ilustración 2.10: Piezómetro P4(0+900).

*a) Estado en el que se encontró el piezómetro (octubre 2020). b) Estado del piezómetro después de limpieza en la zona. c) Primera intervención (nov. 2020). d) Segunda intervención (dic. 2020). e) Estado actual del piezómetro.*

#### **2.7.2.8. Piezómetro P5(1+320 dere.)**

El piezómetro P5 ubicado en 1+320 a lado derecho de la pista, fue hallado en pésimas condiciones, su localización se vio afectada debido a que se encontraba a ras y con gran cantidad de llano que tapaba la visibilidad.

Con este piezómetro, ocurre algo similar al piezómetro P4; es decir, sus alrededores tienden a retener el agua de escorrentía en forma de un pequeño charco, sin embargo este piezómetro nunca mostró los niveles tan elevados como ocurre con el piezómetro P4, por lo que no se esperaba una ruptura mayor que este permitiendo la infiltración del agua; pero, se notaba una clara dificultad al momento de realizar las mediciones, ya que en un inicio la regla de medición no podía ingresar en el piezómetro por lo que era claro que existía un doblez interno que podría llevar a una ruptura futura.

Debido a esto la restauración se dio excavando alrededor del piezómetro hasta alcanzar dicho doblez, se cortó el tubo anterior y se puso en su lugar un acople conectado a una tubería nueva y sellado con pegamento para tubería PVC, de esta manera el piezómetro aumento su visibilidad y altura sobre la superficie.

En la actualidad el piezómetro se encuentra con los mismos problemas de empozamiento de agua a su alrededor, sin embargo, los niveles medidos no dan una clara indicación de influencia directa entre la escorrentía superficial alrededor del piezómetro y el nivel medido. (Ilustración 2.11)



a)



b)



c)



d)

*Ilustración 2.11: Piezómetro P5(1+320).*

*a) Estado en el que fue encontrado el piezómetro en la primera visita (oct. 2020). b) Estado después de la limpieza y desglose de la zona. c) Primera intervención realizada. d) Estado actual del piezómetro, después de la segunda intervención.*

### **2.7.2.9. Piezómetro P6(1+800 dere):**

El piezómetro P6 ubicado en 1+800 a lado derecho de la pista, se encontró en pésimas condiciones. Al observar su estado en cuanto se comenzaron las mediciones se pudo notar un gran deterioro; la tubería se encontraba por debajo del nivel de la superficie con rupturas claras por fuera y dobleces notorios por dentro del suelo y se estima cercanos a la profundidad del piezómetro. Sin embargo, este piezómetro es el menos profundo de todos y el que en su mayoría, nunca proporcionó alguna medida considerable; por lo cual, este piezómetro no se consideró para restauración, puesto que su utilidad era mínima, y en lugar de una restauración de este piezómetro ya existente la opción más útil sería la instalación de un piezómetro totalmente nuevo y más profundo. (Ilustración 2.12)



a)



b)

*Ilustración 2.12: Piezómetro P6(1+800).*

*a) Estado en el que se encontró el piezómetro en la primera visita (oct. 2020). b) Estado de piezómetro después de realizar limpieza y desbroce de la zona.*

### 2.7.2.10. Piezómetro P7(1+800 izq.):

El piezómetro P7 ubicado en 1+800 a lado izquierdo de la pista, se encontró en excelentes condiciones; se evidencio deterioro de pintura y llano, solo se llevó a cabo una limpieza de la maleza alrededor del tubo. (Ilustración 2.13)



*Ilustración 2.13: Piezómetro P7(1+800). Estado en el que se encontró.*

### 2.7.2.11. Piezómetro P8(1+320 izq.)

El piezómetro P8 ubicado en 1+320 a lado izquierdo de la pista, se encontraba parcialmente enterrado por debajo del nivel del suelo, se encontraba cubierto en su totalidad por césped y fue hallado cuando se notó fragmentos del tubo alrededor del área cuando se inspeccionaba la zona.

Este piezómetro se encontraba roto, pero con fragmentos aun adheridos al cuerpo principal del piezómetro (Ilustración 2.14, a), para el proceso de restauración se procedió a cavar alrededor del piezómetro para asegurar que ninguna fisura intervenga con sus mediciones lo cual llevo a su remoción y corrección con un segmento nuevo de tubería PVC.



a)



b)

*Ilustración 2.14: Piezómetro P8(1+320)*

*a) Estado en el que se encontró después de limpiar la zona (nov. 2020). b) Estado actual del piezómetro.*

### 2.7.2.12. Piezómetro P9(0+900 izq.)

El piezómetro P9 ubicado en 0+900 a lado izquierdo de la pista, se encontró en excelentes condiciones; se evidencio deterioro de pintura y llano, solo se llevó a cabo una limpieza y desbroce alrededor de la zona. (Ilustración 2.15)



a)



b)

Ilustración 2.15: Piezómetro P9(0+900).

*a) Estado en el que fue encontrado en la primera visita. (octubre 2020). b) Estado en el que se encuentra actualmente, inundado después de gran lluvia. (abril 2021)*

### 2.1.1.1 Piezómetro P10(0+480 izq.).

El piezómetro P10 ubicado en 0+480 a lado izquierdo de la pista, se encontraba enteramente cubierto por maleza, a simple vista se volvía imposible su localización; se procedió a realizar un trabajo de desbroce y podado con cortadora manual de césped a los alrededores de la marca que mostraba la calicata, durante este procedimiento se dio con la ubicación del piezómetro, que tenía partes faltantes en la superficie, su entrada estaba cubierta de pasto seco y a ras de piso, el tubo se encontraba roto en varios fragmentos y cubierto de tierra lo cual pudo llevar a que tierra cayera incluso dentro del piezómetro.

En las tareas de restauración de este piezómetro se cortó el tubo en un nivel inferior a donde estaba la ruptura más profunda excavando, se acomodó la geomembrana alrededor del tubo y se compuso con un acople de tubería nueva con adhesivo para PVC. (Ilustración 2.16)



a)



b)

*Ilustración 2.16: Piezómetro P10(0+480).*

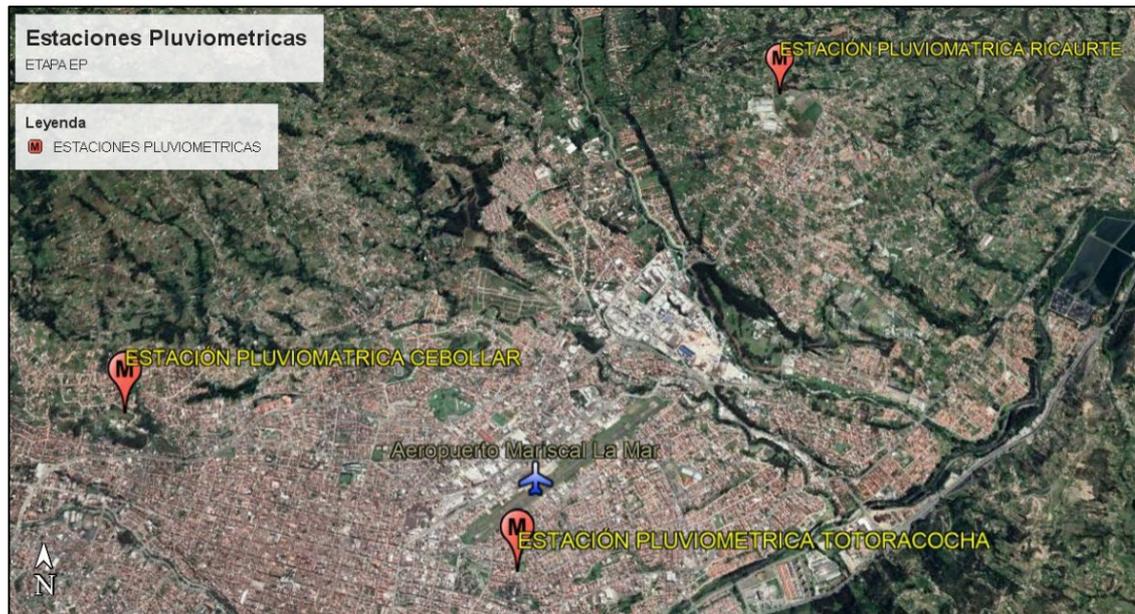
*a) Estado en el que se encontró el Piezómetro. b) Estado actual.*

### **2.1.2 Estudio Pluviométrico**

Dentro del análisis pluviométrico, se pretendía obtener los datos hidrológicos de la estación ubicada dentro del área de movimiento de la pista en la zona 6 del aeropuerto Mariscal La Mar de Cuenca con el objetivo de tener la cantidad de precipitaciones registrada dentro del área de estudio; sin embargo la CORPAC no pudo disponer de la información, por lo que se utilizaron datos de estaciones cercanas de la empresa ETAPA EP. (Ilustración 2.17)

En la presente tesis se consideró como fuente de datos la información recopilada de la estación ubicada en la Central Telefónica de ETAPA EP en Totoracocha, la cual es la más cercana a la zona de estudio (Aeropuerto Mariscal La Mar).

Analizando la información de esta estación se observaron algunas inconsistencias por lo que se procedió a relacionar con 2 estaciones adicionales, las cuales se encuentran ubicadas en: la parroquia rural de Ricaurte al norte de la ciudad de Cuenca; y en la parroquia de San Sebastián en el sector del Cebollar al este de la ciudad.



*Ilustración 2.17: Mapa de Ubicación de la Estación Totoracocho, Ricaurte y Cebollar*

*Fuente: Google Earth(2021)*

El registro de precipitaciones de la estación Totoracocho, Cebollar y Ricaurte, se encuentran en el Anexo 5.

#### **i. Estación pluviométrica ETAPA EP “Totoracocho”**

La estación de Totoracocho es de tipo convencional y meteorológica, la cual se encuentra ubicada en la parroquia del mismo nombre en Cuenca, Azuay. Su altitud es de aproximadamente 2530.67 m.s.n.m. (ver Ilustración 2.18)

La información recolectada corresponde al periodo de un año aproximadamente, sin embargo se utilizarán los datos desde el 16 de octubre de 2020 (fecha en la que se inició el estudio de campo) hasta 3 de mayo de 2021.



*Ilustración 2.18: Estación Totoracocha*

*Fuente :Google Earth*

### **Promedio Mensual de la Precipitación Máxima:**

A partir de los registros diarios de la estación Totoracocha, se obtuvo la tabla 2-2, en donde se encuentra registrada la precipitación máxima diaria (mm) de cada mes desde el año 2020 y 2021.

**Tabla 2-2: Precipitación Máxima Diaria (2020 - 2021):**

<b>MES</b>	<b>MES</b>											
	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SEP</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>
<b>AÑO</b>												
2020	27.80	16.20	32.80	21.50	0.00	0.00	0.00	1.00	1.70	0.00	0.00	9.30
2021	9.60	22.50	3.30	0.90	0.30							
<b>PROMEDIO MENSUAL</b>	<b>18.70</b>	<b>19.35</b>	<b>18.05</b>	<b>11.20</b>	<b>0.15</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.70</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>9.30</b>

*Fuente: Elaboración propia*

### **ii. Estación Pluviométrica ETAPA EP “Ricaurte”**

La estación de Ricaurte es de tipo convencional, la cual se encuentra ubicada en la parroquia rural de Ricaurte, Cuenca, Azuay. Su altitud es de aproximadamente 2548.67 m.s.n.m. (ver Ilustración 2.19)

La información recolectada corresponde al periodo de cuatro años aproximadamente, sin embargo se usarán los datos desde el 16 de octubre de 2020 (fecha en la que se inicio es estudio de campo) hasta 3 de mayo de 2021.



Ilustración 2.19: Estación de Ricaurte

Fuente : Google Earth (2021)

### Promedio Mensual de la Precipitación Máxima:

A partir de los registros diarios de la estación “Ricaurte”, se obtuvo la tabla 2-3, en donde se encuentra registrada la precipitación máxima diaria (mm) de cada mes desde el año 2017 y 2021.

Tabla 2-3: Precipitación Máxima Diaria Ricaurte (2017 - 2021)

AÑO \ MES	MES											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2017	5,80	15,10	37,40	28,80	17,90	24,60	4,70	8,90	6,00	13,70	10,30	41,30
2018	17,30	24,30	7,40	30,30	15,10	5,60	3,50	0,60	9,20	22,60	26,50	20,70
2019	25,00	11,60	14,80	28,10	10,50	4,20	2,30	3,70	59,80	24,00	15,20	20,30
2020	25,40	20,30	22,00	26,30	6,50	7,00	10,10	12,80	17,00	17,20	6,70	0,50
2021	0,10	0,00	8,50	17,40	12,30	22,40						
PROMEDIO MENSUAL	<b>14,72</b>	<b>14,26</b>	<b>18,02</b>	<b>26,18</b>	<b>12,46</b>	<b>12,76</b>	<b>5,15</b>	<b>6,50</b>	<b>23,00</b>	<b>19,38</b>	<b>14,68</b>	<b>20,70</b>
PROMEDIO 2020-2021	<b>12,75</b>	<b>10,15</b>	<b>15,25</b>	<b>21,85</b>	<b>9,40</b>	<b>14,70</b>	<b>10,10</b>	<b>12,80</b>	<b>17,00</b>	<b>17,20</b>	<b>6,70</b>	<b>0,50</b>

Fuente: Elaboración propia

### iii. Estación Pluviométrica ETAPA EP “Cebollar”

La estación de Cebollar es de tipo convencional, la cual se encuentra ubicada en la parroquia San Sebastián, Cuenca, Azuay. Su altitud es de aproximadamente 2540.67 m.s.n.m. (ver Ilustración 2.20)

La información recolectada corresponde al periodo de cuatro años aproximadamente, sin embargo se usaran los datos desde el 16 de octubre de 2020 (fecha en la que se inicio el estudio de campo) hasta 3 de mayo de 2021.



Ilustración 2.20: Estación del Cebollar.

Fuente : Google Earth (2021)

#### Promedio Mensual de la Precipitación Máxima:

A partir de los registros diarios de la estación “Cebollar”, se obtuvo la tabla 2-4, en donde se encuentra registrada la precipitación máxima diaria (mm) de cada mes desde el año 2017 y 2021.

Tabla 2-4: Precipitación Máxima Diaria Cebollar (2017 - 2021)

AÑO \ MES	MES											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2017					8,8	25,6	5,4	21,2	9,6	19,00	10,80	21,20
2018	19,40	15,00	15,60	22,20	19,80	6,40	6,10	3,50	8,60	11,20	29,30	13,00
2019	27,60	16,70	31,20	23,70	17,80	6,70	0,00	2,70	14,80	21,70	24,30	28,30
2020	34,20	27,20	21,10	36,30	10,80	15,00	11,20	18,70	0,10	0,60	13,30	15,80
2021	14,40	30,60	29,70	17,30	42,30	18,00						
PROMEDIO MENSUAL	<b>23,90</b>	<b>22,38</b>	<b>24,40</b>	<b>24,88</b>	<b>19,90</b>	<b>14,34</b>	<b>5,68</b>	<b>11,53</b>	<b>8,28</b>	<b>13,13</b>	<b>19,43</b>	<b>19,58</b>
PROMEDIO 2020-2021	<b>24,30</b>	<b>28,90</b>	<b>25,40</b>	<b>26,80</b>	<b>26,55</b>	<b>16,50</b>	<b>11,20</b>	<b>18,70</b>	<b>0,10</b>	<b>0,60</b>	<b>13,30</b>	<b>15,80</b>

Fuente: Elaboración propia

### 2.1.3 Estudio de Mecánica de Suelos

Un estudio de suelos permite dar a conocer las características físicas y mecánicas del suelo, es decir las propiedades de los elementos que se encuentran en las capas de mayor profundidad, así como permite conocer las características hidrogeológicas y su comportamiento frente a fenómenos de infiltración, niveles freáticos, etc. Esta información combinada con datos y registros climáticos o pluviométricos, brinda un planteamiento básico para el estudio del comportamiento del flujo de agua subterránea así como la conductividad de la misma.

La CORPAC dentro de la información brindada, entrego un estudio de clasificación de suelo realizadas en 2019 por la Consultora **PROMANVIAL Consulting Cía. Ltda.** de 10 calicatas ubicadas en el área de movimiento (ver Ilustración 2.21). Los respectivos documentos correspondientes a cada calicata de Ensayos de Clasificación, se encuentran en los Anexos.(Anexo 6)



Ilustración 2.21: Plano de Ubicación de Calicatas

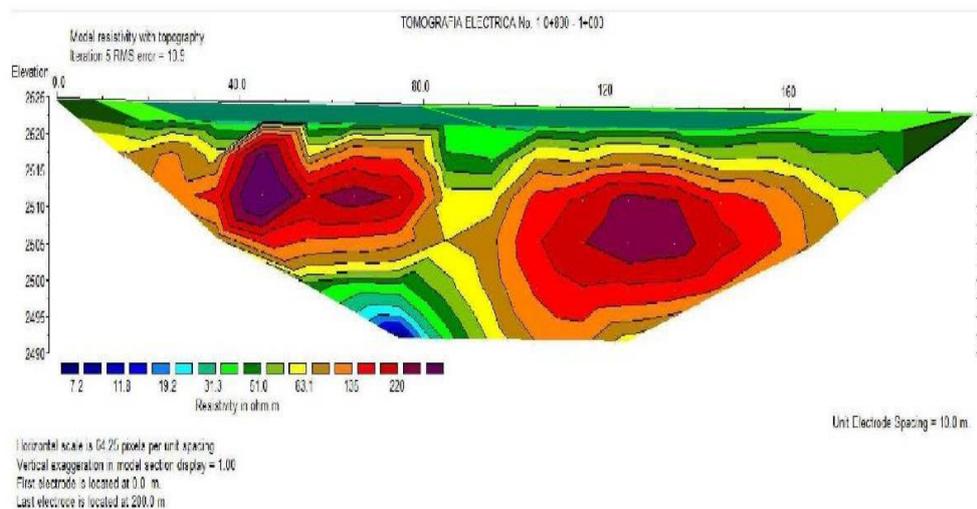
Fuente: Google Earth(2021.)

### 2.1.3.1 Investigación Geoeléctrica

Además de los ensayos de clasificación realizados en distintas calicatas, la CORPAC a través de la Consultora **PROMANVIAL Consulting Cía. Ltda.**; ejecutó 4 líneas de tomografía eléctricas con un total de quinientos sesenta (560) metros de longitud; esta investigación se realizó con el fin de aportar información del comportamiento hidráulico del área de movimiento del aeropuerto Mariscal La Mar de la ciudad de Cuenca. Hay que recalcar que estas tomográficas electrónicas se realizaron en épocas donde existió intensas precipitaciones en la zona (PROMANVIAL, 2018).

#### i. Tomografía eléctrica TE-01

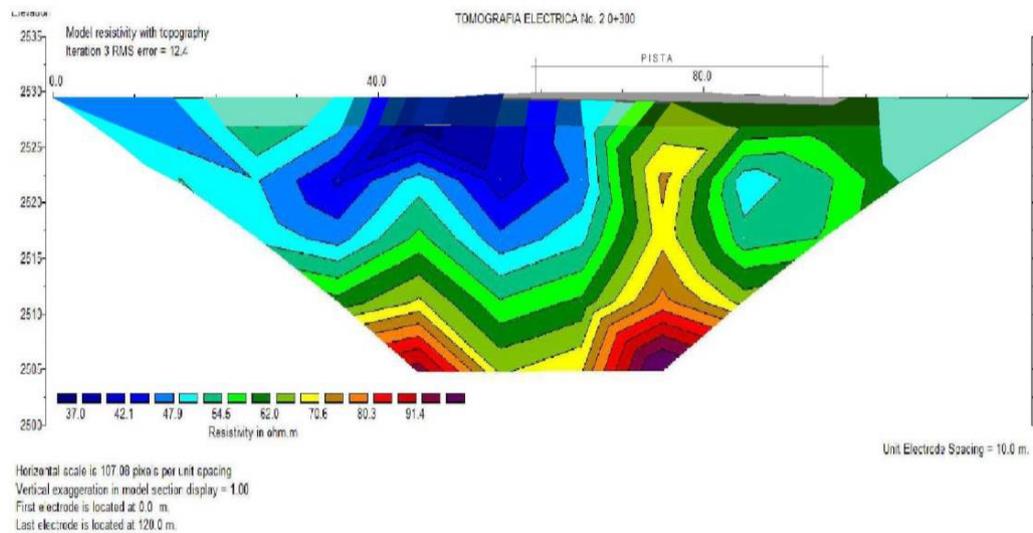
La línea para la tomografía eléctrica TE-01 (Ilustración 2.22), se inició en la abscisa 0+800 hasta la abscisa 1+000, por lo que tiene una longitud de 200 metros, esta interpretación ha alcanzado 35,00 metros de profundidad, se evidenció la presencia de arenas con grava y bloques de diversos tamaños alrededor de los 30,00 metros se notan materiales existentes, arenas, gravas y bloques, bien pueden estar representando la acumulación de agua subterránea; sin embargo de esta investigación geo eléctrica no ha sido factible reconocer un nivel freático, más bien es el efecto de agua que se infiltra desde la superficie como consecuencia de las fuertes precipitaciones caídas sobre la ciudad de Cuenca y particularmente sobre el aeropuerto (PROMANVIAL, 2018, págs. 24-25).



*Ilustración 2.22: Interpretación tomografía eléctrica TE-01, paralela a la pista.  
Fuente: (PROMANVIAL, 2018)*

#### ii. Tomografía eléctrica TE-02

La línea para la tomografía eléctrica TE-02 (Ilustración 2.23), se ejecutó en la abscisa 0+300 y tuvo una longitud de 120,00 metros. La pista del aeropuerto se ubica entre las abscisas 0+057 y 0+093, es decir que en este perfil tiene un ancho de 36,00 metros. Esta interpretación ha alcanzado 25,00 metros de profundidad; las concentraciones de agua infiltrada están sobre el sector izquierdo, mientras que hacia el derecho están secos y más compactos. En esta investigación geoelectrica no ha sido factible reconocer un nivel freático (PROMANVIAL, 2018, págs. 26-27).

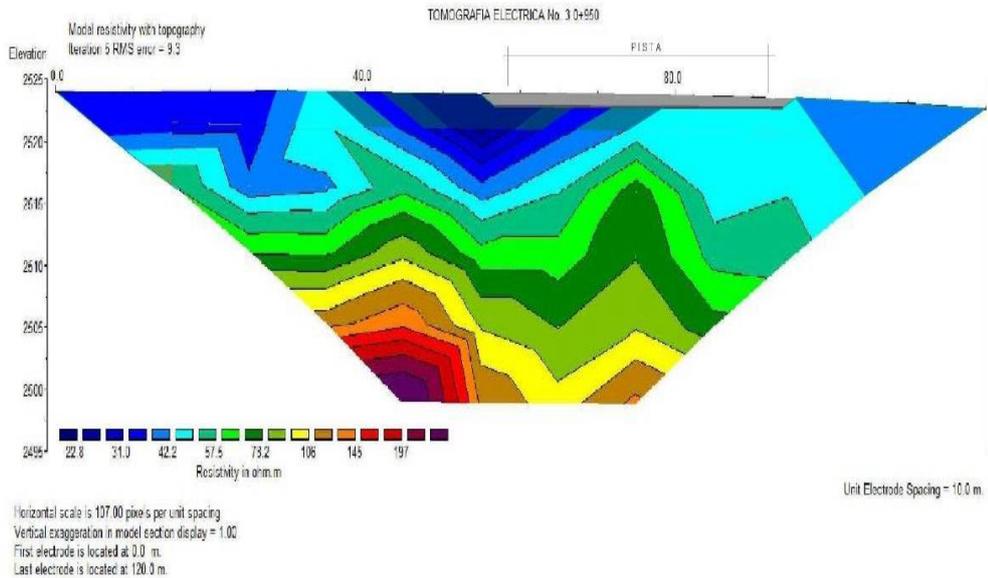


*Ilustración 2.23: Interpretación tomografía eléctrica TE-02, transversal a la pista.*

*Fuente: (PROMANVIAL, 2018)*

### iii. Tomografía eléctrica TE-03

La línea para la tomografía eléctrica TE-03 (Ilustración 2.24), se ejecutó en la abscisa 0+950 y tuvo una longitud de 120,00 metros. La pista del aeropuerto se ubica entre las abscisas 0+057 y 0+093, con un ancho de 36,00 metros. Esta interpretación ha alcanzado 25,00 metros de profundidad, se aprecia claramente la distribución de los estratos de baja resistividad asociados con la presencia de agua meteórica infiltrada hacia abajo; hacia el interior disminuyen las posibilidades de que el agua se infiltre a niveles más profundos por ser materiales secos e impermeables tipo arcillas. De esta investigación geoelectrica no ha sido factible reconocer un nivel freático (PROMANVIAL, 2018, págs. 27-28).



*Ilustración 2.24: Interpretación tomografía eléctrica TE-03, transversal a la pista*

*Fuente: (PROMANVIAL, 2018)*

#### **iv. Tomografía eléctrica TE-04**

La línea para la tomografía eléctrica TE-04 (Ilustración 2.25) se ejecutó en la abscisa 1+500 y tuvo una longitud de 120,00 metros. Esta interpretación ha alcanzado 25,00 metros de profundidad, se aprecia claramente la distribución de los estratos de baja resistividad asociados con la presencia de agua infiltrada y que hacia el interior disminuyen las posibilidades de que el agua se infiltre a niveles más profundos debido a que la resistividad eléctrica aumenta. De esta investigación geoelectrica no ha sido factible reconocer un nivel freático (PROMANVIAL, 2018, págs. 28-29).

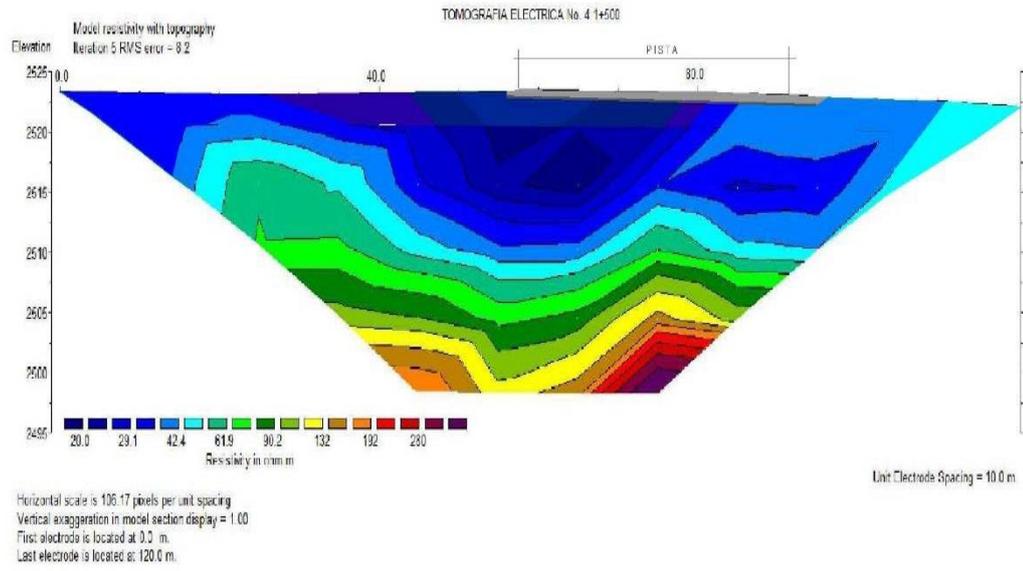


Ilustración 2.25: Interpretación tomografía eléctrica TE-04, transversal a la pista.

Fuente: (PROMANVIAL, 2018)

## **CAPITULO III**

### **DESARROLLO Y RESULTADOS**

#### **3.1 INTRODUCCIÓN**

Los procesos de análisis de aguas subterráneas, niveles freáticos, caudales o flujos subsuperficiales; ayuda al reconocimiento de la presencia de los mismo, esto con el fin de delimitar su extensión, los efectos que tienen y las posibles problemáticas que podría causar en la construcción de una estructura o generar en una ya existente. Para identificarlas se emplean varios estudios morfológicos, métodos geofísicos de resistividad eléctrica tales como las tomografías o sondeos eléctricos y también las perforaciones verticales como son los piezómetros.

El aeropuerto Mariscal La Mar de la ciudad de Cuenca, ha realizado varias de estos análisis a través de contratación externa; las cuales obtuvieron sus respectivas conclusiones; tomadas en cuenta en esta investigación. En este capítulo se pretende ahondar el método de perforaciones verticales usando los datos de los 10 piezómetros ubicados a lo largo de las áreas verdes que comprenden el área de movimiento del aeropuerto.

El desarrollo del análisis de resultados del proyecto; partiendo de la información tabulada presentada en el Capítulo II, se orienta en la evaluación del comportamiento hidrológico del área de estudio, en el desarrollo de análisis y comparación de características del suelo, subsuelo, correlación entre las precipitaciones en los meses secos y húmedos de la ciudad de Cuenca, y niveles piezométricos; con el fin de evaluar la presencia de un flujo de agua subsuperficial o subterráneo en el área de movimiento del aeropuerto; respondiendo al objetivo principal del estudio.

## **3.2 DESARROLLO**

### **3.2.1 De los parámetros de análisis**

#### **3.2.1.1 Parámetros de análisis para el flujo del agua a través del suelo:**

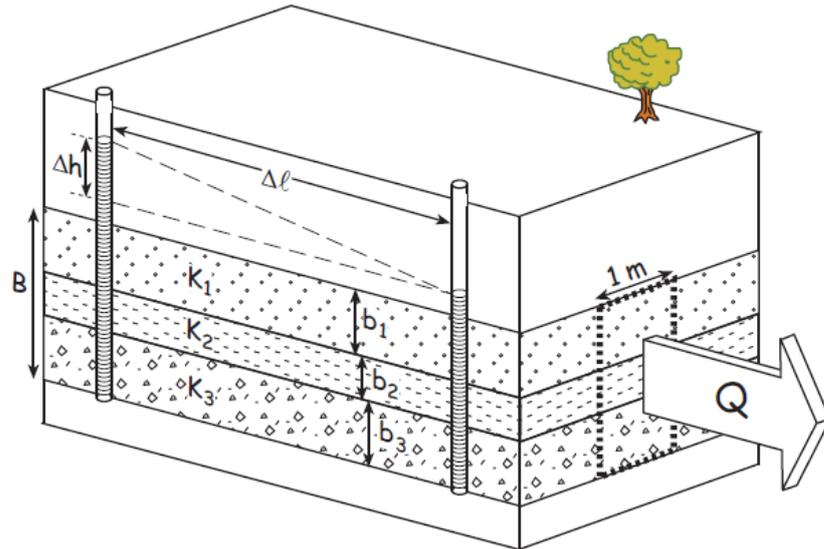
El agua que fluye a través del suelo influenciada por distintos factores que afectan la velocidad y dirección con la que esta se desplaza entre las distintas capas que recorre, entre los factores que afectan el movimiento horizontal o vertical del agua ya sea por infiltración o por movimiento continuo de un nivel freático, se encuentran los factores influyentes en la ley de la conductividad hidráulica de Henry Darcy. Los cuales se pueden resumir como la gradiente y la conductividad hidráulica de un medio poroso por el que un líquido se desplaza.

A nivel de un estudio del nivel freático utilizando como instrumento de medición una serie de pozos de monitoreo o piezómetros, la ley de Darcy puede ser aplicada tomando el medio poroso por el cual se desplaza el agua de infiltración por precipitaciones como las distintas capas de suelo por las cuales se moviliza el agua. De esta manera los coeficientes y factores que entran en acción bajo la ley de Darcy pueden ser estudiados y utilizados de igual manera.

En el caso del Aeropuerto Mariscal La Mar el flujo se analizará de dos maneras, el flujo y el tiempo de infiltración que adquiere el agua lluvia en el medio, analizado mediante el uso de la ley de Darcy y sus coeficientes obtenidos mediante el estudio de campo y la medición de cada uno de los piezómetros.

Para estos análisis es preciso especificar las siguientes fórmulas matemáticas sobre la ley de Darcy:

Movimiento horizontal:



**Q** es el caudal que pasa por la sección de anchura unidad y altura el espesor de las capas (rectángulo punteado grueso).

Los dos sondeos están ranurados en las tres capas. (Podrían estar abiertos solamente en un punto cualquiera de su vertical, ya que suponemos que no existe variación del potencial hidráulico en la misma vertical)

Ilustración 3.1: Movimiento horizontal de agua a través de varias capas

Fuente: : : (Sánchez San Román, 2013, pág. 8)

Bajo la ley de Darcy se especifica que el flujo dentro de un medio poroso de varias capas es igual al negativo de la conductividad hidráulica del medio multiplicado por la altura del medio y por el gradiente hidráulico. (Ilustración 3.1)

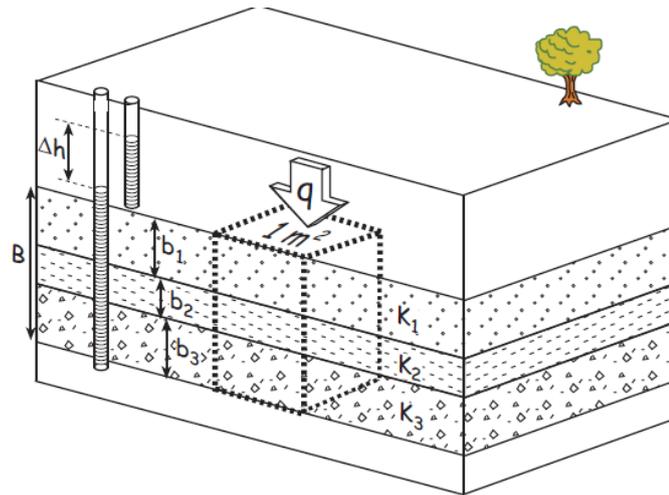
$$Q = -K_h \cdot [B \cdot 1] \cdot \frac{\Delta h}{\Delta l} \quad \text{Ecuación 3-1: Darcy: Flujo horizontal.}$$

$$K_h = \frac{(\sum K_i \cdot b_i)}{B} \quad \text{Ecuación 3-2: Conductividad hidráulica horizontal equivalente}$$

Siendo:

- $K_h$  = conductividad hidraulica horizontal equivalente
- $K_i$  = conductividad hidraulica de cada una de las capas
- $b_i$  = espesor de cada una de las capas
- $B$  = espesor total, suma de todos los espesores

Movimiento vertical:



$q$  es el caudal que circula verticalmente por la sección unidad perpendicular a las capas (vertical a través del prisma señalado en punteado grueso).

Los dos sondeos están abiertos en sus extremos (por encima y por debajo de las tres capas).

Ilustración 3.2 movimiento vertical del agua a través de varias capas.

Fuente: (Sánchez San Román, 2013, pág. 8)

De manera similar, la ley de Darcy dice que el flujo vertical (Ilustración 3.2) a través de capas de distinta conductividad hidráulica se ve dado por el producto entre la conductividad hidráulica vertical equivalente por la diferencia potencial sobre la altura de todas las capas.

$$q = -K_v \cdot \frac{\Delta h}{B}$$

Ecuación 3-3: Darcy: Flujo vertical..

$$K_v = \frac{B}{\sum \frac{b_i}{K_i}}$$

Ecuación 3-4: conductividad hidráulica vertical equivalente

Siendo:

$K_v$  = conductividad hidraulica vertical equivalente

$K_i$  = conductividad hidraulica de cada una de las capas

$b_i$  = espesor de cada una de las capas

$B$  = espesor total, suma de todos los espesores

### 3.2.1.2 Conductividad hidráulica:

Como se vio anteriormente, para poder hallar el flujo de agua que existe en un suelo, es necesario conocer la conductividad hidráulica del mismo, la cual se puede obtener de distintas formas y con distintas consideraciones, sin embargo, debido a los recursos

disponibles para el desarrollo de esta tesis se optó por el método conocido como el Método de piezómetro.

**Método de piezómetro para la obtención de la conductividad hidráulica:**

“Consiste en introducir el piezómetro hasta debajo de la mesa de agua, con o sin una cavidad al fondo explicado en la ilustración 3.3. Como en el método del pozo, después que el nivel de agua alcanza el equilibrio con la mesa de agua, este se baja bombeando el agua y se observa la tasa para alcanzar nuevamente el equilibrio.” (Gabriels, Lobo L., & Pulido M., 2014)

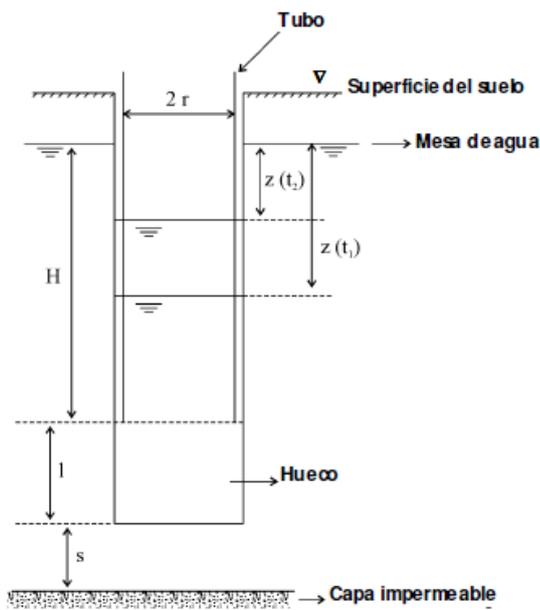


Ilustración 3.3: Descripción grafica de los factores utilizados dentro del método del piezómetro

Fuente: (Gabriels, Lobo L., & Pulido M., 2014)

La conductividad hidráulica viene dada por:

$$K_s = \frac{\pi r^2}{C(t_2 - t_1)} \ln \frac{Z_{t_1}}{Z_{t_2}} \quad \text{Ecuación 3-5: Conductividad hidráulica saturada.}$$

Donde:

$K_s$  = conductividad hidráulica saturada ( $L t^{-1}$ )

$r$  = radio del pozo (L)

$z(t_1)_t z(t_2)$  = altura de la mesa de agua en el pozo por debajo del nivel de equilibrio en el tiempo  $t_1$  y  $t_2$  respectivamente (L)

$t_2 - t_1 = \text{intervalo de tiempo}(t)$   
 $C = \text{factor de forma (función de } H, r)$

Para el valor C, existen diferentes formas de obtenerlo, sin embargo, para suelos con texturas entre arcillosas y arenosas con valores de  $H/2r > \sim 1,0$ . Según lo indicado por (Gabriels, Lobo L., & Pulido M., 2014) Se utiliza la siguiente ecuación.

$$C = 0.316 \frac{H}{2r} + 0.184 \quad \text{Ecuación 3-6: Factor de forma}$$

Donde H es la longitud del piezómetro.

### 3.2.1.3 Obtención de la conductividad hidráulica por medio de tablas de datos:

Debido a las circunstancias en algunos estudios en donde el acceso a los ensayos que permitirían obtener una conductividad hidráulica del suelo en particular es algo dificultoso, entonces existen tablas construidas a partir de ensayos que muestran una conductividad hidráulica que se puede asumir para un cálculo dependiendo del tipo de suelo a estudiar. Como se indica en la tabla 3-1:

<b>Tabla 3-1: Tabla de valores de la conductividad hidráulica según el tipo de suelo.</b>		
<b>Rangos de permeabilidad intrínseca y conductividad hidráulica para sedimentos no consolidados</b>		
<b>Material</b>	<b>Permeabilidad intrínseca (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>conductividad hidráulica (cm/s)</b>
Arcilla	$10^{-6} - 10^{-3}$	$10^{-9} - 10^{-6}$
Limo, Limos arenosos, arena arcillosa	$10^{-3} - 10^{-1}$	$10^{-6} - 10^{-4}$
arena limosa, arena fina	$10^{-2} - 1$	$10^{-5} - 10^{-3}$
Arena bien graduada, deslave glacial	$1 - 10^2$	$10^{-3} - 10^{-1}$
Gravas bien graduadas	$10 - 10^3$	$10^{-2} - 1$
<b>Fuente: (Gilbert Gedeon, 1999)</b>		

Teniendo en cuenta la experiencia en campo y el análisis de suelos provisto por la CORPAC para el desarrollo de este trabajo, se conoce con seguridad que la mayoría de los suelos que rodean los pozos de medición en el aeropuerto, están conformados por arcilla los cuales tienen un valor de conductividad hidráulica entre  $10^{-9}$  y  $10^{-6}$  cm/s.

#### **3.2.1.4 Flujo de agua a través del suelo:**

Considerando la información del estudio de suelos entregado por la CORPAC del Aeropuerto Mariscal La Mar, se puede inferir que los pozos de los cuales se ha extraído las muestras para el análisis de suelos no son los mismos pozos o calicatas en los que se instalaron los piezómetros que fueron sujeto de estudio. Las muestras de suelo fueron tomadas en distintos puntos clave para otros proyectos que llevo a cabo el aeropuerto; sin embargo, debido a la proximidad de dichas muestras a la ubicación actual de los piezómetros estudiados para este análisis, se utilizará la información únicamente de los piezómetros más cercanos a estas calicatas. Esto puede afectar la veracidad de los resultados debido a un posible cambio en la estructura de los suelos que puede diferir entre el lugar de análisis y el lugar donde el piezómetro se encuentra realmente.

Para este análisis se consideró utilizar datos en los que los piezómetros mostraran un nivel considerable que permita apreciar una relación del flujo de los piezómetros, considerando que la teoría de la ley de Darcy indica que generalmente un líquido tiende a moverse desde el punto de mayor a menor energía, a pesar de esta relación en el presente estudio los valores encontrados se consideran como un flujo que sigue a la pendiente de la pista. La cual se considera como descendiente desde el piezómetro P1(0+060izq.) hasta el piezómetro P7(1+800izq.).

Debido a que la información requerida se obtuvo a partir del ensayo de clasificación de suelos del estudio realizado por la CORPAC en distintas calicatas, se tuvo que asumir una conductividad hidráulica apoyándose en las tablas y ábacos las cuales tenían como punto de comparación el análisis de clasificación de suelo, es decir en función a la característica del suelo que predomina entre los suelos analizados. (ver tabla3-2)

Tabla 3-2: Resumen de suelos y conductividad hidráulica en piezómetros del lado izquierdo de la pista.

PROFUNDIDAD PIEZÓMETRO	PIEZÓMETROS CON SUS ABSCISAS					Descripción
	P1 (0+060)	P10 (0+060)	P9 (0+480)	P8 (0+900)	P7 (0+040)	
	Arcillas baja plasticidad (CL)	Tipo de suelo				
	$10^{-8}$ (cm/seg.)	$10^{-8}$ (cm/seg.)	$10^{-8}$ (cm/seg)	$10^{-8}$ (cm/seg)	$10^{-8}$ (cm/seg)	Conductividad hidráulica (K)
	Arcillas baja plasticidad (CL)	Arcillas baja plasticidad (CL)	Arcilla baja plasticidad (CL)	Arcilla baja plasticidad (CL)	Arcilla baja plasticidad (CL)	Tipo de suelo
	$10^{-8}$ (cm/seg)	Conductividad hidráulica (K)				
	Arena limosa (SM)	Arena limosa (SM)	Arcilla baja plasticidad (CL)	Arcilla baja plasticidad (CL)	Arcilla baja plasticidad (CL)	Tipo de suelo
	$10^{-5}$ (cm/seg)	$10^{-5}$ (cm/seg)	$10^{-8}$ (cm/seg)	$10^{-8}$ (cm/seg)	$10^{-8}$ (cm/seg)	Conductividad hidráulica (K)
	Arena limosa (SM)	Arena limosa (SM)	Arcilla baja plasticidad (CL)	Arcilla baja plasticidad (CL)	Arena arcillosa (SC)	Tipo de suelo
	$10^{-5}$ (cm/seg)	$10^{-5}$ (cm/seg)	$10^{-8}$ (cm/seg)	$10^{-8}$ (cm/seg)	$10^{-4}$ (cm/seg)	Conductividad hidráulica (K)
	Arena arcillosa (SC)	Limo baja plasticidad (ML)	Arena limosa (SM)	Arena arcillosa (SC)	Arena arcillosa (SC)	Tipo de suelo
	$10^{-4}$ (cm/seg)	$10^{-7}$ (cm/seg)	$10^{-5}$ (cm/seg)	$10^{-4}$ (cm/seg)	$10^{-4}$ (cm/seg)	Conductividad hidráulica (K)
	Arena arcillosa (SC)	Limo baja plasticidad (ML)	Arena limosa (SM)	Arena arcillosa (SC)	Arena arcillosa (SC)	Tipo de suelo
	$10^{-4}$ (cm/seg)	$10^{-7}$ (cm/seg)	$10^{-5}$ (cm/seg)	$10^{-4}$ (cm/seg)	$10^{-4}$ (cm/seg)	Conductividad hidráulica (K)

Fuente: Elaboración propia.

De esta forma se realizó un análisis de relación entre cada dos piezómetros comenzando desde el piezómetro P1(0+060izq.) hasta el P7(1+800izq.) como indican a continuación:

### 3.2.1.4.1 FLUJO HORIZONTAL:

- **Piezómetro P1(0+060) a P10(0+480)**



Ilustración 3.4: Conductividad hidráulica de P1(0+060) a P10(0+480)

Fuente: Google Earth (2021)

### Análisis de pozos

**Tabla 3-3: Análisis de suelos en los pozos cercanos para el cálculo de la conductividad en P1 y P10**

Tipos de suelo (SUCS) encontrados entre estos piezómetros		
AP-4	AP-5	AP-6
CL	ML	CL
SM	SC	SM
	SC	

**Fuente: Elaboración propia**

Para cada análisis se utilizan los datos obtenidos de los niveles piezométricos de cada día especificado, la conductividad hidráulica ( $K_i$ ) es obtenida a través de una media de la conductividad hidráulica de los suelos que se encuentran entre ambos piezómetros, en este caso entre el P1 y el P10 (Ilustración 3.5), es decir se toman los datos de suelo

de las muestras marcadas como AP-4, AP-5 y AP-6. Así mismo para la obtención de las profundidades ( $b_i$ ) se utilizó la profundidad encontrada en cada análisis de suelo de estas mismas muestras como se indica en la tabla 3-2 y 3-3.

Los valores de la variación en la altura de nivel piezométrico (dh) se calcula por medio de la resta de los valores de las medidas del nivel piezométrico entre los dos piezómetros analizados, es decir:

$$dh = (h_2 - h_1) \quad \text{Ecuación 3-7: variación de alturas}$$

donde:

$h_2$  = altura piezométrica en el piezómetro de llegada P10 (0+480)

$h_1$  = altura piezométrica en el piezómetro de inicio P1(0+060)

Así mismo la diferencia en la distancia horizontal (dh) está dada por la longitud existente entre los piezómetros, es decir 420 metros o para la congruencia con las unidades 42000 cm.

Para obtener el flujo (q), se debe calcular una conductividad hidráulica horizontal equivalente (kh), obtenida a través de la aplicación de la fórmula 3-1 dentro de la sección 3.2.1.1. ( ver de la tabla 3-4 a 3-10)

### 1. Evaluación realizada en 3 de marzo de 2021

- Datos de cálculo para esta fecha:

Tabla 3-4: Datos previos al análisis de la conductividad en P1 y P10 el 3/03/2021			
Medidas del nivel piezométrico del 3/3/2021 de los piezómetros		Piezómetro P1-P10	
P1 (0+060)	P10 (0+480)	$K_i$ (cm/seg.)	$b_i$ (cm)
2530,38 m.s.n.m	2527,79 m.s.n.m	1,00E-07	150
		1,00E-05	100
		1,00E-04	100

Fuente: Elaboración propia

- Conductividad hidráulica y Caudal:

$\Sigma(b_i \cdot k_i)$	kh (cm/seg)	dh(cm)	dl (cm)	Q (cm <sup>3</sup> /seg.)	Q (cm <sup>3</sup> /día)
0,011	3,147 E-05	-258,3	42000	0,007	585,293
Fuente: Elaboración propia					

## 2. Evaluación realizada en 5 de abril de 2021

- Datos de cálculo para esta fecha:

Medidas del nivel piezométrico del 5/04/2021		Piezómetro P1-P10	
P1 (0+060)	P10 (0+480)	$K_i$ (cm/seg.)	$b_i$ (cm)
2528,61 m.s.n.m	2526,50 m.s.n.m	1,00E-07	150
		1,00E-05	100
		1,00E-04	100

Fuente: Elaboración propia

- Conductividad hidráulica y Caudal:

$\Sigma(b_i \cdot k_i)$	kh (cm/seg)	dh(cm)	dl (cm)	Q (cm <sup>3</sup> /seg.)	Q (cm <sup>3</sup> /día)
0,011	3,147E-05	-210,3	42000	0,00552	476,528
Fuente: Elaboración propia					

## 3. Evaluación realizada el 23 de abril de 2021

- Datos de cálculo para esta fecha:

Medidas del nivel piezométrico del 23/04/2021		Piezómetro P1-P10	
P1 (0+060)	P10 (0+480)	$K_i$ (cm/seg.)	$b_i$ (cm)
2528,61 m.s.n.m	2525,92 m.s.n.m	1,00E-07	150
		1,00E-05	100
		1,00E-04	100

Fuente: Elaboración propia

- Conductividad hidráulica y Caudal:

**Tabla 3-9: Cálculo de la conductividad hidráulica P1 a P10 del 23/04/2021**

$\sum(b_i \cdot k_i)$	kh (cm/seg)	dh(cm)	dl (cm)	Q (cm <sup>3</sup> /seg.)	Q (cm <sup>3</sup> /día)
0,011	3,147E-05	-268,3	42000	0,00704	607,952

Fuente: Elaboración propia

#### 4. Resumen P1(0+060) a P10(0+480)

**Tabla 3-10: Resumen de flujos y conductividad hidráulica entre P1(0+060) a P10(0+480)**

**Flujos entre el piezómetro 1 (0+060) y el piezómetro 10 (0+480)**

Fecha	K (cm/día)	Q (cm <sup>3</sup> /día)
03/03/2021	2,72	585,293
05/04/2021	2,72	476,528
23/04/2021	2,72	607,952

Fuente: Elaboración propia

- **Piezómetro P10(0+480) a P9(0+900)**



Ilustración 3.5: Conductividad hidráulica de P10(0+480) a P9(0+900)  
Fuente: Google Earth (2021)

## Análisis de pozos

Tabla 3-11: Análisis de suelos en los pozos cercanos para el cálculo de la conductividad en P10 y P9		
Tipos de suelo (SUCS) encontrados entre estos piezómetros		
AP-1	AP-2	AP-3
CL	CL	CL
CL	CL	CL
SM	SC	ML
Fuente: Elaboración propia		

Para cada análisis se utilizan los datos obtenidos de los niveles piezométricos de cada día especificado, cada dato de conductividad hidráulica ( $K_i$ ) es obtenido a través de una media de la conductividad hidráulica de los suelos que se encuentran entre ambos piezómetros, en este caso entre el P10 y el P9 (Ilustración 3.6), es decir se toman los datos de suelo de las muestras marcadas como AP-1, AP-2 y AP-3. Así mismo para la obtención de las profundidades de cada estrato ( $b_i$ ) se utilizó la profundidad encontrada en cada análisis de suelo de estas mismas muestras como se indica en la tabla 3-2 y 3-11.

Los valores de la variación en la altura de nivel piezométrico ( $dh$ ) se calcula por medio de la resta de los valores de las medidas del nivel piezométrico entre los dos piezómetros analizados, es decir:

$$dh = (h_2 - h_1)$$

donde:

$h_2$  = altura piezométrica en el piezómetro de llegada P9 (0+900)

$h_1$  = altura piezométrica en el piezómetro de inicio P10(0+480)

Así mismo la diferencia en la distancia horizontal ( $dh$ ) está dada por la longitud existente entre los piezómetros, es decir 420 metros o para la congruencia con las unidades 42000 cm.

Para obtener el flujo ( $q$ ), se debe calcular una conductividad hidráulica horizontal equivalente ( $kh$ ), obtenida a través de la aplicación de la fórmula 3-1 dentro de la sección 3.2.1.1. ( ver de la tabla 3-12 a 3-18)

## 1. Evaluación realizada en 3 de marzo de 2021

- Datos de cálculo para esta fecha:

Tabla 3-12: Datos previos al análisis de la conductividad en P10 y P9 el 3/03/2021			
Medidas del nivel piezométrico del 3/3/2021		Piezómetro P10-P9	
P10 (0+480)	P9 (0+900)	$K_i$ (cm/seg.)	$b_i$ (cm)
2527,79 m.s.n.m	2523,56 m.s.n.m	1,00E-08	150
		1,00E-08	100
		1,00E-05	100

Fuente: Elaboración propia

- Conductividad hidráulica y Caudal:

Tabla 3-13: Cálculo de la conductividad hidráulica P10 a P9 del 3/03/2021					
$\Sigma(bi*ki)$	kh (cm/seg)	dh(cm)	dl (cm)	Q (cm <sup>3</sup> /seg.)	Q (cm <sup>3</sup> /día)
0,001	2,864E-06	-423,1	42000	0,00101	87,255

Fuente: Elaboración propia

## 2. Evaluación realizada en 5 de abril de 2021

- Datos de cálculo para esta fecha:

Tabla 3-14: Datos previos al análisis de la conductividad en P10 y P9 el 5/04/2021			
Medidas del nivel piezométrico del 5/04/2021		Piezómetro P10-P9	
P10 (0+480)	P9 (0+900)	$K_i$ (cm/seg.)	$b_i$ (cm)
2526,50 m.s.n.m	2522,88 m.s.n.m	1,00E-08	150
		1,00E-08	100
		1,00E-05	100

Fuente: Elaboración propia

- Conductividad hidráulica y Caudal:

Tabla 3-15: Cálculo de la conductividad hidráulica P10 a P9 del 5/04/2021					
$\Sigma(bi*ki)$	kh (cm/seg)	dh(cm)	dl (cm)	Q (cm <sup>3</sup> /seg.)	Q (cm <sup>3</sup> /día)
0,001	2,864E-06	-362,1	42000	0,000864	74,675

Fuente: Elaboración propia

### 3. Evaluación realizada el 23 de abril de 2021

- Datos de cálculo para esta fecha:

Tabla 3-16: Datos previos al análisis de la conductividad en P10 y P9 el 23/04/2021			
Medidas del nivel piezométrico del 23/04/2021		Piezómetro P10-P9	
P10 (0+480)	P9 (0+900)	$K_i$ (cm/seg.)	$b_i$ (cm)
2525,92 m.s.n.m	2522,45 m.s.n.m	1,00E-08	150
		1,00E-08	100
		1,00E-05	100

Fuente: Elaboración propia

- Conductividad hidráulica y Caudal:

Tabla 3-17: Cálculo de la conductividad hidráulica P10 a P9 del 23/04/2021					
$\Sigma(bi*ki)$	kh (cm/seg)	dh(cm)	dl (cm)	Q (cm <sup>3</sup> /seg.)	Q (cm <sup>3</sup> /día)
0,001	2,864E-06	-347,1	42000	0,000828	71,582

Fuente: Elaboración propia

### 4. Resumen P10(0+480) a P9(0+900)

Tabla 3-18: Resumen de flujos y conductividad hidráulica entre P10(0+480) a P9(0+900)		
Flujos entre el piezómetro 10 (0+480) y el piezómetro 9 (0+900)		
Fecha	K (cm/día)	Q (cm <sup>3</sup> /día)
03/03/2021	0,25	87,255
05/04/2021	0,25	74,675
23/04/2021	0,25	71,582

Fuente: Elaboración propia

- **Piezómetro P9(0+900) a P8(1+320)**



Ilustración 3.6: Conductividad hidráulica de P9(0+900) a P8(1+320)

Fuente: Google Earth (2021)

### Análisis de pozos

Tabla 3-19: Análisis de suelos en los pozos cercanos para el cálculo de la conductividad en P9 y P8	
Tipos de suelo (SUCS) encontrados entre estos piezómetros	
<b>AP-9</b>	
CL	
<b>Fuente: Elaboración propia</b>	

Para cada análisis se utilizan los datos obtenidos de los niveles piezométricos de cada día especificado, cada dato de conductividad hidráulica ( $K_i$ ) es obtenido a través de una media de la conductividad hidráulica de los suelos que se encuentran entre ambos piezómetros, en este caso entre el P9 y el P8 (Ilustración 3.7), es decir se toman los datos de suelo de la muestra marcada como AP-9. Así mismo para la obtención de las profundidades de cada estrato ( $b_i$ ) se utilizó la profundidad encontrada en cada análisis de suelo de estas mismas muestras como se indica en la tabla 3-2 y 3-19.

Los valores de la variación en la altura de nivel piezométrico ( $dh$ ) se calcula por medio de la resta de los valores de las medidas del nivel piezométrico entre los dos piezómetros analizados, es decir:

$$dh = (h_2 - h_1)$$

donde:

$h_2$  = altura piezométrica en el piezómetro de llegada P8 (1+320)

$h_1$  = altura piezométrica en el piezómetro de inicio P9 (0+900)

Así mismo la diferencia en la distancia horizontal ( $dh$ ) está dada por la longitud existente entre los piezómetros, es decir 420 metros o para la congruencia con las unidades 42000 cm.

Para obtener el flujo ( $q$ ), se debe calcular una conductividad hidráulica horizontal equivalente ( $kh$ ), obtenida a través de la aplicación de la fórmula 3-1 dentro de la sección 3.2.1.1. ( ver de la tabla 3-20 a 3-26)

### 1. Evaluación realizada en 3 de marzo de 2021

- Datos de cálculo para esta fecha:

Tabla 3-20: Datos previos al análisis de la conductividad en P9 y P8 el 3/03/2021			
Medidas del nivel piezométrico del 3/3/2021		Piezómetro P9-P8	
P9 (0+900)	P8 (1+320)	$K_i$ (cm/seg.)	$b_i$ (cm)
2523,56 m.s.n.m	2520,15 m.s.n.m	1,00E-08	150
		1,00E-08	100
		1,00E-08	100

Fuente: Elaboración propia

- Conductividad hidráulica y Caudal

Tabla 3-21: Cálculo de la conductividad hidráulica P9 a P8 del 3/03/2021					
$\Sigma(b_i \cdot k_i)$	kh (cm/seg)	dh(cm)	dl (cm)	Q (cm <sup>3</sup> /seg.)	Q (cm <sup>3</sup> /día)
3,50E-06	1,00E-08	-341,6	42000	2,847E-06	0,246

Fuente: Elaboración propia

## 2. Evaluación realizada en 5 de abril de 2021

- Datos de cálculo para esta fecha:

Tabla 3-22: Datos previos al análisis de la conductividad en P9 y P8 el 5/04/2021			
Medidas del nivel piezométrico del 5/04/2021		Piezómetro P9-P8	
P9 (0+900)	P8 (1+320)	$K_i$ (cm/seg.)	$b_i$ (cm)
2522,88 m.s.n.m	2519,03 m.s.n.m	1,00E-08	150
		1,00E-08	100
		1,00E-08	100

Fuente: Elaboración propia

- Conductividad hidráulica y Caudal

Tabla 3-23: Cálculo de la conductividad hidráulica P9 a P8 del 5/04/2021					
$\sum(b_i \cdot k_i)$	kh (cm/seg)	dh(cm)	dl (cm)	Q (cm <sup>3</sup> /seg.)	Q (cm <sup>3</sup> /día)
3,50E-06	1,00E-08	-385,6	42000	3,213E-06	0,278

Fuente: Elaboración propia

## 3. Evaluación realizada el 23 de abril de 2021

- Datos de cálculo para esta fecha:

Tabla 3-24: Datos previos al análisis de la conductividad en P9 y P8 el 23/04/2021			
Medidas del nivel piezométrico del 23/04/2021		Piezómetro P9-P8	
P9 (0+900)	P8 (1+320)	$K_i$ (cm/seg.)	$b_i$ (cm)
2522,45 m.s.n.m	2518,88 m.s.n.m	1,00E-08	150
		1,00E-08	100
		1,00E-08	100

Fuente: Elaboración propia

- Conductividad hidráulica y Caudal:

Tabla 3-25: Cálculo de la conductividad hidráulica P9 a P8 del 23/04/2021					
$\sum(b_i \cdot k_i)$	kh (cm/seg)	dh(cm)	dl (cm)	Q (cm <sup>3</sup> /seg.)	Q (cm <sup>3</sup> /día)
3,50E-06	1,00E-08	-357,6	42000	2,98E-06	0,257

Fuente: Elaboración propia

#### 4. Resumen P9(0+900) a P8(1+320)

<i>Tabla 3-26: Resumen de flujos y conductividad hidráulica entre P9(0+900) a P8(1+320)</i>		
<b>Flujos entre el piezómetro 9 (0+900) y el piezómetro 8 (1+320)</b>		
<b>Fecha</b>	<b>K (cm/día)</b>	<b>Q (cm<sup>3</sup>/día)</b>
<b>03/03/2021</b>	0,00086	0,246
<b>05/04/2021</b>	0,00086	0,278
<b>23/04/2021</b>	0,00086	0,257
<b>Fuente: Elaboración propia</b>		

- **Piezómetro P8(1+320) a P7(1+800)**



Ilustración 3.7: Conductividad hidráulica de P8(1+320) a P7(1+800)

Fuente: Google Earth (2021)

#### Análisis de pozos

<i>Tabla 3-27: Análisis de suelos en los pozos cercanos para el cálculo de la conductividad en P8 y P7</i>
<b>Tipos de suelo (SUCS) encontrados entre estos piezómetros</b>
<b>AP-8</b>
CL
SC
<b>Fuente: Elaboración propia</b>

Para cada análisis se utilizan los datos obtenidos de los niveles piezométricos de cada día especificado, cada dato de conductividad hidráulica ( $K_i$ ) es obtenido a través de una media de la conductividad hidráulica de los suelos que se encuentran entre ambos piezómetros, en este caso entre el P8 y el P7 (Ilustración 3.8), es decir se toman los datos de suelo de la muestra marcada como AP-8. Así mismo para la obtención de las profundidades de cada estrato ( $b_i$ ) se utilizó la profundidad encontrada en cada análisis de suelo de estas mismas muestras como se indica en la tabla 3-2 y 3-27.

Los valores de la variación en la altura de nivel piezométrico ( $dh$ ) se calcula por medio de la resta de los valores de las medidas del nivel piezométrico entre los dos piezómetros analizados, es decir:

$$dh = (h_2 - h_1)$$

donde:

$h_2$  = altura piezométrica en el piezómetro de llegada P7 (1+800)

$h_1$  = altura piezométrica en el piezómetro de inicio P8 (1+320)

Así mismo la diferencia en la distancia horizontal ( $dh$ ) está dada por la longitud existente entre los piezómetros, es decir 480 metros o para la congruencia con las unidades utilizadas en el cálculo 48000 cm.

Para obtener el flujo ( $q$ ), se debe calcular una conductividad hidráulica horizontal equivalente ( $kh$ ), obtenida a través de la aplicación de la fórmula 3-1 dentro de la sección 3.2.1.1. ( ver de la tabla 3-28 a 3-34)

### 1. Evaluación realizada en 3 de marzo de 2021

- Datos de cálculo para esta fecha:

Tabla 3-28: Datos previos al análisis de la conductividad en P8 y P7 el 3/03/2021			
Medidas del nivel piezométrico del 3/3/2021		Piezómetro P8-P7	
P8 (1+320)	P7 (1+800)	$K_i$ (cm/seg.)	$b_i$ (cm)
2520,15 m.s.n.m	2515,64 m.s.n.m	1,00E-08	200
		1,00E-04	150
		0	0

Fuente: Elaboración propia

- Conductividad hidráulica y Caudal:

Tabla 3-29: Cálculo de la conductividad hidráulica P8 a P7 del 3/03/2021					
$\Sigma(b_i \cdot k_i)$	kh (cm/seg)	dh(cm)	dl (cm)	Q (cm <sup>3</sup> /seg.)	Q (cm <sup>3</sup> /día)
0,015	4,286E-05	-450,5	48000	0,014	1216,512
Fuente: Elaboración propia					

## 2. Evaluación realizada en 5 de abril de 2021

- Datos de cálculo para esta fecha:

Tabla 3-30: Datos previos al análisis de la conductividad en P8 y P7 el 5/04/2021			
Medidas del nivel piezométrico del 5/04/2021		Piezómetro P8-P7	
P8 (1+320)	P7 (1+800)	$K_i$ (cm/seg.)	$b_i$ (cm)
2519,03 m.s.n.m	2515,49 m.s.n.m	1,00E-08	200
		1,00E-04	150
		0	0

Fuente: Elaboración propia

- Conductividad hidráulica y Caudal:

Tabla 3-31: Cálculo de la conductividad hidráulica P8 a P7 del 5/04/2021					
$\Sigma(b_i \cdot k_i)$	kh (cm/seg)	dh(cm)	dl (cm)	Q (cm <sup>3</sup> /seg.)	Q (cm <sup>3</sup> /día)
0,015	4,286E-05	-353,5	48000	0,0110	954,577
Fuente: Elaboración propia					

## 3. Evaluación realizada el 23 de abril de 2021

- Datos de cálculo para esta fecha:

Tabla 3-32: Datos previos al análisis de la conductividad en P8 y P7 el 23/04/2021			
Medidas del nivel piezométrico del 23/04/2021		Piezómetro P8-P7	
P8 (1+320)	P7 (1+800)	$K_i$ (cm/seg.)	$b_i$ (cm)
2518,88 m.s.n.m	2514,97 m.s.n.m	1,00E-08	200
		1,00E-04	150
		0	0

Fuente: Elaboración propia

- Conductividad hidráulica y Caudal:

$\Sigma(bi*ki)$	kh (cm/seg)	dh(cm)	dl (cm)	Q (cm <sup>3</sup> /seg.)	Q (cm <sup>3</sup> /día)
0,015	4,286E-05	-390,5	48000	0,012	1054,491
Fuente: Elaboración propia					

#### 4. Resumen P8(1+320) a P7(1+800)

Flujos entre el piezómetro 8 (1+320) y el piezómetro 7 (1+800)		
Fecha	K (cm/día)	Q (cm <sup>3</sup> /día)
03/03/2021	3,70	1216,512
05/04/2021	3,70	954,577
23/04/2021	3,70	1054,491
Fuente: Elaboración propia		

#### RESUMEN:

RESUMEN DE CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA HORIZONTAL ENTRE PIEZOMETROS						
PIEZOMETROS	03-mar-21		05-abr-21		23-abr-21	
	Nivel Piezométrico	Q (cm <sup>3</sup> /día)	Nivel Piezométrico	Q (cm <sup>3</sup> /día)	Nivel Piezométrico	Q (cm <sup>3</sup> /día)
P1(0+060) a P10(0+480)	1,77 m	585,293	0,00 m	476,528	0,00 m	607,952
	1,87 m		0,58 m		0,00 m	
P10(0+480) a P9(0+900)	1,87 m	87,255	0,58 m	74,675	0,00 m	71,582
	2,31 m		1,63 m		1,20 m	
P9(0+900) a P8(1+320)	2,31 m	0,246	1,63 m	0,278	1,20 m	0,257
	2,07 m		0,95 m		0,80 m	
P8(1+320) a P7(1+800)	2,07 m	1216,512	0,95 m	954,577	0,80 m	1054,491
	1,19 m		1,04 m		0,74 m	
Fuente: Elaboración propia						

Para este análisis no se pudo realizar un cálculo entre piezómetros transversalmente, es decir, en dirección perpendicular al eje de la pista del aeropuerto. Debido a que para los piezómetros del lado derecho de la pista, no se cuenta con datos de suelos lo suficientemente cercanos como para realizar un análisis confiable incluso considerándolo únicamente teórico.

Con el fin de evaluar el comportamiento de la conductividad en los piezómetros; se tomó la decisión de utilizar los datos obtenidos en los días 3 de marzo, 5 de abril y 23 de abril de 2021, ya que poseen variaciones en sus niveles piezométricos. El 3 de marzo hubo un gran aumento en los niveles de cada piezómetro y posterior a esta fecha las curvas, como se evidenciará en el análisis realizado en el apartado: 3.3 Resultados; comenzaron una tendencia descendente por lo que, el 5 de abril representa, dentro de los datos recolectados, una fecha en la que la curva se encontraba en la mitad de su parte descendente; de la misma manera el 23 de abril es la fecha en la que se aprecia en la mayoría de piezómetros niveles bajos y la curva llega a un punto de inflexión.

Según los cálculos realizados, se especula que sí puede existir un flujo de agua de piezómetro a piezómetro; aunque cabe resaltar, que estos datos no se pueden considerar totalmente confiables debido a la lejanía de los pozos de análisis de suelos con la ubicación de los piezómetros; esto debe tomarse en cuenta al momento de interpretar y utilizar estos datos. Sin embargo, el flujo que se muestra en este análisis refleja un movimiento de agua descendente desde el piezómetro P1(0+060) hasta el piezómetro P7(1+800), esto con la consideración de que la pendiente del aeropuerto es aproximadamente de un 0.8% en dirección del piezómetro P1(0+060) al piezómetro P7(1+800). ( ver tabla 3-35)

Los datos obtenidos son el reflejo de un análisis realizado entre las muestras obtenidas del estudio de suelos entregado por parte de la CORPAC con una profundidad de 3.5m en la mayoría de pozos, y la profundidad máxima de los piezómetros la cual varía entre los 2.5 metros según cada piezómetro.

Con esto en cuenta, se procede a realizar las respectivas interpretaciones sobre estos cálculos. Como se observa, hay momentos en el que el flujo máximo apreciable es de 1216,512 (cm<sup>3</sup>/día) entre el piezómetro P8(1+320) y P7(1+800) así como el segundo flujo máximo de 607,952 (cm<sup>3</sup>/día) entre los piezómetros P1(0+060) y P10(0+480), respectivamente estos flujos ocurrieron en días de mediciones con niveles altos y bajos lo que podría indicar que en un estado de saturación del suelo el flujo tiende a ser mayor en la zona Noreste de la pista del aeropuerto, mientras que cuando la infiltración empieza a actuar y las lluvias son menos frecuentes y más ligeras la misma tendencia sigue presente en ambas zonas críticas de este análisis. Así mismo en días que pertenecen a épocas donde no existe mucha precipitación o precipitación nula el mayor

flujo ocurre entre el piezómetro P1(0+060) y P10(0+480), estos flujos no se consideran como flujos de gran cantidad de agua, pero su existencia indica el movimiento que tomaría el agua de infiltración a través de los suelos del aeropuerto.

Cabe resaltar que estos flujos fueron calculados teniendo en cuenta una altura aproximada desde el nivel de la mar calculada mediante el uso de un nivel de ingeniero hasta el nivel del agua encontrado en las diferentes fechas. Debido a esto en épocas en las que el nivel de agua medido es cero la única diferencia entre alturas es aquella perteneciente a la cota del propio piezómetro lo cual da un cálculo de caudal teórico resultante de haber presencia de agua por debajo de esas cotas, sin embargo al ser un dato teórico solo resulta útil para mostrar la cantidad y dirección de este flujo virtual.

#### **3.2.1.4.2 FLUJO VERTICAL:**

El flujo vertical se calcula tomando en cuenta las diferentes capas de suelo que se encuentran debajo de cada piezómetro, sin embargo, este análisis requiere la información de un solo piezómetro medido en diferentes momentos de tiempo. En este estudio, se tomaron los datos de dos días diferentes el 17 de marzo y el 19 de marzo de 2021, como indica las siguientes tablas de diferentes piezómetros.

Así como para el flujo horizontal, dentro del análisis del flujo vertical influyen los mismos parámetros calculados de manera similar o igual a el flujo horizontal, es decir, la conductividad hidráulica en cada estrato ( $K_i$ ), la profundidad de cada estrato ( $b_i$ ), con la diferencia en la aplicación de la ecuación que en lugar de la fórmula 3-1 se utiliza la fórmula 3-3.

En cambio, de igual manera se necesita encontrar la diferencia de alturas entre los niveles piezométricos medidos en distintas fechas ya que se quiere encontrar la variación por infiltración vertical hallando así únicamente un  $dh$ . Siendo la profundidad de todos los estratos una constante llamada  $B$ .

En similitud al flujo horizontal, se debe encontrar una conductividad hidráulica equivalente para todas las conductividades encontradas en los distintos estratos y para esto se lleva a cabo el proceso necesario para la aplicación de la fórmula 3-1.

- **Piezómetro P1(0+060)**

- Análisis de pozos

<b>Tabla 3-36: Análisis de suelos en los pozos cercanos para el cálculo de la conductividad vertical en P1(0+060)</b>	
<b>Tipos de suelo (SUCS) encontrados entre estos piezómetros</b>	
AP-6	
CL	
SM	
Fuente: Elaboración propia	

- Datos de cálculo para estas fechas

<b>Tabla 3-37: Datos previos al análisis de la conductividad en P1(0+060)</b>			
<b>Medidas del nivel piezometrico</b>		<b>Piezómetro P1</b>	
<b>17-mar.- 2021</b>	<b>19-mar.- 2021</b>	<b><math>K_i</math> (cm/seg.)</b>	<b><math>b_i</math> (cm)</b>
1,65 m	0,54 m	1,00E-07	150
		1,00E-06	100
		1,00E-06	100
Fuente: Elaboración propia			

- Conductividad hidráulica y Caudal:

<b>Tabla 3-38: Cálculo de la conductividad hidráulica vertical de P1(0+060)</b>					
$\Sigma(b_i \cdot k_i)$	$k_v$ (cm/seg)	Dh(cm)	B(cm)	q (cm <sup>3</sup> /seg)	q (cm <sup>3</sup> /día)
1,70E+09	2,06E-07	111	350	-6,529E-08	-0,00564
Fuente: Elaboración propia					

- **Piezómetro P10(0+480)**

- Análisis de pozos

<b>Tabla 3-39: Análisis de suelos en los pozos cercanos para el cálculo de la conductividad vertical en P10(0+480)</b>	
<b>Tipos de suelo (SUCS) encontrados entre estos piezómetros</b>	
AP-5	
ML	
SC	
SC	
Fuente: Elaboración propia	

- Datos de cálculo para estas fechas:

Tabla 3-40: Datos previos al análisis de la conductividad en P10(0+480)			
Medidas del nivel piezométrico		Piezómetro P10	
17-mar.-2021	19-mar.-2021	$K_i$ (cm/seg.)	$b_i$ (cm)
1,85 m	1,79 m	1,00E-09	150
		1,00E-05	100
		1,00E-05	100
Fuente: Elaboración propia			

- Conductividad hidráulica y Caudal

Tabla 3-41: Cálculo de la conductividad hidráulica vertical de P10(0+480)					
$\sum(b_i \cdot k_i)$	$k_v$ (cm/seg)	dh(cm)	B(cm)	q (cm <sup>3</sup> /seg)	q (cm <sup>3</sup> /día)
1,50E+11	2,33E-09	6	350	-3,999E-11	-3,456E-06
Fuente: Elaboración propia					

- **Piezómetro P9(0+900)**

- Análisis de pozos

Tabla 3-42: Análisis de suelos en los pozos cercanos para el cálculo de la conductividad vertical en P9(0+900)
<b>Tipos de suelo (SUCS) encontrados entre estos piezómetros</b>
AP-1
CL
CL
SM
Fuente: Elaboración propia

- Datos de cálculo para estas fechas

Tabla 3-43: Datos previos al análisis de la conductividad en P9(0+900)			
Medidas del nivel piezométrico		Piezómetro P9	
17-mar.-2021	19-mar.-2021	$K_i$ (cm/seg.)	$b_i$ (cm)
2,14 m	2,03 m	1,00E-07	150
		1,00E-07	100
		1,00E-06	100
Fuente: Elaboración propia			

- Conductividad hidráulica y Caudal:

Tabla 3-44: Cálculo de la conductividad hidráulica vertical de P9(0+900)					
$\Sigma(b_i \cdot k_i)$	$k_v$ (cm/seg)	$d_h$ (cm)	$B$ (cm)	$q$ (cm <sup>3</sup> /seg)	$q$ (cm <sup>3</sup> /día)
2,60E+09	1,35E-07	11	350	-4,231E-09	-0,000366
Fuente: Elaboración propia					

• **Piezómetro P8(1+320)**

- Análisis de pozos

Tabla 3-45: Análisis de suelos en los pozos cercanos para el cálculo de la conductividad vertical en P8(1+320)	
<b>Tipos de suelo (SUCS) encontrados entre estos piezómetros</b>	
AP-9	
CL	
Fuente: Elaboración propia	

- Datos de cálculo para estas fechas:

Tabla 3-46: Datos previos al análisis de la conductividad en P8(1+320)			
Medidas del nivel piezométrico		Piezómetro P8	
17-mar.-2021	19-mar.-2021	$K_i$ (cm/seg.)	$b_i$ (cm)
1,92 m	1,72 m	1,00E-07	200
		1,00E-07	150
		0	0
Fuente: Elaboración propia			

- Conductividad hidráulica

Tabla 3-47: Cálculo de la conductividad hidráulica vertical de P8(1+800)					
$\Sigma(b_i \cdot k_i)$	$k_v$ (cm/seg)	$d_h$ (cm)	$B$ (cm)	$q$ (cm <sup>3</sup> /seg)	$q$ (cm <sup>3</sup> /día)
3,50E+09	1,00E-07	20	350	-5,714E-09	-0,000494
Fuente: Elaboración propia					

**RESUMEN:**

*Tabla 3-48: Resumen de conductividad hidráulica vertical.*

<b>RESUMEN DE CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA VERTICAL DE PIEZOMETROS</b>			
<b>PIEZOMETRO</b>	<b>DIA</b>	<b>Nivel Piezométrico</b>	<b>Q (cm<sup>3</sup>/día)</b>
<b>P1(0+060)</b>	17-mar-21	1,65 m	-0,0056
	19-mar-21	0,54 m	
<b>P10(0+480)</b>	17-mar-21	1,85 m	-3,456E-06
	19-mar-21	1,79 m	
<b>P9(0+900)</b>	17-mar-21	2,14 m	-3,66E-04
	19-mar-21	2,03 m	
<b>P8(1+320)</b>	17-mar-21	1,92 m	-4,94E-04
	19-mar-21	1,72 m	

**Fuente: Elaboración propia**

De la misma manera, se escogieron estas fechas debido a que todos los piezómetros analizados tenían una clara variación que ayudaría al análisis; en estas fechas se puede apreciar un decremento claro en la altura de las mediciones.

Como se puede apreciar en la tabla 3-48, el resultado de estos análisis devuelve un flujo de infiltración vertical minúsculo, lo cual puede indicar que la cantidad de agua infiltrada es muy pequeña y la mayor parte del flujo de infiltración se dirige hacia los lados de la pista en lugar de infiltrarse con rapidez verticalmente. Sin embargo, se debería realizar un análisis con piezómetros de mayor profundidad si se desea saber con mayor exactitud, lo que ocurre en estratos más profundos; sería necesario la instalación de piezómetros de mayor profundidad y análisis de suelos más profundos y más cercanos a la zona de instalación del piezómetro.

### **3.2.2 Análisis pluviométrico**

#### **3.2.2.1 Precipitación máxima diaria**

Los gráficos que se muestran a continuación (ver Ilustración 3.9, 3.10 y 3.11), están basados en los datos de las Tablas 2-2, 2-3 y 2-4; donde, mediante un gráfico de barras se visualiza la precipitación máxima diaria (mm) de cada mes del año 2020 y los datos hasta el mes de abril y parcialmente del mes de mayo del año 2021; precipitaciones obtenidas de la estación Totoracocha; las estaciones de Ricaurte y del Cebollar, se muestra la precipitación máxima diaria (mm) de cada mes de 2020 y datos hasta el mes de junio 2021.

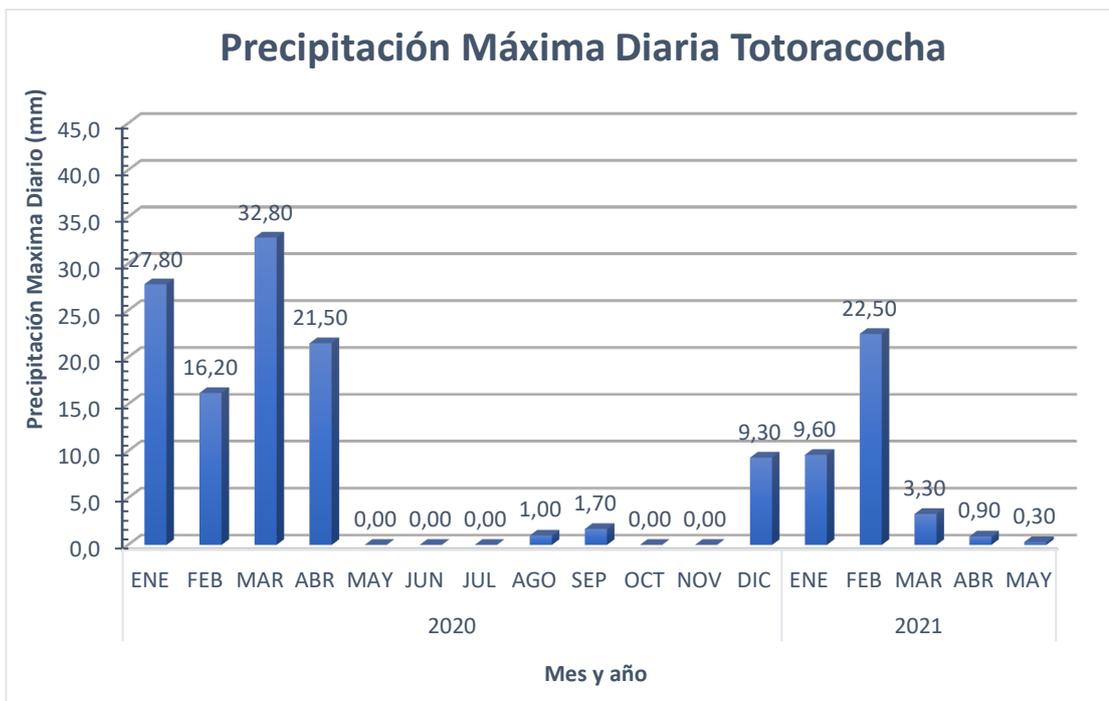


Ilustración 3.8: Precipitaciones máxima diaria estación de Totoracocha(2020-2021)

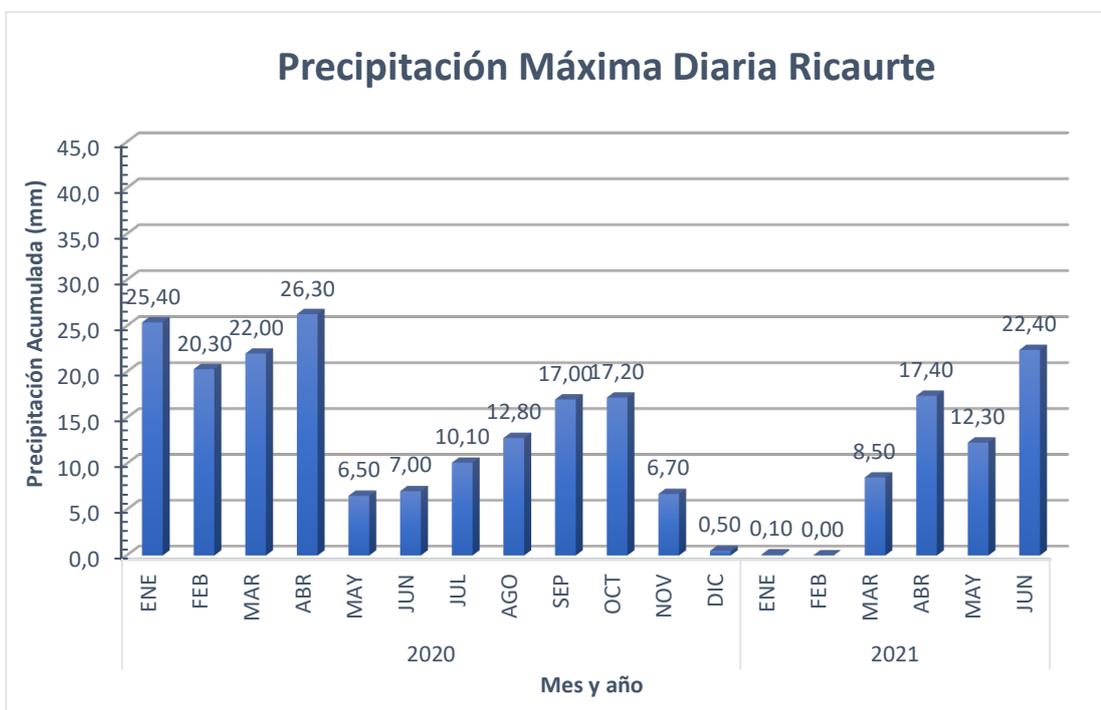


Ilustración 3.9: Precipitaciones máxima diaria estación de Ricaurte (2020-2021)

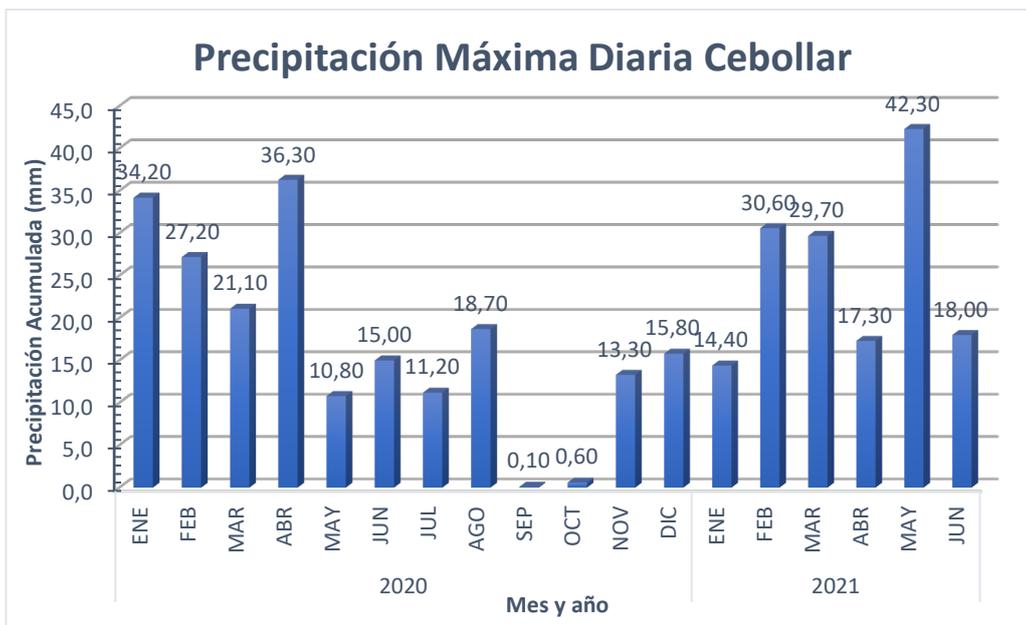


Ilustración 3.10: Precipitaciones máxima diaria estación de Cebollar(2020-2021)

### 3.2.2.2 Precipitación máxima promedio 2020-2021

De igual manera, en la Ilustración 3.12, se observa las precipitaciones promedio diaria máxima de los años en estudio (2020 - 2021). Al realizar el promedio de las precipitaciones máximas diaria mensual, se puede visualizar con claridad, que la zona de estudio presenta precipitaciones regulares, las cuales aumentan de manera considerable en los meses de enero, febrero y marzo, y se registra una disminución en abril, retomando en diciembre.

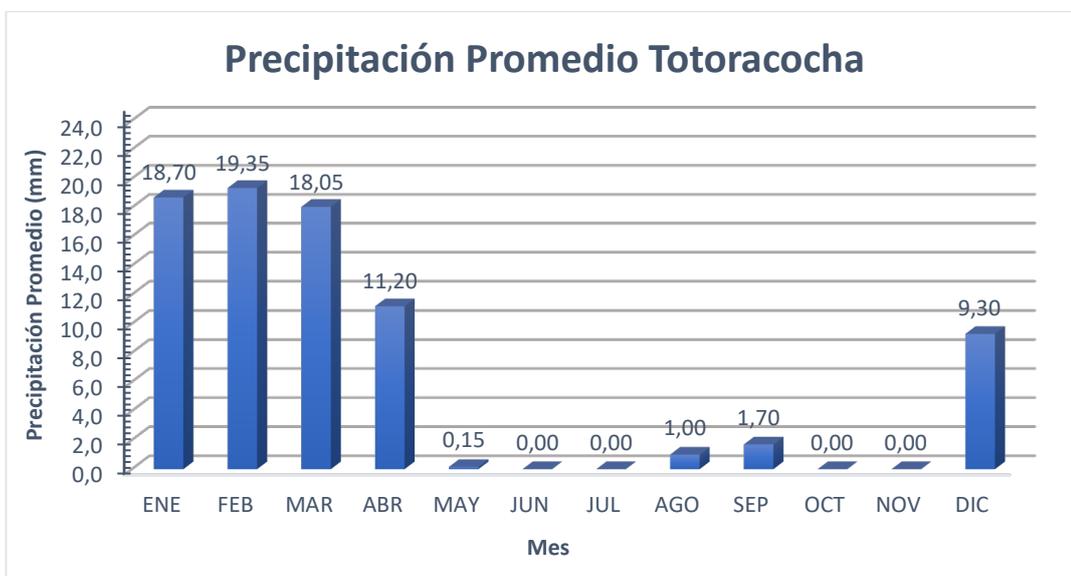


Ilustración 3.11: Precipitación promedio de la estación de Totoracocho (2020-2021)

Para las estaciones aledañas como son Ricaurte y Cebollar, se obtuvo las siguientes graficas(ver Ilustración 3.13 y 3.14); mostrando un comportamiento totalmente distinto, pero coincidiendo en los primeros meses del año.

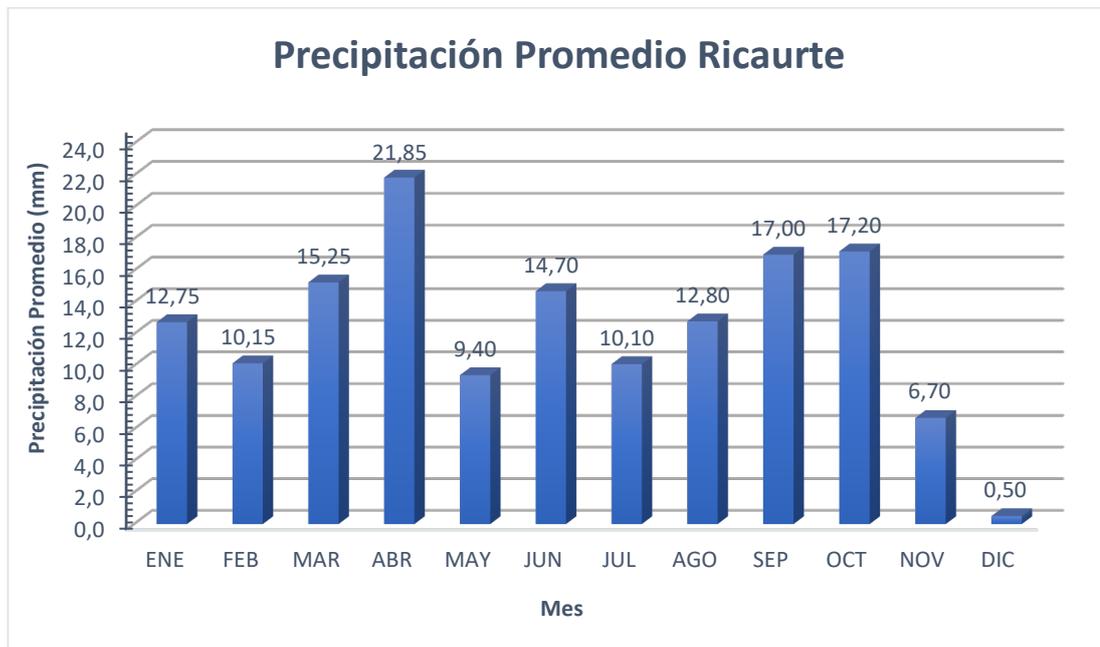


Ilustración 3.12: Precipitación promedio de la estación de Ricaurte (2020-2021 )

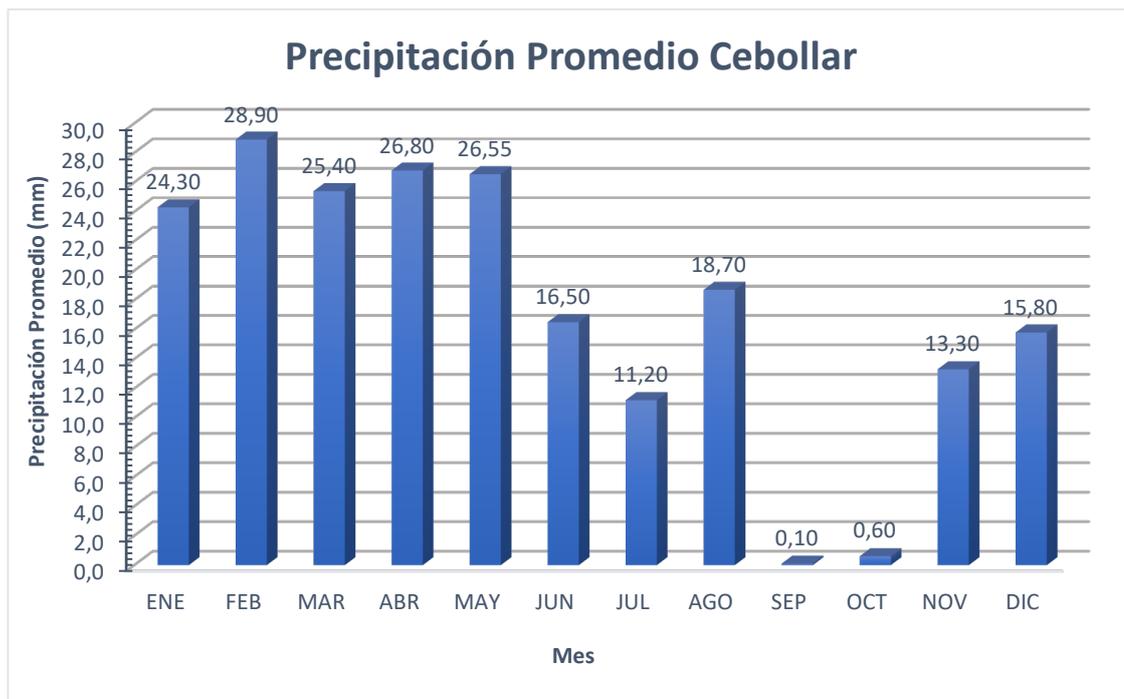


Ilustración 3.13: Precipitación promedio de la estación del Cebollar (2020-2021 )

### 3.2.2.3 Precipitación del periodo de estudio

El periodo de estudio de campo realizado en el presente proyecto fue desde el 15 de octubre del año 2020 hasta el 3 de mayo de 2021, a lo largo de estos 6 meses se procedió a medir el nivel de cada uno de los piezómetros 3 veces por semana como se especifica en el capítulo anterior, es por ello que se ha realizado gráficas de precipitación-día, del periodo de estudio.

Al realizar una correlación directa con el registro de precipitaciones, es recomendable usar el de la estación más cercana y si es posible que se encuentre dentro de la zona. Previo a la elección de la estación, se debe verificar que los datos presenten continuidad, no existan inconsistencias y tengan relación con los registros de las características ambientales y meteorológicas tomadas por el evaluador cada día del levantamiento de datos.

En este caso, la estación de Totoracocha es la más cercana como se puede observar en la Ilustración 2.16; sin embargo, como se evidencia en las gráficas, existe discontinuidad e inconsistencias. Es por ello, por lo que se evalúa dos estaciones adicionales, Ricaurte y Cebollar.

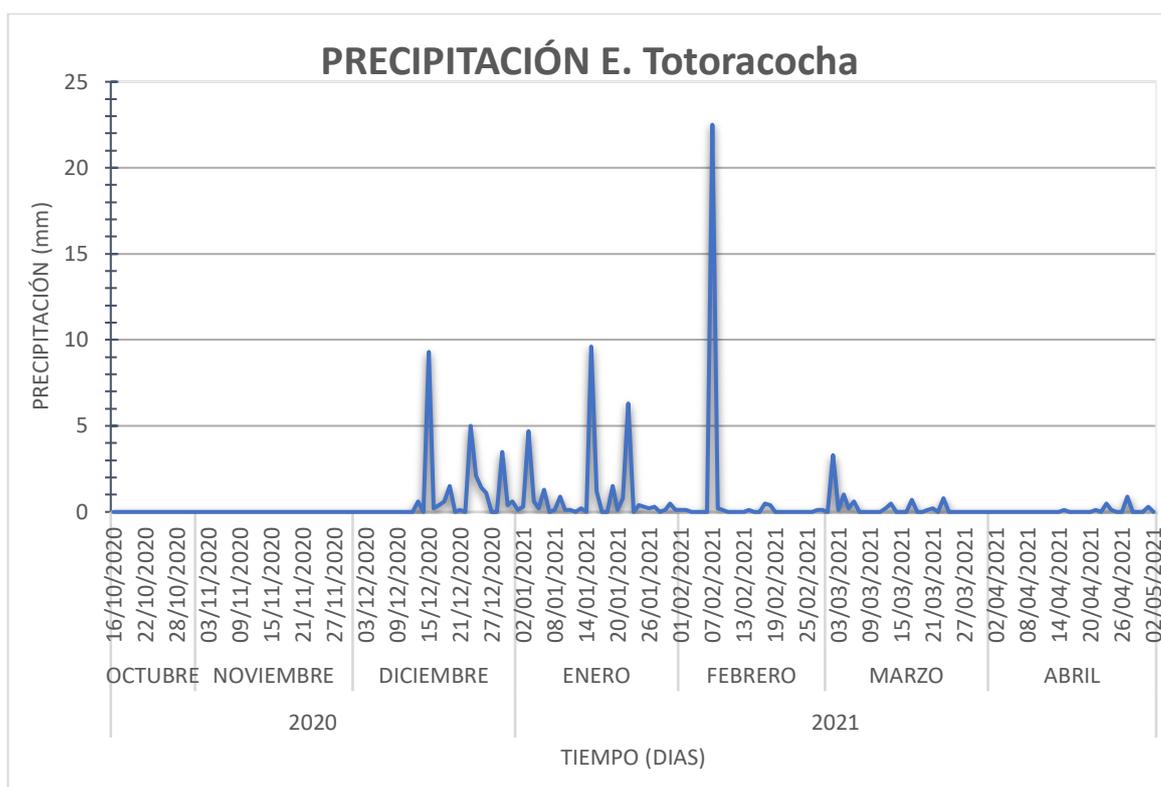


Ilustración 3.14: Precipitación diaria del periodo de estudio de la estación Totoracocha.

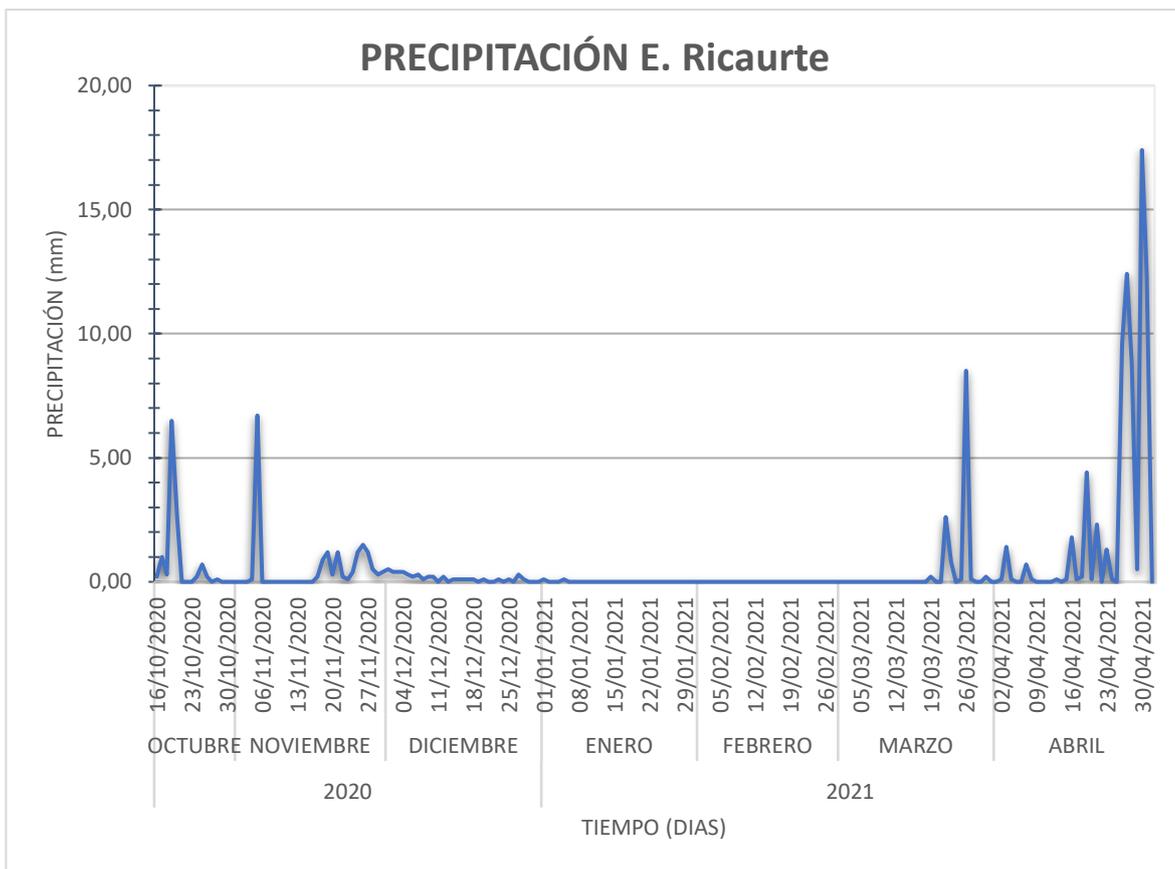


Ilustración 3.15: Precipitación diaria del periodo de estudio de la estación Ricaurte.

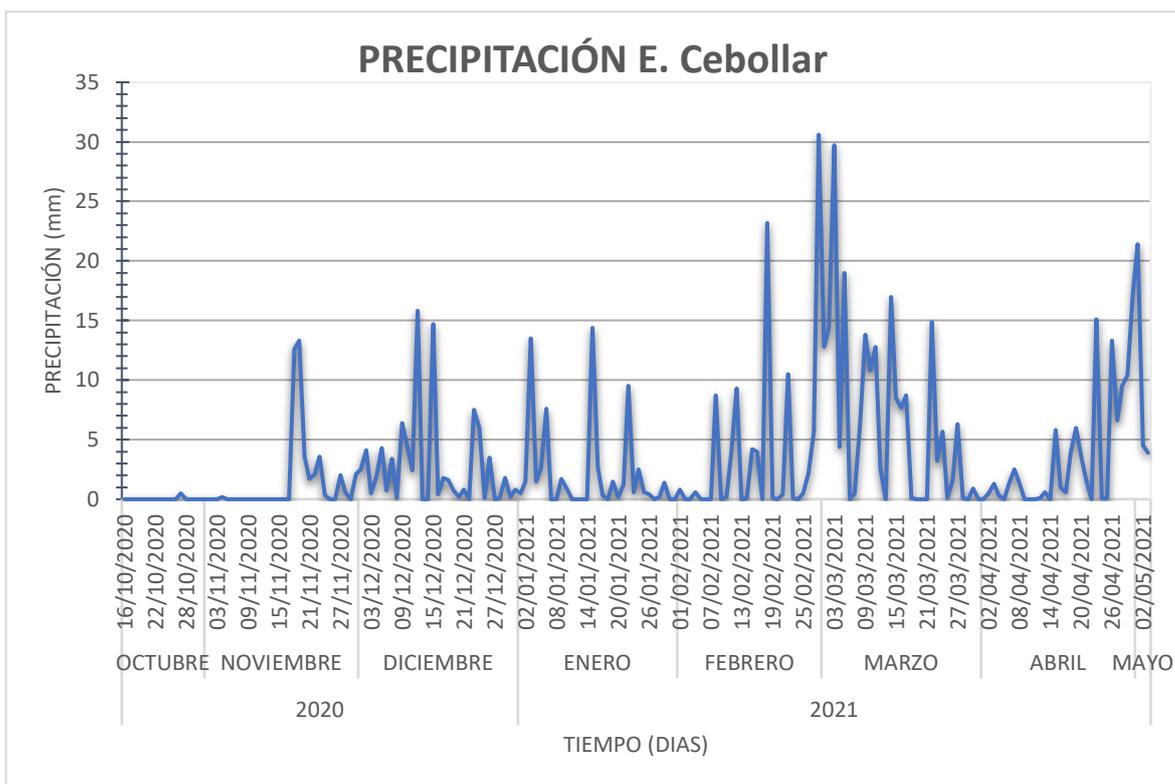


Ilustración 3.16: Precipitación diaria del periodo de estudio de la estación Cebollar.

Al analizar las ilustraciones 3.15, 3.16 y 3.17, se puede notar gran variación en los registros, esto se le atribuye a la distancia entre cada una de ellas y debido a que en la ciudad de Cuenca existe variabilidad en las zonas de precipitación. Además, se tiene presente que, dentro de un registro de precipitaciones puede existir errores ya sea técnicos o de tabulación, por ello el cálculo de la precipitación media en el área de estudio, muchas veces esclarece los resultados obtenidos. Se puede utilizar el método que se ajuste más a la realidad y características de la cuenca o zona de estudio.

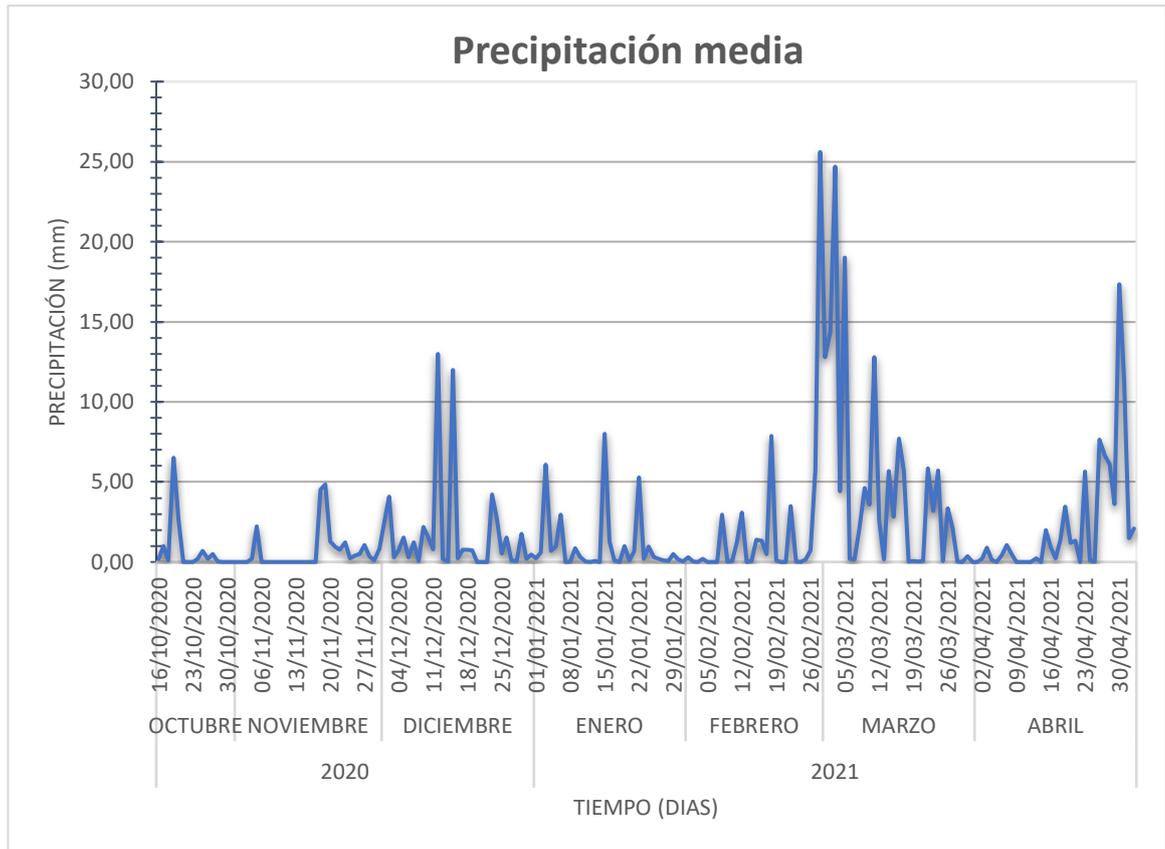
### **Precipitación media:**

Al presentar gran variación de registros entre las 3 estaciones analizadas, se procede a buscar la precipitación media, con el fin de correlacionar cada una de las estaciones.

Como se explica, existen varios métodos para el cálculo de la precipitación media. Se consideró y evaluó dos metodologías: precipitación aritmética y distancias inversas; además se consideró realizar corrección de datos a través del método de curva de doble masa (Anexo 7); se comparó con los niveles piezométricos y se evaluaron los resultados, concluyendo que el método que más se adapta a este análisis es el aritmético.

El método de precipitación media aritmético realiza un promedio con las precipitaciones de cada una de las estaciones estudiadas, ajustando y correlacionando cada valor. En la estación de Totoracocha, Cebollar y Ricaurte existen grandes variaciones sin embargo tienen relación entre sí por lo que cumplen con lo especificado en el método, obteniendo de esta manera un diagrama de precipitación media que se ajusta con los datos de campo.

Cabe recalcar, que lo más conveniente sería poseer los datos de la estación ubicada en el aeropuerto Mariscal La Mar ya que los resultados tendrían mayor precisión.



*Ilustración 3.17: Precipitación media diaria.*

En los valores de precipitación media obtenida durante el periodo 2020-2021, se observa que los registros de precipitación diarios registran varios picos, siendo los más evidentes los asentados en los meses de diciembre 2020, febrero 2021, marzo 2021 y finales de abril 2021. Como se observa en la ilustración 3.18.

### 3.2.3 Análisis de suelos

Dentro del análisis realizado en el presente proyecto, tanto como ara el uso de las fórmulas y los datos necesarios para calcular e interpretar la conductividad hidráulica se debe conocer la composición de los suelos que forman el medio por el cual el flujo de agua se trasladará; para esto la CORPAC proporcionó un estudio de suelos de 10 pozos AP ubicados a lo largo de la pista, el área de movimiento y plataforma del aeropuerto; los estudios presentan una clasificación de suelos, se realizaron calicatas y se extrajeron muestras para su posterior análisis de laboratorio y clasificación.

En la ilustración 3.19 se observa la ubicación de estos puntos de análisis:



*Ilustración 3.18: Vista superior del aeropuerto Mariscal La Mar con la ubicación de la toma de muestras para estudio de suelos*

Como se puede apreciar estas muestras fueron tomadas en varios puntos, ya sea en espacios cubiertos de concreto(plataforma) o de asfalto(pista activa) del área de movimiento del aeropuerto; el análisis que se llevó a cabo considera que la proximidad de estos puntos al área de estudio, es decir donde es estipula el flujo de agua entre piezómetros, podría generar bases para apoyar los resultados obtenidos.

**Suelos observados durante el análisis:**

Al procesar y tabular los análisis de suelo disponibles se ordenaron en la tabla 3-49, de la siguiente manera:

Tabla 3-49: Muestras de suelo con sus clasificaciones (SUCS)

AP-1	AP-2	AP-3	AP-4	AP-5	AP-6	AP-8	AP-9
CL	CL	CL	CI	ML	CL	CL	CL
CL	CL	CL	SM	SC	SM	SC	
SM	SC	ML		SC			

**Fuente: Elaboración propia**

La tabla 3.44 contiene un resumen de los análisis de las muestras que se utilizaron para el cálculo del flujo o conductividad. Se decidió mantener fuera del análisis las muestras AP7- y AP-10 debido a que su ubicación no representa proximidad al área de estudio,

es decir se encuentran en la plataforma del aeropuerto por lo cual se consideraron muy lejanas y poco específicas para su aporte a este estudio.

### **Interpretación de suelos y conductividad hidráulica:**

Para la obtención empírica de la conductividad hidráulica mediante la tabla 3-2, es necesario entender la composición del suelo, debido a que se obtuvo en función del material que conforma la mayor parte de los diferentes estratos encontrados en los estudios de suelos. La conductividad hidráulica se interpretó de la siguiente forma:

<i>Tabla 3-50: Descripción de suelos (SUCS)</i>		
<b>Tipo de suelo (SUCS)</b>	<b>Descripción</b>	<b>K<sub>i</sub> (cm/seg)</b>
<b>SC</b>	Mayoritariamente arena con una cantidad relevante de arcilla en su composición.	10 <sup>(-5)</sup>
<b>SM</b>	Mayoritariamente arena con una cantidad relevante de limos en su composición.	10 <sup>(-6)</sup>
<b>CL</b>	Mayoritariamente arcilla de baja compresibilidad con poca permeabilidad.	10 <sup>(-7)</sup>
<b>ML</b>	Mayoritariamente limo de baja compresibilidad con permeabilidad muy baja.	10 <sup>(-8)</sup>
Fuente: Elaboración propia		

En ocasiones donde existen varios tipos de suelo en el mismo estrato según los estudios de suelos, se toma como válido el valor de la conductividad hidráulica de aquel que pertenezca al suelo que conforme la mayoría dentro de los tipos de suelo encontrados entre los piezómetros. Como por ejemplo en la sección 3.2.1.4.1 del cálculo del flujo horizontal, la conductividad hidráulica horizontal equivalente ( $k_h$ ) utilizada en el cálculo del caudal entre el piezómetro P1 y el piezómetro P10 es de 3,147E-05 (cm/seg) o 2.72 (cm/día), ya que entre estos piezómetros existen tres estratos que van en forma descendiente desde el nivel del suelo hasta una profundidad de 3.50 metros como indican los estudios de suelo, ver anexo 6. de esta forma el tipo de suelo de cada estrato y su respectiva conductividad hidráulica ( $k_i$ ) se encuentran detallados en la tabla 3-2, las mismas que en conjunto con la profundidad de cada estrato ( $b_i$ ) se utilizan para hallar la conductividad hidráulica horizontal equivalente ( $k_h$ ).

Analizando las muestras de suelo disponibles se puede observar que la mayor parte del suelo está conformado por limos y arcillas cerca de la superficie hasta un máximo de 2 metros de profundidad, esto ayuda a entender la capacidad de retención de aguas

superficiales que se observa en épocas de pluviometría elevada en el aeropuerto, además de la lenta absorción y movimiento de aguas a través del suelo tanto horizontal como verticalmente.

### **3.3 RESULTADOS**

Se analizó la relación precipitación – niveles piezométricos de la información recolectada. La información usada es parcialmente continua, debido a que se acudió al levantamiento de datos 3 veces por semana por lo que pueden existir variaciones o vacíos, especialmente en el mes de enero donde las mediciones diarias no son constantes, debido a la irregularidad de recolección de datos por factores externos.

Los 10 piezómetros analizados tienen los mismos periodos de medición y su comportamiento varía según la ubicación en la que se encuentran. Fueron construidos por la Consultora PROMANVIAL Consulting Cía. Ltda en 2018, actualmente no poseen una red de monitoreo. El registro pluviométrico que se ha tomado para realizar el análisis comparativo precipitación – niveles piezométricos corresponde a la precipitación media de las estaciones pluviométricas Totoracocha, Ricaurte y Cebollar, mismas que se encuentran cercanas a los piezómetros analizados.

En general las gráficas que representan el resultado de la tabulación y comparación de datos muestran una clara relación entre precipitación – niveles piezométricos. Esto puede observarse detalladamente durante los picos de precipitación registrados, en los que los niveles piezométricos medidos ascienden y de igual manera durante periodos secos los niveles de agua tienden a disminuir.

Analizando las gráficas precipitación - niveles piezométricos, puede decirse que la variación de estos niveles difiere de su ubicación y los diferentes periodos de medición, ya que unos presentaron niveles constantemente y otros no. Como se evaluará a continuación.

### 3.3.1 Piezómetro P1(0+060)

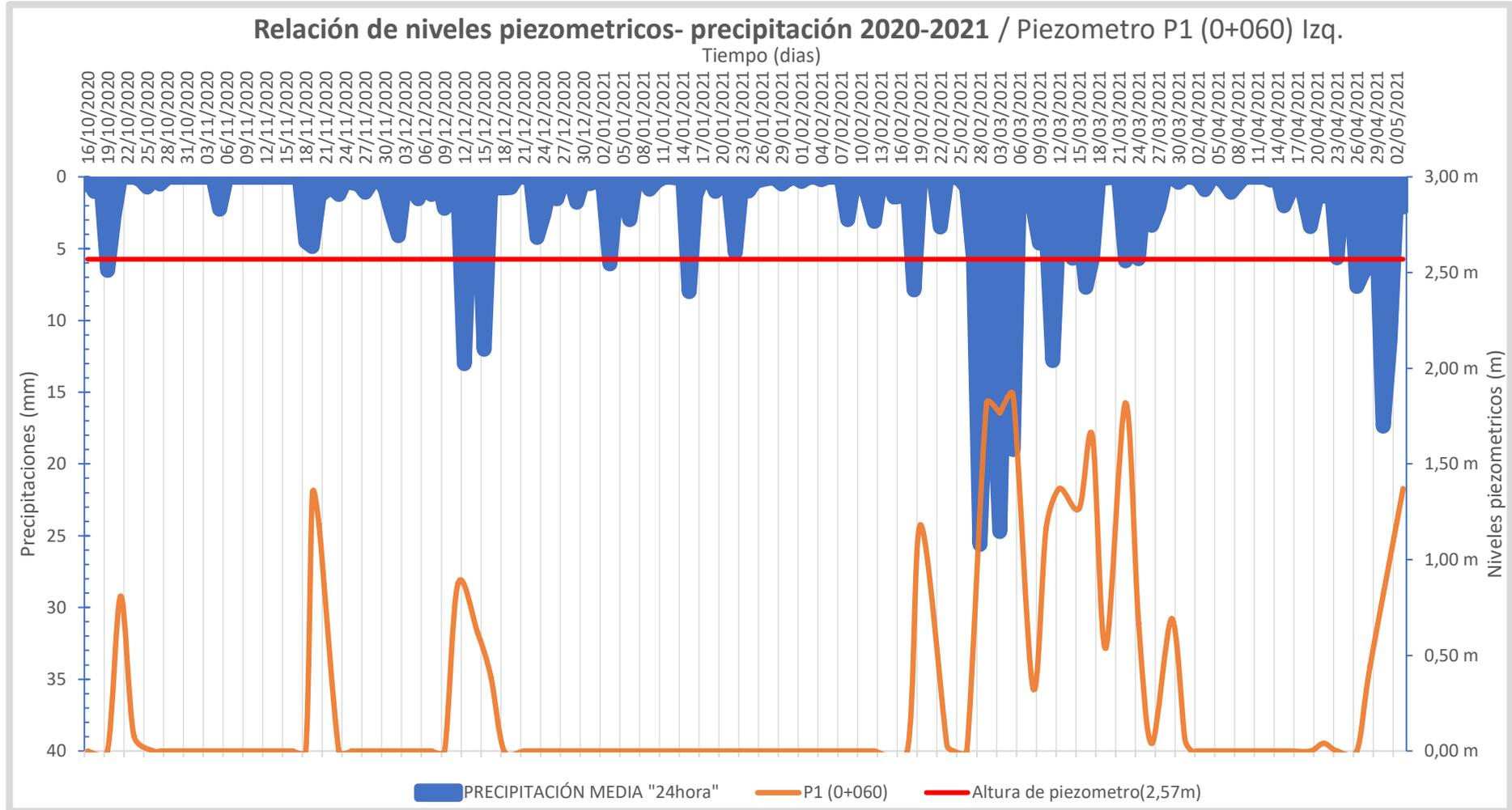


Ilustración 3.19: Relación de niveles piezométricos-precipitaciones de P1(0+060)

El piezómetro P1 (0+060) se encuentra ubicado al lado izquierdo, en la Zona 1, cabecera sur de la pista del aeropuerto Mariscal La Mar.

En todo el periodo de estudio, no presentó gran variación; los niveles registrados eran esporádicos, generando picos o niveles piezométricos luego de la presencia de grandes precipitaciones, cumpliendo la relación precipitación-nivel piezómetro.

Como se puede evidenciar en la Ilustración 3.20:

Se registraron niveles piezométricos dispersos en 2020, siendo los más evidente, en el mes de octubre con 0.81m, noviembre con 1.35m, y diciembre 0.87m. El comportamiento que caracteriza al piezómetro P1, es la capacidad de infiltración, debido a que, si bien generaba datos considerables ante una precipitación, el nivel descendía en un periodo de entre 2 a 5 días. Efecto que también se evidencia en la época de mayor precipitación ocurrida en el periodo de estudio.

El periodo 16 de febrero a 2 de abril de 2021; donde se registró la mayor cantidad de precipitaciones, generó una gran variación en los niveles de todos los piezómetros, viéndose reflejado en el estado de la pista ya que se comprobó de manera visual, la presencia pequeños flujos en el pavimento.

Para el piezómetro P1, este periodo generó el registro de mayor magnitud de sus niveles, siendo el 5 de marzo con 1.86m, además por las constantes precipitaciones, el suelo se saturó de manera que existió una notable disminución de su capacidad de infiltración, llegando a la hipótesis de que podría existir un flujo como se evidencia en el apartado 3.2.1.4 del cálculo de flujo a través de capas de suelo.

### **3.3.2 Piezómetro P2(0+060)**

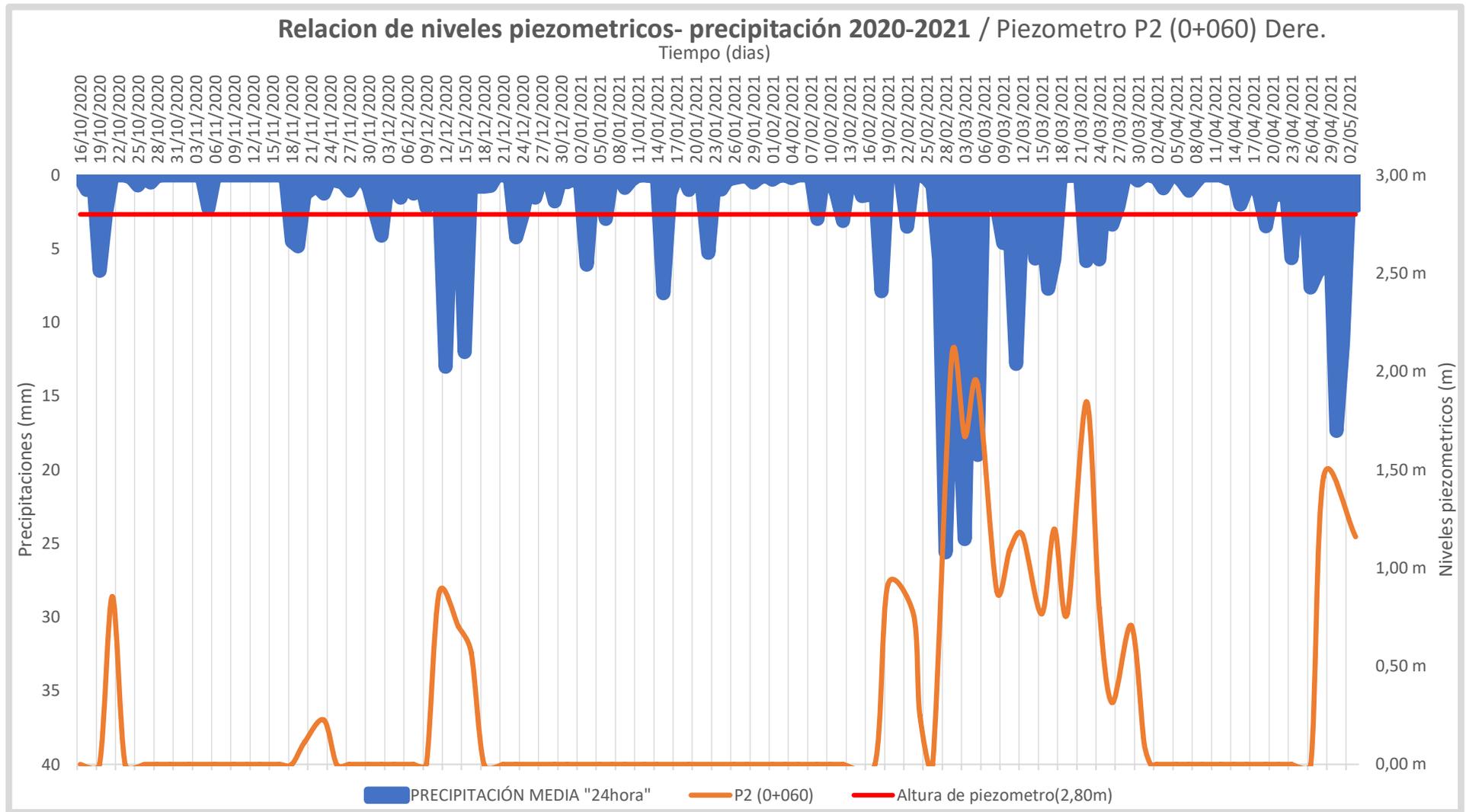


Ilustración 3.20: Relación de niveles piezométricos-precipitaciones de P2(0+060)

El piezómetro P2 (0+060) se encuentra ubicado al lado derecho, en la Zona 1, cabecera sur de la pista del aeropuerto Mariscal La Mar.

Al igual que el piezómetro P1, en el periodo de estudio, no presentó gran variación; los niveles registrados se daban ante la presencia de precipitaciones, generando picos o niveles piezométricos como se observa en la ilustración 3.21, cumpliendo la relación precipitación-nivel piezómetro.

Al ser paralela al piezómetro P1 se percibe que el comportamiento es similar, variando en la capacidad de infiltración en el periodo de mayor precipitación, pero siguiendo la misma tendencia y reacción ante las precipitaciones.

En la ilustración 3.21, se observa:

Niveles piezométrico dispersos en 2020, siendo los más evidente, en el mes de octubre con 0.85m, noviembre con 0.23m, y diciembre 0.87m.

Debido a que se encuentran en la cabecera sur de la pista con una altura aproximada de 2530.91 m.s.n.m. se considera que el flujo de agua sigue la pendiente hacia la cabecera norte; es por ello que al igual que el piezómetro 1 la capacidad de infiltración, es notable, ya que el nivel descendía en un periodo de entre 2 a 7 días.

El periodo 16 de febrero a 2 de abril de 2021; donde se registró la mayor cantidad de precipitaciones, para el piezómetro P2, este periodo generó el registro de mayor magnitud de sus niveles, siendo el 1 de marzo con 2.08m.

El área de movimiento del aeropuerto además de poseer una pendiente longitudinal y una pendiente transversal, teniendo eso en cuenta es conveniente asimilar los flujos o agua subsuperficial que se puede encontrar.

### **3.3.3 Piezómetro P3(0+480)**

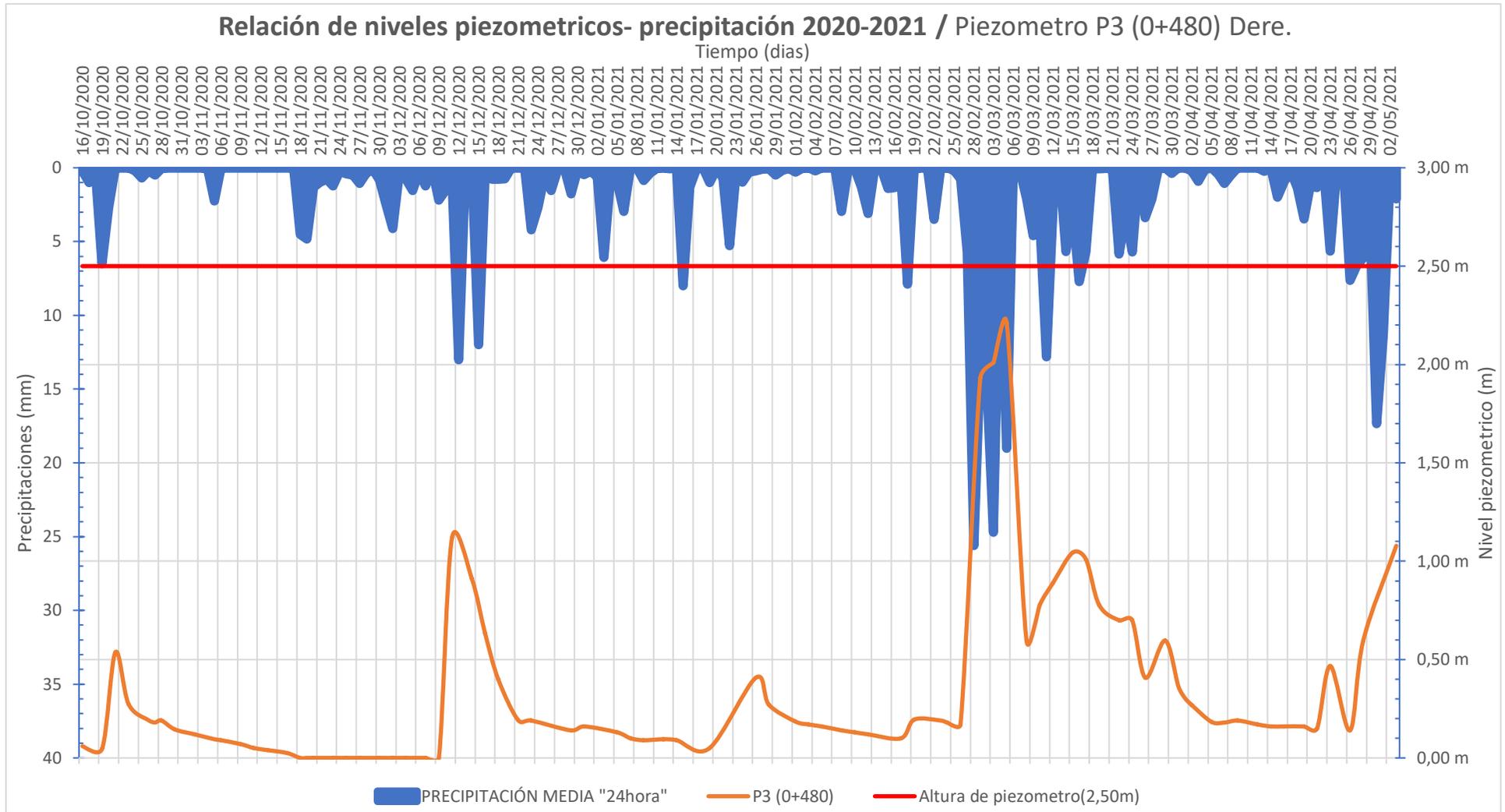


Ilustración 3.21: Relación de niveles piezométricos-precipitaciones de P3(0+480)

El piezómetro P3 (0+480) se encuentra ubicado al lado derecho en la Zona 2, de la pista del aeropuerto Mariscal La Mar.

En el periodo de estudio, presentó gran cantidad de variaciones piezométricas; si bien los niveles registrados que generaban picos luego de la presencia de grandes precipitaciones eran esporádicos. A diferencia de los piezómetros ubicados en la cota 0+060, el piezómetro P3 presenta niveles en todo el periodo, aunque estos sean mínimos; sin embargo, de igual manera su comportamiento refleja la relación precipitación-nivel piezómetro.

Como se puede evidenciar en la Ilustración 3.22:

Existen varios picos que sobresalen en todo el periodo de estudio, siendo los más evidentes, en el mes de octubre con 0.54m, diciembre 1.12m de 2020. El periodo 16 de febrero a 2 de abril de 2021; donde se registró la mayor cantidad de precipitaciones, genero mayor magnitud en los niveles del piezómetro P3, siendo el 5 de marzo con 2.21m coincidiendo con el registro de mayor precipitación.

Se presenta un descenso en la intensidad de precipitaciones a finales del mes de marzo el cual se refleja en los niveles piezométricos ya que su descenso se asemeja a una curva exponencial y forma de parábola ya que a finales del mes de abril se registran precipitaciones generando la reacción en el nivel piezométrico.

El piezómetro se encuentra cercano a la cabecera sur de la pista con una altura aproximada de 2527.82 m.s.n.m.; su capacidad de infiltración, o el descenso de los niveles piezómetros hasta ser nulos es más prolongado, como se evidencia después de cada pico. Además, en el periodo de mayor precipitación, el suelo se saturo de manera que se observó en el área de piezómetro inundaciones o encharcamiento de agua.

### **3.3.4 Piezómetro P10(0+480)**

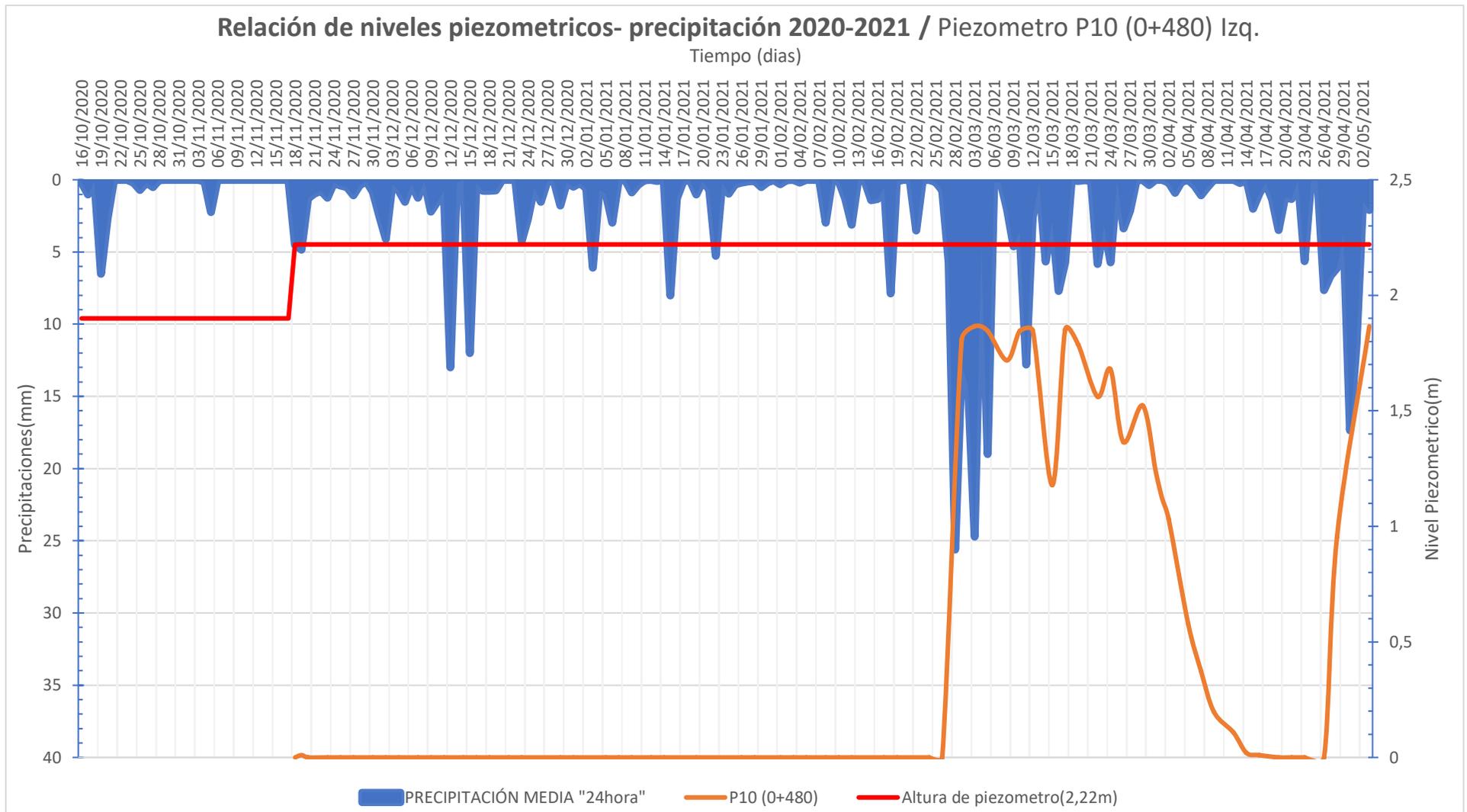


Ilustración 3.22: Relación de niveles piezométricos-precipitaciones de P10(0+480)

El piezómetro P10 (0+480) se encuentra ubicado al lado izquierdo, en la Zona 2, de la pista del aeropuerto Mariscal La Mar.

El piezómetro fue hallado un mes después, es por esto que no existen registros desde el inicio de estudio de campo. Posterior a su ubicación, reparación y mantenimiento, en el monitoreo que se realizó no se registró ninguna variación en su nivel pese a la presencia de precipitaciones con gran intensidad, hasta la época con mayor presencia de precipitaciones que se dio en el estudio; por lo que se cree que no hubo presencia de niveles piezométricos en el periodo de datos faltantes.

Como se evidencia en la ilustración 3.23:

La línea roja correspondiente a la altura del piezómetro, varía entre 1.90m a 2.22m en el primer mes; esto se dio debido a que se encontraba con esa altura y al ser reparado el piezómetro alcanza la altura de 2.22m.

El piezómetro presento su primer nivel en el periodo 1 de marzo a 2 de abril de 2021, registrando picos de 1.86m, 1.84m y 1.78 m.

Al no presentar gran variación a lo largo del monitoreo, la evolución de infiltración no se puede analizar en distintas épocas. Se puede distinguir en el periodo de disminución de precipitaciones tras el pico registrado, el descenso en los niveles dura alrededor de 16 días llegando a tener niveles nulos. Se conoce que de lado izquierdo de la pista se encuentra ubicado un dren, por el cual se asume el comportamiento del piezómetro. Sin embargo, debido a que en este periodo hubo gran intensidad y constante presencia de precipitaciones, el suelo se saturó de manera que se observó en el área de piezómetro encharcamiento de agua. Lo que se asume provocó enseguida una variación en el nivel a finales del periodo de monitoreo, con lo que concluimos que la relación precipitación-nivel piezométrico es baja en este piezómetro.

### **3.3.5 Piezómetro P4(0+900)**

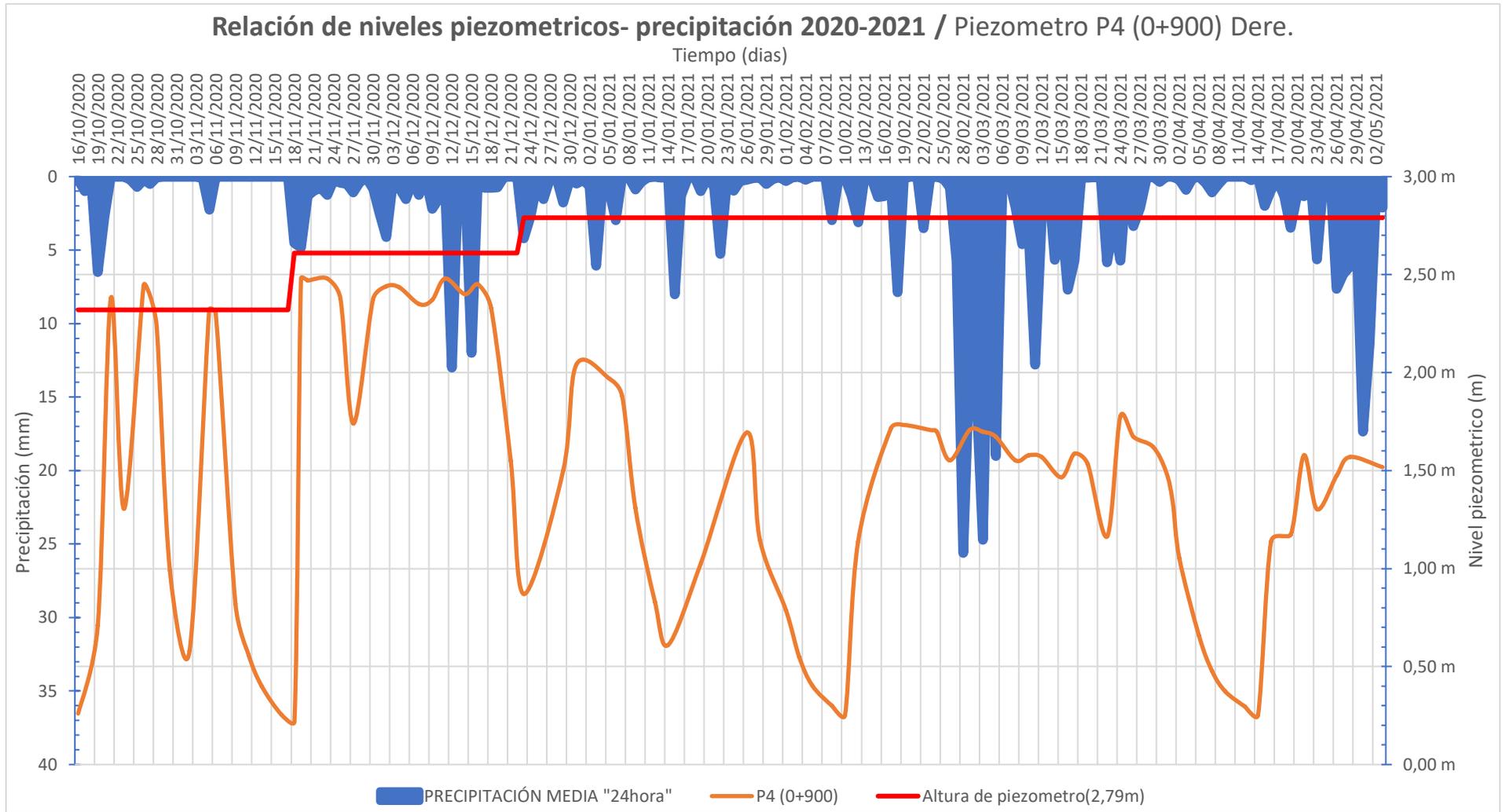


Ilustración 3.23: Relación de niveles piezométricos-precipitaciones de P4(0+900)

El piezómetro P4 (0+900) se encuentra ubicado al lado derecho en la Zona 3, de la pista del aeropuerto Mariscal La Mar.

A diferencia a los piezómetros ya analizados, este piezómetro presentó gran cantidad de variaciones, generando picos ante la presencia de la mayoría de las precipitaciones producidas en el periodo de estudio, afirmando la relación precipitación-nivel piezómetro de manera muy perceptible.

El piezómetro recibió dos procesos de reparación y mantenimiento debido al estado en el que se encontró. Como se puede evidenciar en la ilustración 3.24, la línea roja que indica la altura del piezómetro representa los cambios realizados. El área del piezómetro siempre tenía encharcamientos de agua tras cualquier precipitación que se generaba, se asumió que la infiltración de esa agua, generaba los grandes niveles piezométricos registrados; pese al primer cambio realizado, seguía registrándose grandes niveles, es por ello que en diciembre se realizó una gran reparación como se explicó en el capítulo anterior. Tras ese cambio, si bien el área de piezómetro seguía presentando encharcamientos, los niveles piezométricos bajaron alrededor de 60 cm, deduciendo que existía gran infiltración a la tubería por efecto del mal estado.

En la Ilustración 3.24; existen varios picos que sobresalen en todo el periodo de estudio, pese a la disminución que existió tras realizar los cambios, los niveles registrados eran considerables. En el periodo de 16 de febrero a 2 de abril de 2021, se registró la mayor cantidad de precipitaciones, la cual generó continuidad ante la presencia de nivel de agua en el piezómetro, los niveles variaban entre 1.78m a 1.16m y su área poseía siempre encharcamiento de agua.

Se presenta un descenso en la intensidad de precipitaciones a finales del mes de marzo el cual se refleja en los niveles piezométricos ya que su descenso es constante.

El piezómetro se encuentra aproximadamente en la mitad de la extensión de la pista con una altura aproximada de 2523.41 m.s.n.m.; en todo el periodo de estudio no se registró ningún nivel de 0cm, por lo que se asume que su capacidad de infiltración al momento del descenso de los niveles piezómetros es lenta, como se evidencia en la gráfica.

### 3.3.6 Piezómetro P9(0+900)

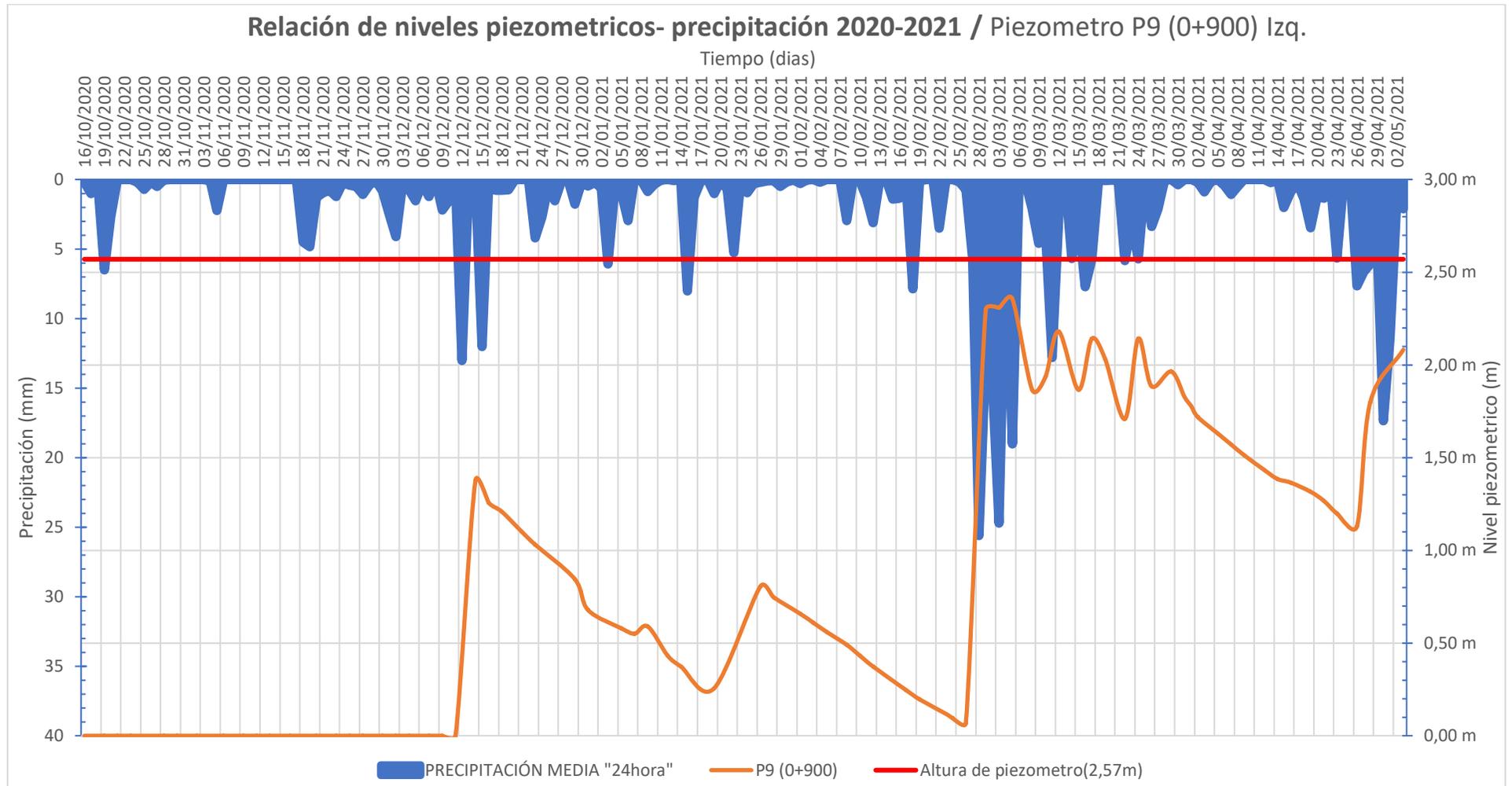


Ilustración 3.24: Relación de niveles piezométricos-precipitaciones de P9(0+900)

El piezómetro P9 (0+900) se encuentra ubicado al lado izquierdo, en la Zona 3, de la pista del aeropuerto Mariscal La Mar.

En el primer periodo de monitoreo no hubo ninguna variación en el nivel, pese a la presencia de precipitaciones en los dos primeros meses; hasta el periodo de precipitación registrado en diciembre, donde se da el primer pico del nivel. El piezómetro al encontrarse de lado izquierdo también presenta influencia por parte del dren.

Como se observa en la ilustración 3.25:

El piezómetro presentó su primer nivel en el periodo 11 de diciembre a 15 de diciembre de 2020, registrando un nivel de 1.37m. El piezómetro, tras presentar este incremento, no registró nuevamente ausencia de agua, siendo el nivel mínimo correspondiente a 7cm el 26 de febrero.

En el periodo de 28 de febrero a 29 de marzo de 2021, se registró la mayor cantidad de precipitaciones, lo cual generó permanencia de nivel de agua en el piezómetro; los niveles variaban entre 2.36m a 1.71m. En este periodo por la constante presencia de precipitaciones, el suelo se saturó de manera que se observó en el área de piezómetro encharcamiento de agua.

Si bien el comportamiento del piezómetro reflejaba la relación precipitación-nivel piezométrico, la infiltración o descenso de estos, representan un punto de estudio y evaluación, ya que este estancamiento da a lugar a saturación en el suelo o subsuelo de la pista. Dando lugar a la hipótesis de presencia de problemas en el drenaje de la pista. Al existir encharcamiento este se puede extender hasta generar flujos en el pavimento de la pista.

### 3.3.7 Piezómetro P5(1+320)

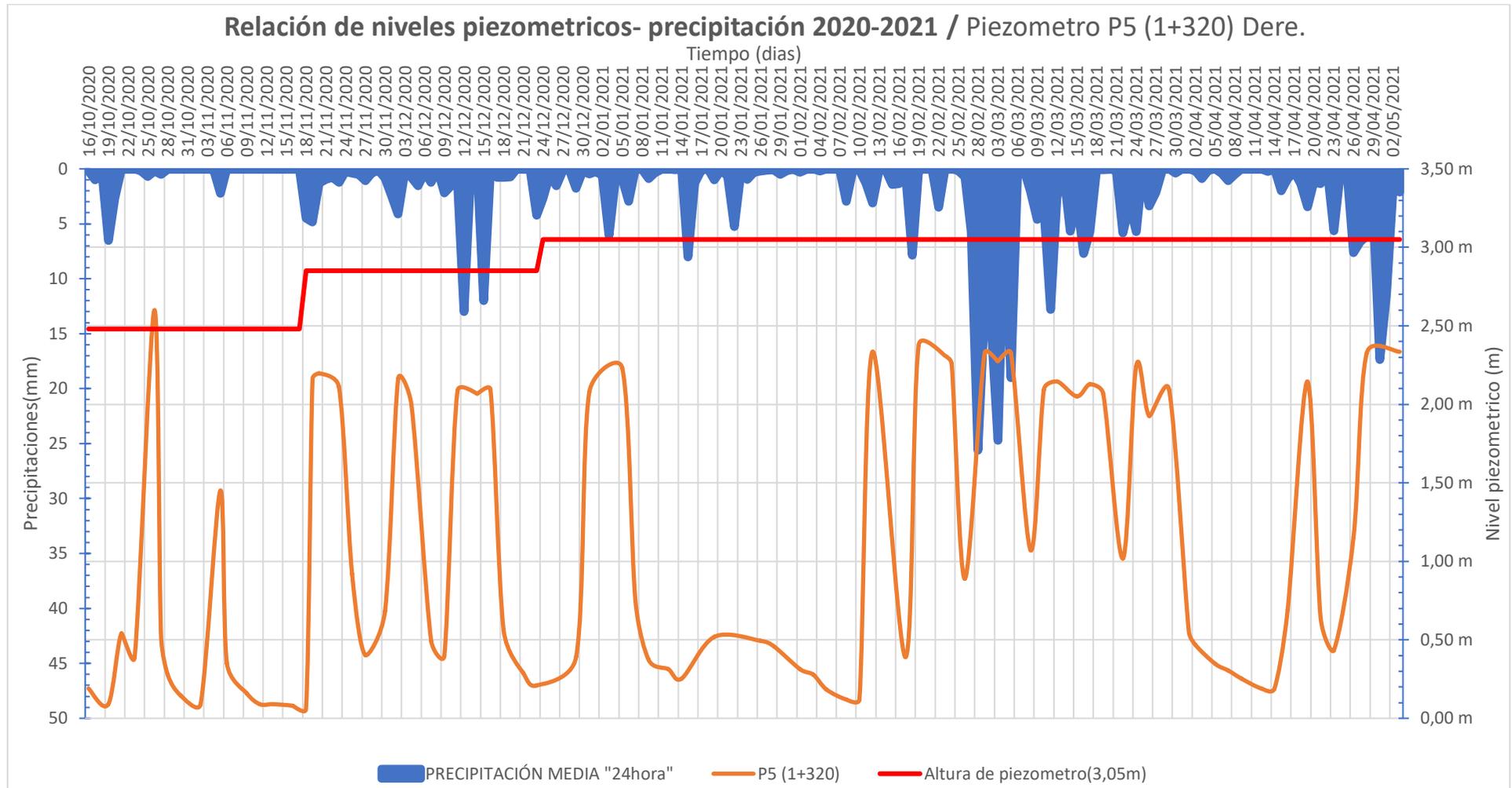


Ilustración 3.25: Relación de niveles piezométricos-precipitaciones de P5(1+320)

El piezómetro P5 (1+320) se encuentra ubicado al lado derecho en la Zona 4, de la pista del aeropuerto Mariscal La Mar.

Al igual que el piezómetro P4 que se encuentra 420m hacia la cabecera sur, el piezómetro P5 presentó gran cantidad de variaciones, generando picos ante la presencia de la mayoría de las precipitaciones producidas en el periodo de estudio, reafirmando la relación precipitación-nivel piezómetro.

El piezómetro presentó las mismas características que el piezómetro P4 recibiendo igual cantidad de reparaciones, la línea roja que indica la altura del piezómetro representa los cambios realizados; así también el área del piezómetro tenía encharcamientos de agua ante cualquier precipitación que se generaba. Tras los cambios realizado, si bien el área de piezómetro seguía presentando encharcamientos, al contrario que el piezómetro P4, los niveles piezométricos no tuvieron variaciones.

En la Ilustración 3.26:

Existen varios picos que sobresalen en todo el periodo de estudio, ya que los niveles registrados eran considerables. En el periodo de 16 de febrero a 2 de abril de 2021, se registró la mayor cantidad de precipitaciones, los niveles variaban entre 2.33m a 1.02m y su área poseía siempre encharcamiento de agua. Su capacidad de infiltración, o el descenso de los niveles piezómetros es evidente, ya que se puede observar que al presentarse un pico en seguida los niveles bajan considerablemente; sin embargo, no se ha registrado un valor nulo, lo que puede representar saturación en el suelo y la existencia de flujos.

El piezómetro se encuentra aproximadamente en la mitad de la extensión de la pista con una altura aproximada de 2519.995 m.s.n.m.

### **3.3.8 Piezómetro P8(1+320)**

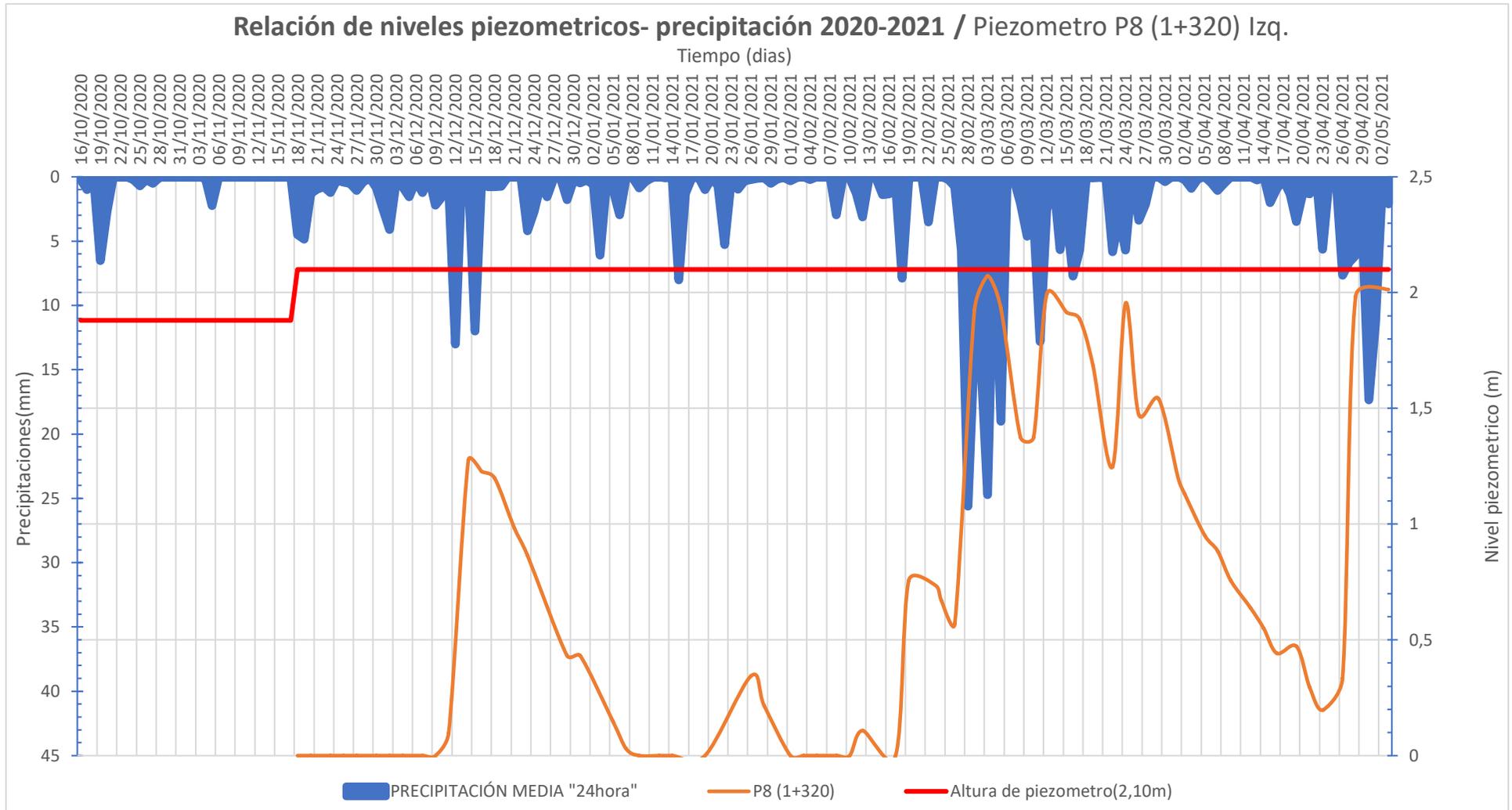


Ilustración 3.26: Relación de niveles piezométricos-precipitaciones de P8(1+320)

El piezómetro P8 (1+320) se encuentra ubicado al lado izquierdo, en la Zona 4, de la pista del aeropuerto Mariscal La Mar.

El piezómetro fue hallado un mes después, es por ello que no existen registros desde el inicio de estudio de campo. Posterior a su ubicación, reparación y mantenimiento, en el monitoreo que se realizó no se registró ninguna variación en su nivel hasta el periodo de precipitación registrado en diciembre, donde se da el primer pico del nivel, por el comportamiento que presentó a lo largo del estudio, se cree que en periodo donde no se lo monitoreo pudo haber presentado niveles. El piezómetro al encontrarse de lado izquierdo también presenta influencia por parte del dren.

Como se evidencia en la ilustración 3.27:

El piezómetro presentó su primer nivel en el periodo 11 de diciembre a 15 de diciembre de 2020, registrando un nivel de 1.28 m. El piezómetro presente constantemente descensos en los niveles obtenidos a lo largo del periodo de estudio.

En el periodo de 28 de febrero a 29 de marzo de 2021, se registró la mayor cantidad de precipitaciones, lo cual generó que el piezómetro sobrepase el nivel de suelo siendo 2.07m el nivel máximo registrado; los niveles variaban entre 2.07m a 1.24m. En este periodo por la constante presencia de precipitaciones, el suelo se saturó de manera que se observó en el área de piezómetro encharcamiento de agua.

Se puede inferir que el piezómetro P8 refleja relación precipitación-nivel piezométrico. Se debe tomar en cuenta el evento ocurrido en el periodo de mayor influencia de las precipitaciones y relacionar los efectos que podría causar la presencia de precipitaciones con mayor intensidad.

### 3.3.9 Piezómetro P6(1+800)

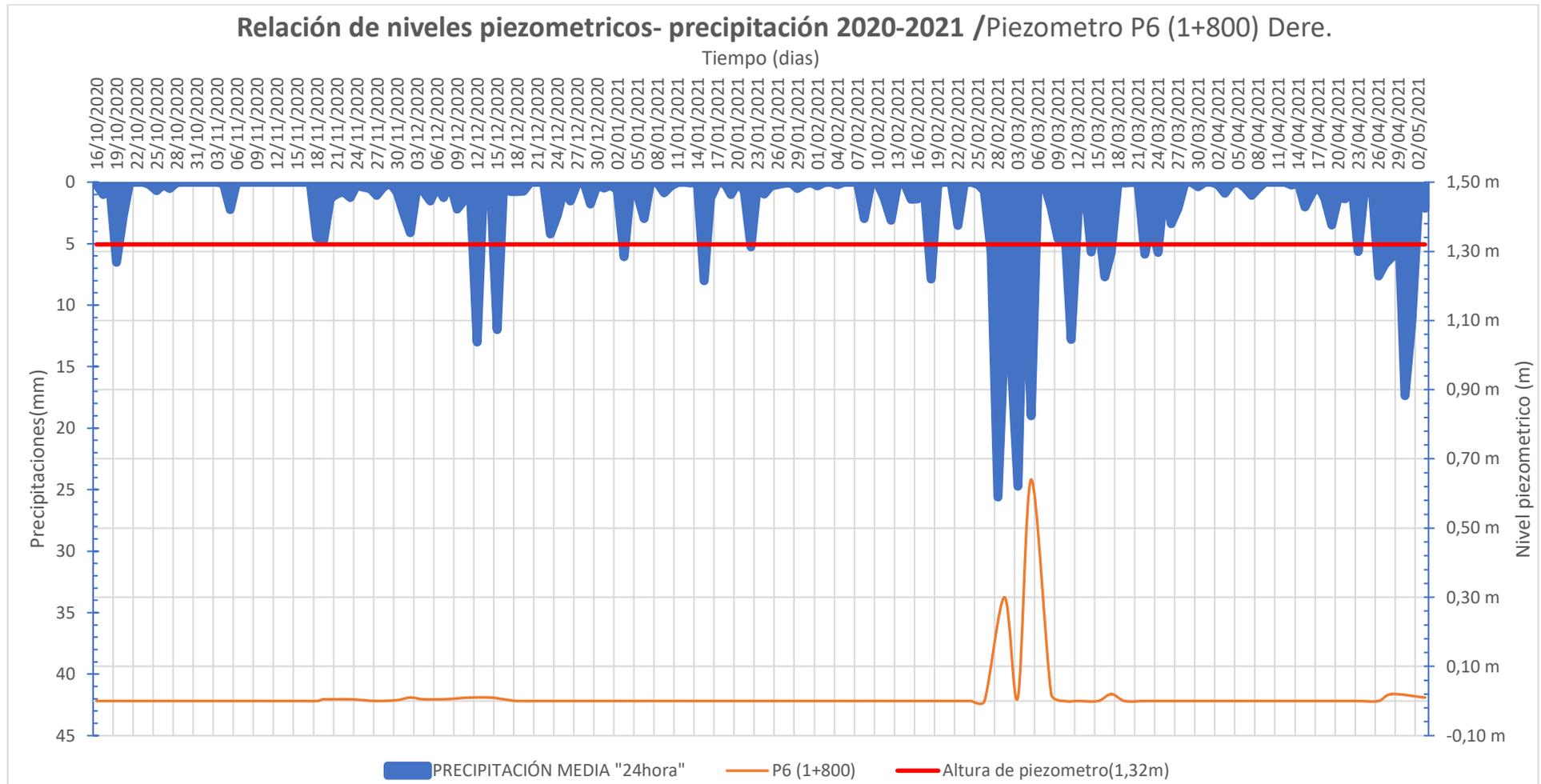


Ilustración 3.27: Relación de niveles piezométricos-precipitaciones de P6(1+800)

El piezómetro P6 (1+800) se encuentra ubicado al lado derecho en la Zona 5, de la pista del aeropuerto Mariscal La Mar.

Como se puede evidenciar en la ilustración 3.28 el piezómetro tiene una profundidad de 1.32m, siendo el piezómetro con menos profundidad en todo el estudio. Al momento de realizar el monitoreo, este presento gran dificultad, debido a que al ingresar los instrumentos de medición se percibía que la tubería se encontraba totalmente rota y se desconocía si los instrumentos alcanzaban el fondo.

Si bien su profundidad no es considerable, el piezómetro P6, al igual que todos los piezómetros ubicados en el aeropuerto Mariscal La Mar, reacciono ante el periodo con mayor intensidad de precipitaciones. Brindando un dato de nivel piezométrico de 30cm y 64cm.

A lo largo del monitoreo al ingresar las herramientas de medición, se denotaba presencia de humedad y registros de 0.5 cm o 1cm.

La relación precipitación-nivel piezométrico no se puede evaluar.

### **3.3.10 Piezómetro P7(1+800)**

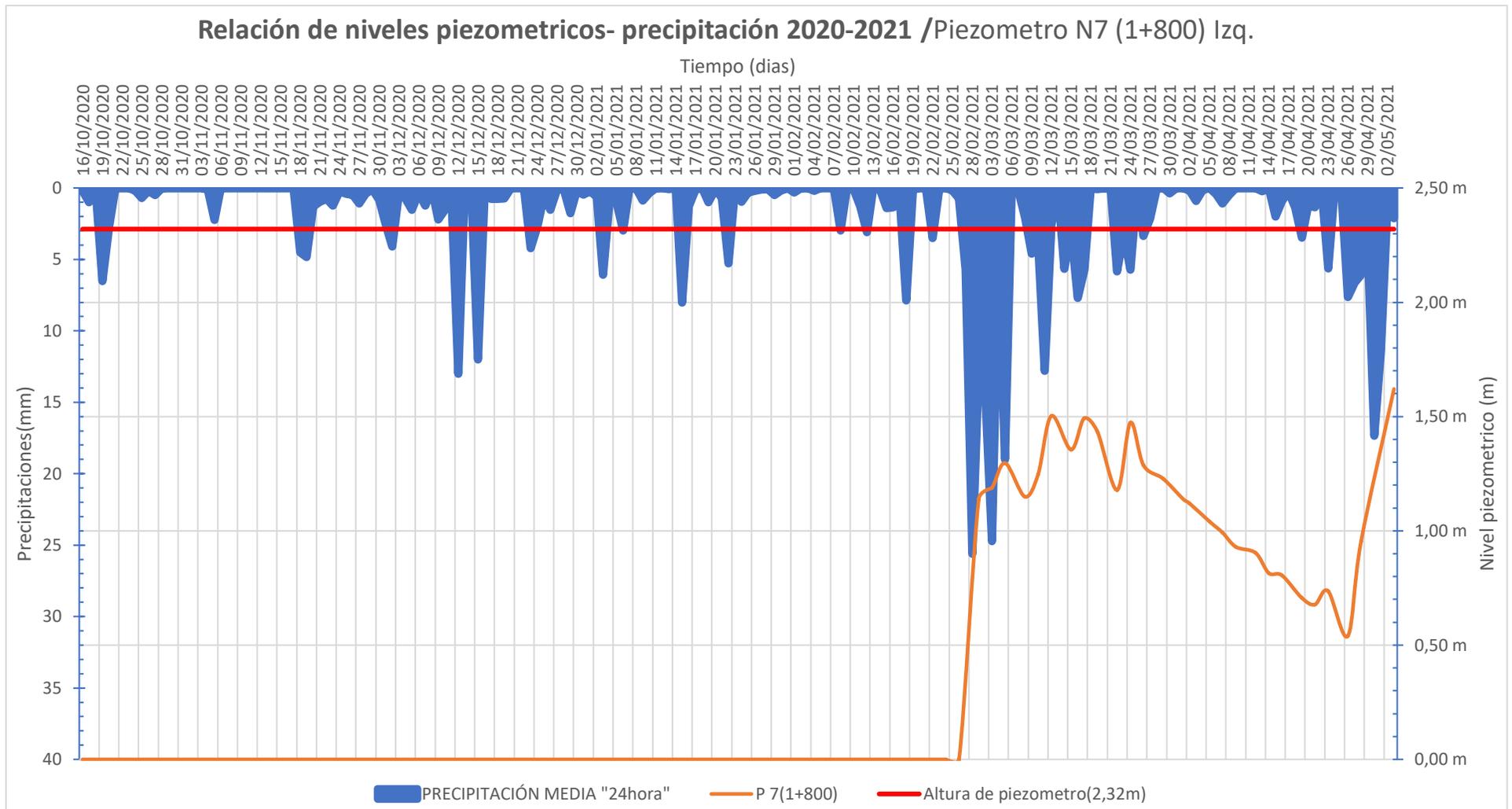


Ilustración 3.28: Relación de niveles piezométricos-precipitaciones de P7(1+800)

El piezómetro P7 (1+800) se encuentra ubicado al lado izquierdo, en la Zona 5-6, de la pista del aeropuerto Mariscal La Mar.

El monitoreo que se realizó no registró ninguna variación en su nivel pese a la presencia de precipitaciones de gran intensidad en los primeros cuatro meses. El primer nivel registrado en el piezómetro se da en la época con mayor registro de precipitaciones. El piezómetro al encontrarse de lado izquierdo también presenta influencia por parte del dren.

Como se observa en la ilustración 3.29:

El piezómetro presento su primer nivel en el periodo 1 de marzo a 29 de marzo de 2021, registrando picos de 1.14m, 1.30m y 1.50 m. sin embargo el pico más alto que se registro fue el 3 de mayo con 1.65m.

Al no presentar gran variación a lo largo del monitoreo, la evolución de infiltración no se puede analizar en distintas apocas. La infiltración o descenso de estos, representan un punto de estudio y evaluación, ya que este estancamiento da a lugar a saturación en el suelo o subsuelo de la pista.

Si bien el comportamiento del piezómetro reflejaba la relación precipitación-nivel piezométrico, esta se da únicamente ante la presencia de grandes precipitaciones y debido a la saturación la infiltración se ve afectada teniendo descensos muy prolongados en los niveles y dando paso a que el nivel pueda aumentar ante cualquier precipitación.

### 3.4 DISCUSIÓN

El Aeropuerto Mariscal La Mar de la ciudad de Cuenca posee un estudio hidrológico realizado por la empresa consultora PROMANVIAL Consulting Cía. Ltda. en 2018 y 2019, los cuales a través del análisis de patrones hidrológicos e hidráulicos que influyen en el comportamiento de las corrientes de agua superficiales y/o subsuperficiales en el área de influencia, pretendían descartar o encontrar la presencia de niveles freáticos; donde concluyen que se trata de aguas infiltradas desde la superficie como consecuencia de las precipitaciones, ya que se observan variaciones de niveles que inclusive llegan a ser menores que la cota de fondo de las excavaciones que fluctuaron desde 2,00 m hasta 3,00 m y que al momento de extraer las muestras de suelos ninguna de ellas presentó notorias humedades. No calcularon el flujo o caudal por abatimiento del nivel freático ya que se demostró con las investigaciones de campo al medir los niveles de los piezómetros colocados en once (11) calicatas y al efectuar las tomografías geo eléctricas que no existe un nivel freático permanente y las humedades encontradas son resultado de la lluvia infiltrada.

Tras analizar la respuesta obtenida por parte de la consultora y compararla con el análisis realizado en este estudio, se concuerda con el resultado obtenido de la relación precipitación-nivel piezométrico debido a que todos los piezómetros evaluados, reaccionan ante la presencia de precipitaciones. Con lo que, al obtener estos resultados se respalda la hipótesis planteada, dando paso a las conclusiones y recomendaciones.

## **CAPITULO IV**

### **PLAN DE OPERACIONES PARA EL MANEJO Y MONITOREO DE LA RED PIEZOMÉTRICA**

#### **4.1 INTRODUCCIÓN.**

El monitoreo de un proyecto se basa en evaluar las características, cambios o variaciones que se den en un periodo específico o prolongado; por lo que es importante reconocer las variables que intervengan en el estado del proyecto. Las variables dependen de la tipología del proyecto, siendo climáticas, operacionales, humanas, etc.

En un proyecto o análisis de aguas subterráneas la principal variable es el agua, debido a que esta puede cambiar dependiendo de los factores que la afecten; como fuentes superficiales, flujos de agua subsuperficiales o subterráneos e infiltración de agua por precipitaciones.

El aeropuerto Mariscal La Mar, se encuentra ubicado en una zona donde la influencia por parte de fuentes o flujos de agua como ríos o acuíferos subterráneos, se ha descartado debido a la gran diferencia en cota de los ríos cercanos y a la estrecha relación entre el nivel piezométrico y las precipitaciones; de esta forma las precipitaciones son el principal evento que genera variaciones en los niveles freáticos y posibles flujos subterráneos.

Los registros obtenidos por las estaciones pluviométricas de la empresa ETAPA EP, brindan los componentes estadísticos para la presentación de un análisis del comportamiento o la frecuencia de precipitaciones en función de la época. En este capítulo se analizó la información obtenida durante el estudio de campo, con el fin de reforzar la comprensión existente acerca de las épocas lluviosas.

Para efectuar un monitoreo donde la información obtenida brinde recursos que sean de provecho para la parte interesada, se pretende establecer un periodo donde el monitoreo sea necesario. Con el fin de mejorar la toma de datos, se expone especificaciones técnicas para la innovación de los piezómetros encontrados y además se citan metodologías de medición aplicando elementos electrónicos.

## 4.2 ANÁLISIS DE ÉPOCAS CRÍTICAS

En el monitoreo que se realizó, se pudo observar varias condiciones climáticas que afectaban de diferente forma los niveles obtenidos; ya que, debido a la naturaleza del suelo y de la interacción precipitación- nivel piezómetro, los momentos en los que se obtuvo niveles muy significativos, fueron aquellos tomados durante fuertes ventiscas con lluvias torrenciales o bien días después de que estos ocurran. De esta forma con el trabajo de campo se podía observar la interacción directa de las precipitaciones con el área de estudio. La pista del aeropuerto tendía a acumular agua en puntos críticos a lo largo de su extensión cuando existían eventos de lluvia, lo cual indica una retención en función de épocas lluviosas, así como una rápida disgregación de estas aguas en estaciones de poca lluvia.

De esta manera se pudo evidenciar dentro de las actividades del aeropuerto inconveniencias causadas por las precipitaciones continuas, estos problemas incluyen la presencia de hormigas conglomeradas en grupos parecidos a esferas en la pista debido a una táctica utilizada para resistir lluvias fuertes; por lo cual, desde el aire estas son confundidas de manera que las aeronaves las confunden con rocas e impiden el aterrizaje de acuerdo con la normativa. Además de diversos problemas con la infraestructura tanto de la pista como de las instalaciones del aeropuerto. En general, estos inconvenientes y percances pueden ser prevenidos con anterioridad con un mayor conocimiento del comportamiento de las lluvias alrededor del aeropuerto.

Para este análisis se obtuvieron datos de estaciones cercanas pertenecientes a la empresa ETAPA EP; las mismas empleadas en este proyecto para su correlación con los niveles piezométricos. Se consideraron estas estaciones, debido a la dificultad de emplear los registros de la estación ubicada directamente dentro del aeropuerto; ya que esta se encuentra fuera de la jurisdicción del personal técnico de la corporación aeroportuaria.

En las ilustraciones 4.1, 4.2 y 4.3 se encontrara los datos de las estaciones analizadas:

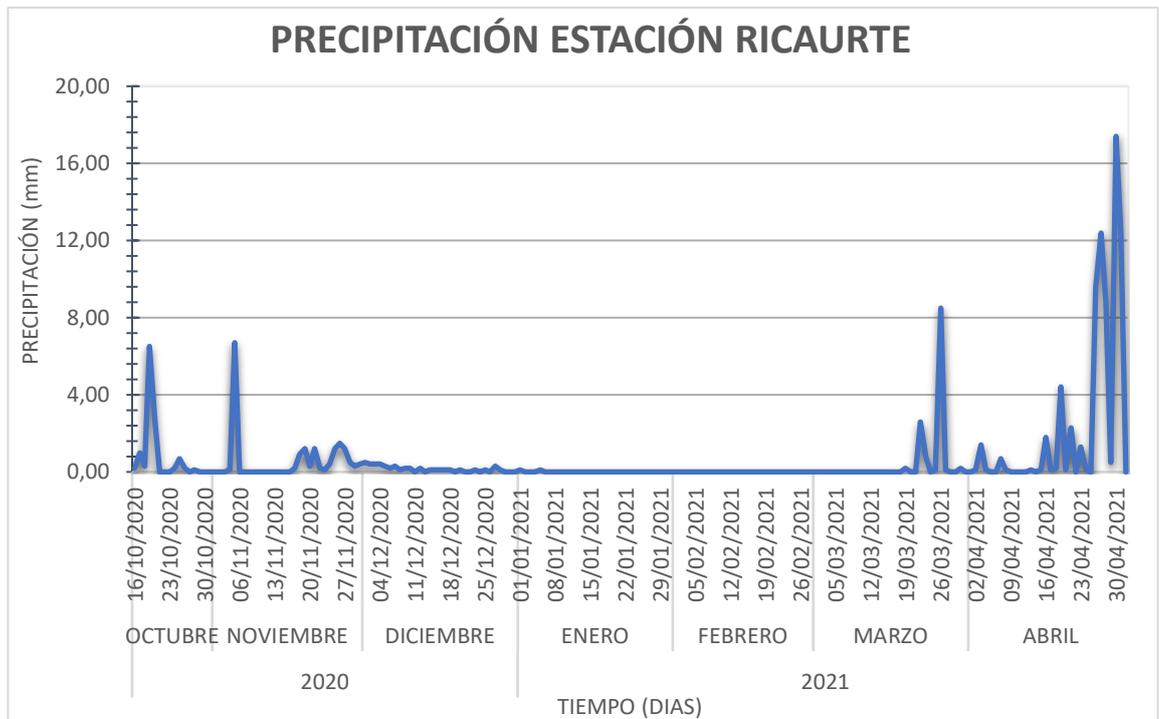


Ilustración 4.1: Precipitación estación de Ricaurte

La estación de Ricaurte, que se encuentra a una distancia 4.46 Km dirección norte del aeropuerto; se aprecian los picos más altos de precipitaciones durante el mes de abril con una precipitación máxima de aproximadamente 17 mm de columna de agua y el resto del año presenta picos nulos o muy poco influyentes

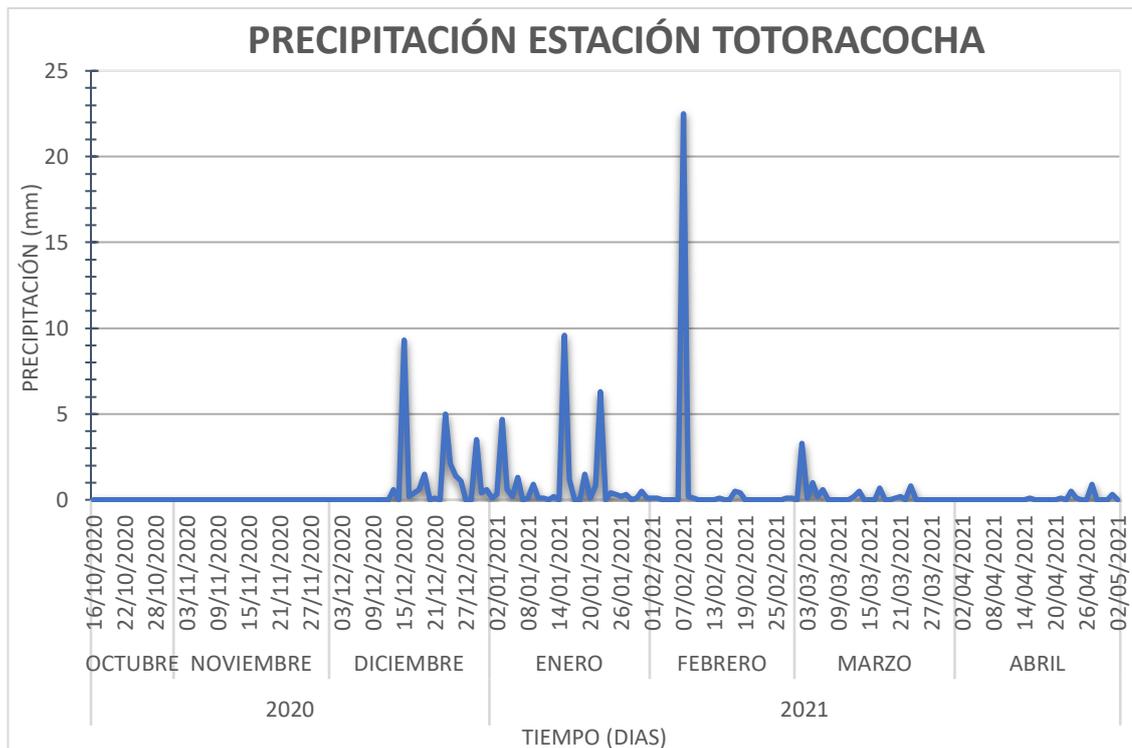
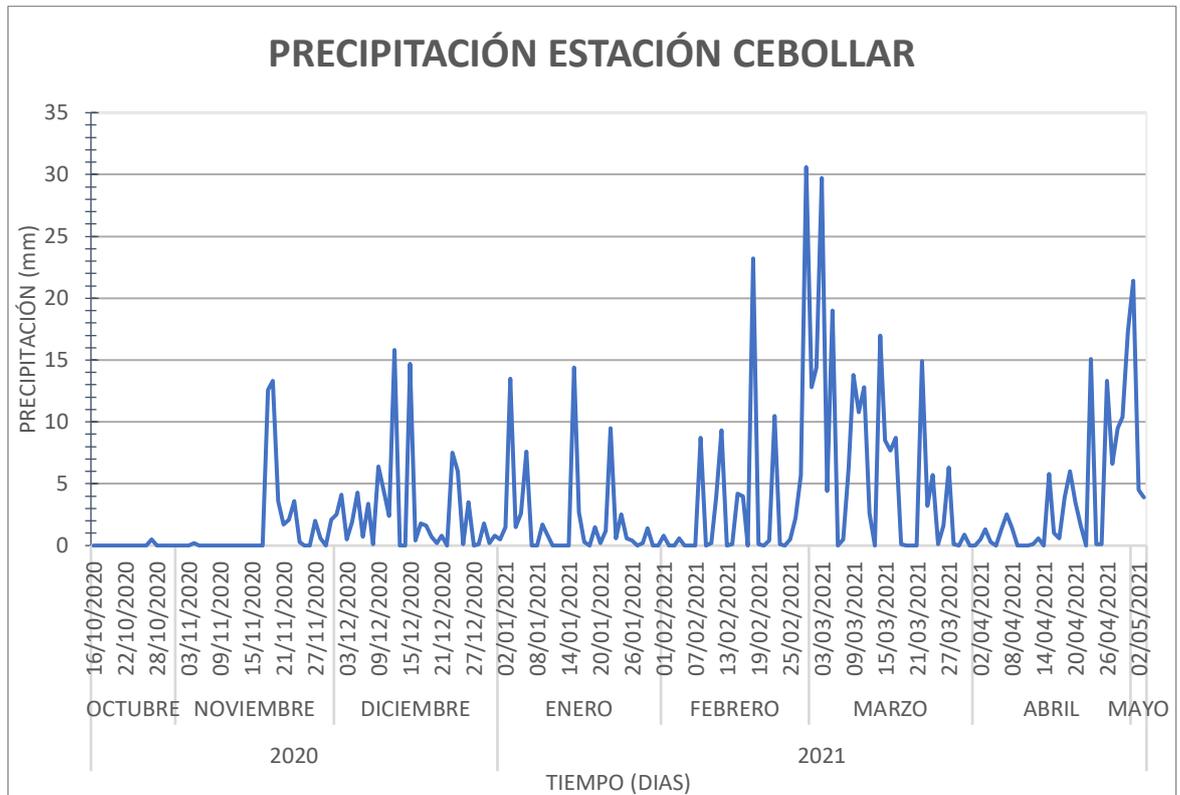


Ilustración 4.2: Precipitación estación de Totoracocho Totoracocho

La estación de Totoracocha ubicada a 0.79Km dirección sur del aeropuerto es la más cercana y tuvo un comportamiento diferente al tener sus mayores picos desde el mes de diciembre hasta febrero, meses considerados moderadamente lluviosos, sin embargo, su pico más alto ocurre en el día 7 de febrero del 2021, día que, según los registros en otras estaciones, y las referencias recolectadas en el monitoreo; no hubo actividad de precipitación alta en la ciudad de Cuenca, es mas esta fue casi nula. Por lo tanto, se sospecha variaciones dentro los registros.



*Ilustración 4.3: Precipitación estación de Cebollar.*

Por último, la estación de Cebollar que dista con 3.6Km dirección oeste de la zona de estudio, tiene picos variados a lo largo del año, con alturas de agua de un máximo de 31 mm aproximadamente, sus picos claramente están en los meses de febrero y marzo, con actividad aumentada en los meses de mayo, noviembre y diciembre. La variabilidad de los picos de curva, dan un entendimiento del comportamiento esperado de esta estación, así como la conducta de las precipitaciones y la meteorología en la ciudad de Cuenca.

### **Weather spark:**

Weather spark es una página web que recopila información de distintos indoles y la procesa para brindar información específica al público, ya sea de temperatura, humedad, nubosidad, precipitación, etc., esta información es extraída de distintas fuentes oficiales y de confianza como, en el caso de la nubosidad y precipitación, provienen de “MERRA-2 Modern-Era Retrospective Analysis de NASA. Esta combina una variedad de medidas de área amplia en un moderno modelo meteorológico mundial para reconstruir la historia del clima, hora por hora, de todo el mundo en una cuadrícula con bloques de 50 km.” (Weatherspark, 2021). Por lo tanto, se toman como datos confiables para una comparación de la probabilidad de precipitación en la localidad. (ver Ilustración 4.4)

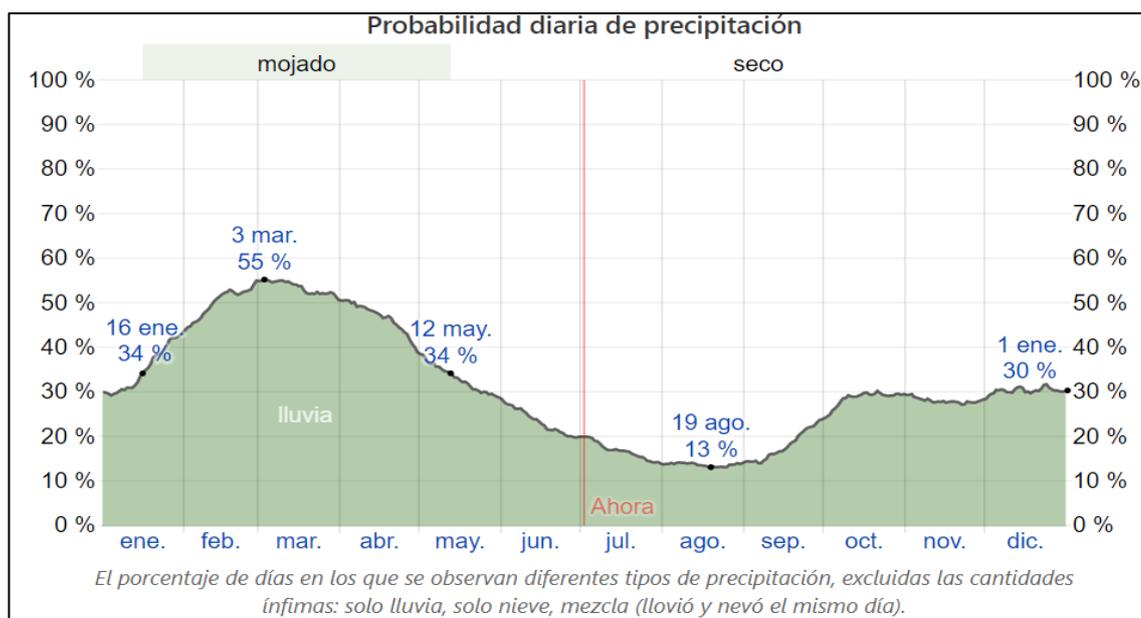
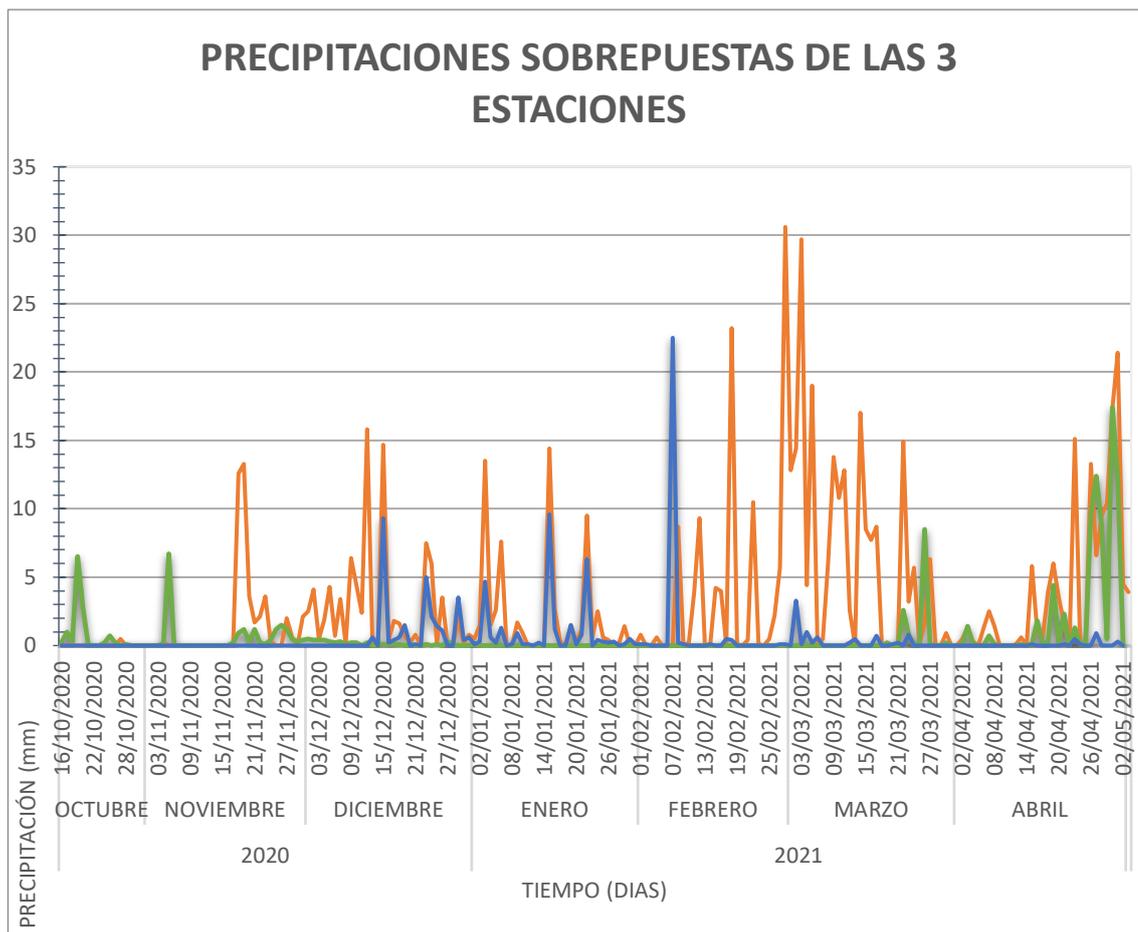


Ilustración 4.4: Cuadro de probabilidad de precipitación diaria de la página weather spark



*Ilustración 4.5 Precipitaciones superpuestas de las 3 estaciones analizadas*

Considerando las predicciones de la página weather spark se nota que las precipitaciones más altas se generan entre los meses de febrero a abril, meses en los cuales se conoce bien que en la ciudad de Cuenca tienden a tener mayores precipitaciones. Analizando el gráfico de las precipitaciones superpuestas se aprecia una congruencia dentro de los datos obtenidos entre diciembre y febrero entre las estaciones del Cebollar y Totoracocha. Sin embargo, los mayores picos presentados de las tres estaciones siguen perteneciendo al gráfico de la estación del Cebollar y a su vez, pertenecen a los meses de febrero y marzo, meses que Weather spark denomina como los más propensos a precipitaciones en el año.

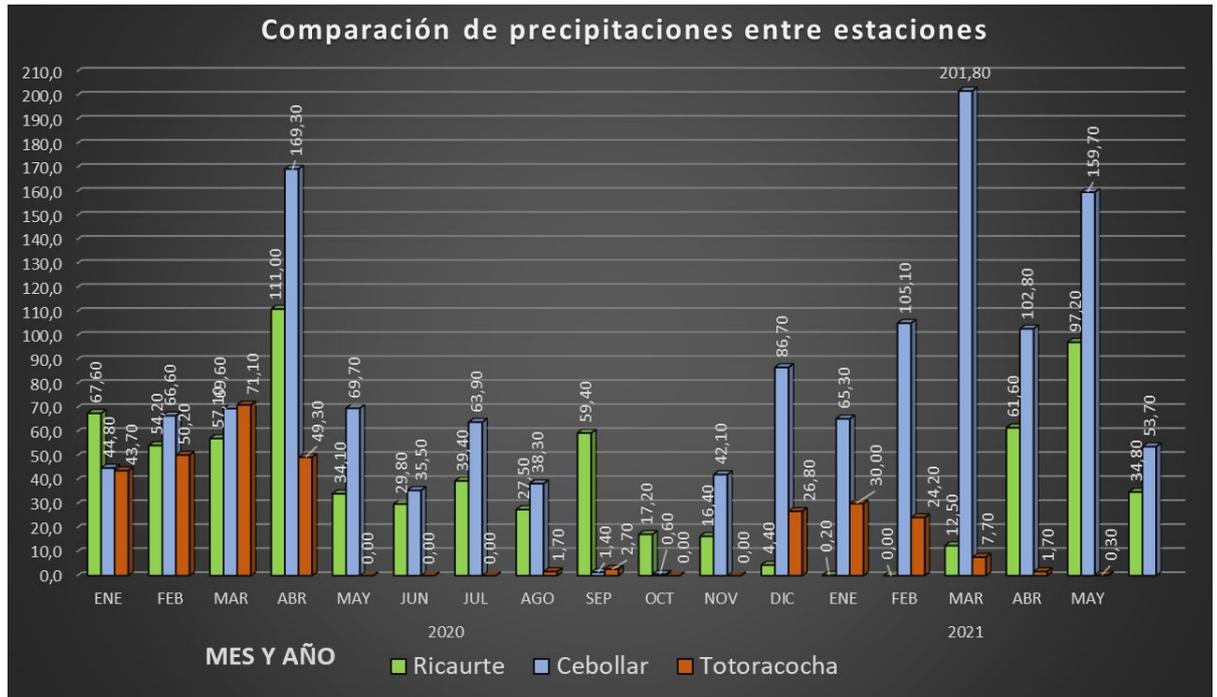


Ilustración 4.6 Precipitación acumulada mensual de cada estación

Además, como se puede observar en la gráfica de barras(ver Ilustración 4.6) estos meses de mayor precipitación tienen diferentes picos dependiendo de la estación, siendo del Cebollar la que contiene registros más altos a comparación del resto, de todas formas, aquellos meses comprendidos entre enero y abril presentan la mayor conglomeración de precipitaciones acumuladas, tomándose como otro indicio de su importancia dentro de la probabilidad de acumulación de niveles de altos de agua en superficies extensas expuestas a precipitación directa.

Al tomar todos estos análisis se puede concluir que las épocas críticas o que mayor problema en cuanto a precipitación pueden tener son aquellas que se encuentran entre los meses de enero y abril debido a que las lluvias en esta época no solo son frecuentes, sino también intensas, lo cual facilita una acumulación de líquido en zonas en intemperie que, al tener influencia directa de lluvia constante, sufren empozamientos de agua, degradación de los materiales, movimiento de material suelto, saturación de suelos, dispersión de vida salvaje, etc.

### **4.3 ALTERNATIVAS PARA LA CONSTRUCCIÓN O MEJORA DE PIEZÓMETROS**

Como se dio a conocer en el Capítulo II, al empezar el monitoreo de nivel piezométrico, se notó un claro desgaste en múltiples piezómetros; por lo que se dispuso realizar obras de mantenimiento y reparación con el fin de llevarlos a un estado en el que las mediciones sean confiables y los datos obtenidos se encuentren lo más cercanos a la realidad. Las intervenciones realizadas dieron como resultado piezómetros en estado aceptable para la ejecución del monitoreo; sin embargo, los piezómetros desde el punto de vista del avance y los intereses futuros del aeropuerto, aún pueden recibir modificaciones y arreglos para que cualquier duda sobre la funcionalidad de los mismos o la confiabilidad de los datos quede resuelta.

Los piezómetros que existen en la actualidad en el aeropuerto Mariscal La Mar, fueron construidos con la finalidad de identificar o monitorear un posible nivel freático, de esta manera su construcción se efectuó con profundidades donde, al realizar varias calicatas en las áreas verdes de la pista, se encontró un nivel de agua y este se tomó como base para la ubicación del tubo de PVC que conforma al piezómetro. Sin embargo, en la experiencia adquirida durante el monitoreo que se realizó para este proyecto de tesis, no se pudo apreciar un nivel estático o comportamientos que confirmen la presencia de un nivel con la profundidad actual de cada piezómetro, asumiendo este hecho a diversas razones como:

- El nivel encontrado existe, pero se encuentra en un nivel inferior a la profundidad máxima de los piezómetros.
- El paso del tiempo y el deterioro de los piezómetros, así como la infiltración de material a través de fisuras o por la misma abertura del piezómetro, han dejado en el fondo del tubo una acumulación de residuos que impiden el acceso al nivel real encontrado.
- Posibles movimientos de tierra o movimientos bruscos originados en la cima de cada piezómetro han provocado una ruptura interna de la tubería lo cual dificulta o directamente impide el acceso a la profundidad real del piezómetro.

Si bien la mayoría de los piezómetros tienen un comportamiento similar que relaciona precipitación-nivel piezométrico, existe una diferencia en los piezómetros P4(0+900

izq.) y P5(1+320 izq.), los cuales a lo largo del monitoreo realizado, presentaron siempre un nivel de agua de por lo menos 8 centímetros aproximadamente de altura en su medición más baja para el piezómetro 5 y de 22 centímetros de altura en el piezómetro 4. Estas alturas podrían ser consideradas como indicadores de un nivel estático posicionado en esta área, además de que esta, ante la presencia de precipitaciones, tiene a retener agua de escorrentía; visualmente se observan empozamientos en distintos lugares, así como una textura pantanosa del suelo al atravesarlo a pie.

Los pasos para generar un cambio efectivo en el método de monitoreo de aguas subterráneas, están enfocados a la búsqueda de un nivel piezométrico confiable y una implementación de sistemas de monitoreo más estables y adaptables. Es por ello que, es preferible apoyarse en estudios realizados en similares proyectos.

#### **4.2.1 Instalación de piezómetros:**

En proyectos de mayor magnitud, tales como el análisis de la cuenca de un río o estudios del nivel freático para taludes o presas de tierra, se utilizan piezómetros de una profundidad considerable lo cual conlleva a que las condiciones de su construcción sean más complejas que aquellas utilizadas en los piezómetros existentes en el aeropuerto; dichas condiciones se reflejan en el procedimiento constructivo.

##### **4.2.1.1 Procedimiento constructivo**

El proceso constructivo para piezómetros de mayor profundidad, sigue las siguientes especificaciones:

#### **Perforación:**

La perforación de suelo se realiza mediante maquinaria pesada como una perforadora diamantina; el diámetro y profundidad de perforación es especificado previamente por el análisis que se realiza en el proyecto y está dada por el nivel freático ya que se recomienda llegar a una profundidad mayor al estimado de este nivel, para poder monitorear sus cambios en cualquier época del año.

Cabrera y Sabina (2015), recomienda que: “la maquinaria usada para perforar debe garantizar la verticalidad. Cuando la perforación provoque caídas de material durante

las operaciones de instalación, se deberá usar ademe metálico recuperable; se debe evitar utilizar lodos de bentonita como estabilizadores de las paredes de la perforación” (pág. 21).

La perforación debe llegar hasta una profundidad de 50 cm, por debajo de la profundidad de localización del centro de la punta porosa, según lo que indique el proyecto.

**Base:**

En el fondo de la perforación; previo al descenso del bulbo, se vierte arena gruesa a media, limpia, bien graduada, en un espesor de 30 cm; los cuales se utilizarán para adecuar el fondo del pozo y asegurar el impedimento del ingreso de materiales finos al fondo del piezómetro y así mantenerlo limpio; la función de la arena es amortiguar la columna de PVC y así evitar flexión de la tubería al momento de instalar toda la columna. Para el descenso se acoplan los tramos de tubería de PVC. En tanto, el piezómetro se envuelve en arena gruesa a fina, sostenida por una malla de geotextil filtrante.

Una vez especificado la profundidad a la que va a llegar el piezómetro, se deben ejecutar las siguientes especificaciones técnicas:

**Piezómetro:**

Como especifican Cabrera Trujillo & Sanabria Pérez (2015) , una vez acoplados los tramos de tubería y asentado el bulbo piezométrico (cilindro poroso), se vierte nuevamente arena con 1 metro de espesor desde el fondo; la zona piezométrica se sella al colocar sobre la arena un sello de esferas de bentonita con un espesor de 50 centímetros y posteriormente se rellena con mortero para sellar el piezómetro y proteger la tubería de movimientos imprevistos de tierra. Sobre este sello, se realiza rellenos con mortero, como especifica Cabrera y Trujillo (2015): “este mortero contiene arena-cemento-bentonita en una proporción de una parte cemento por dos de arena en volumen y la bentónica al 3.0% en peso del cemento.”

Esto se realiza mediante el uso de un ademe metálico y se realiza hasta 50 centímetros antes de llegar a la superficie, donde se confecciona un cajón de concreto armado para

proteger la zona del piezómetro, además de la adición de un acople metálico y tapa metálica para el acceso al piezómetro.

#### **4.2.1.2 Otras Especificaciones**

##### **Relación entre del Diámetro del Taladro y Diámetro del pozo de Agua y/o Piezómetro**

Guallupe (2018) especifica:

El diámetro del taladro debe ser suficiente para dejar un espacio anular de dos pulgadas (2") entre del tubo del piezómetro y la pared del taladro. El diámetro de la broca de perforación debe guardar relación con el diámetro del tubo del piezómetro y el requisito de espacio anular de dos pulgadas (pág. 109).

##### **Instalación de la columna de tubería PVC o metálica**

Es importante recalcar, que la instalación del piezómetro debe de ser en el menor tiempo posible, debido a que se pueden producir derrumbes a causa de los esfuerzos horizontales que generan que se desestabilicen las paredes por consiguiente reducen la profundidad planificada y ejecutada del taladro.

##### **Tuberías de PVC de Diámetro 2" y Longitud 5.00m:**

Guallupe (2018) especifica

El primer tubo de PVC debe de tener ranuras horizontales no mayor a 5mm para permitir el ingreso del agua y evitar el ingreso de arena (filtro) al mismo tiempo llevar un tapón en la parte inferior de tubo de PVC en forma de cono. Es posible colocar una cantidad mayor de tuberías ranuradas hasta alcanzar el nivel de agua, depende básicamente del diseño preliminar (pág. 110).

##### **Paquete De Filtro**

El paquete de filtro (o filtro de grava) se utiliza como medio filtrante es instalado en el anillo (espacio anular) entre la tubería ranurada (la criba) y la pared del taladro. (ver Ilustración 4.7)

Tamaño de la Apertura de la Ranura mm (pulgada)	Nº de ranura	Tamaño Efectivo de la Arena D-10, mm	Tamaño de la Malla
0.25 (0.010)	10	0.4 a 0.5	20 a 40
0.50 (0.020)	20	1.0 a 1.2	10 a 20
0.75 (0.030)	30	1.0 a 1.2	10 a 20
<b>1.0 (0.040)</b>	<b>40</b>	<b>1.6 a 1.8</b>	<b>8 a 12</b>
1.5 (0.060)	60	2.3 a 2.8	6 a 9
2.0 (0.080)	80	2.4 a 3.0	4 a 8

Ilustración 4.7: Tabla de características recomendables del paquete de filtro basadas en los tamaños comunes de la ranura de la criba

Fuente: (Gallupe Támara, 2018)

Especificaciones para la Instalación del Paquete de Filtro según Gallupe (2018):

- El tamaño de grano requerido dependerá en el tamaño de la abertura de la ranura seleccionada. En la mayoría de las instalaciones para el paquete de filtro la arena será de 8 x 12 (D-10 de 1.6 – 1.8 mm).
- El rellenado del espacio anular con la arena se debe de realizar con el uso de un tubo trompa descontaminado, de diámetro interior mínimo recomendado de 2.54 cm (1 pulgada). Se recomienda usar el de 1.5 pulgadas de diámetro interno, para facilitar las maniobras y evitar el atoro de la tubería.
- Durante el proceso colocar el paquete de filtro es recomendable inyectar agua limpia para asegurarse que la arena está ingresado al fondo y no forme puentes, luego se procederá a pesar la parte superior del filtro antes de iniciar el sello de bentonita (Gallupe Támara, 2018, pág. 111).

Especificaciones para Instalación del Sello de Bentonita encima del Paquete de Filtro según Gallupe (2018):

- La bentonita debe tener una forma granular (3/8” de diámetro) para garantizar un buen sellado; se instalará usando el tubo trompa hasta la parte superior del paquete del filtro
- Si el nivel de agua es alto en el piezómetro, es conveniente sumergir la bentonita granulada en aceite vegetal antes de su ingreso, de esa manera se retardará su reacción con el agua, permitiendo instalarla a la profundidad deseada.

- Luego de culminado el bajado de la bentonita se debe agregar agua para hidratar este sello, dejando un tiempo prudencial para que los granos gruesos de bentonita se hidraten y que el sello de lodo se expanda antes de enlechar la columna restante (pág. 112).

Especificaciones para Instalación del Sello de Cemento al 2-3% de Bentonita según Gallupe (2018):

- El sello de cemento se desarrolla desde la parte superior del sello de bentonita hasta el collar del taladro, es decir, hasta la plataforma de perforación donde se empezó la perforación del pozo.
- Después de la mezcla inicial de cemento y agua, se puede agregar de 1% a 10% de polvo de bentonita, por peso seco de cemento
- El uso de bentonita en la mezcla de cemento proporciona plasticidad a la lechada y retarda la contracción del cemento.
- La bentonita debería ser agregada seca al lodo de cemento-agua sin haberse mezclado primero con agua.
- La utilización de aditivos al cemento de fraguado rápido (acelerantes) no es recomendable para instalar piezómetros debido a que los aditivos en el cemento pueden ser extraídos por lixiviación y afectar la química, la alta temperatura producida por los acelerantes puede dañar el PVC del piezómetro.
- No se debe utilizar lechada de cemento que está en proceso de fraguado (apelmazada) con el fin de evitar acumulación (el puenteo) en la tubería trompa. Es decir, el tiempo entre mezclar la lechada y el bombeo del mismo debe ser menos que una hora.
- Se recomienda por la ASTM usar una mezcla de 2% de bentonita (por peso seco de cemento), lo cual es más común y tiene los materiales en la siguiente ratio: 60 galones de agua fresca | 426.4 kg de cemento | 8.53 kg de bentonita. (ver Ilustración 4.8)
- El tiempo de espera para el fraguado del sello de cemento será entre 2 a 4 horas.
- En el caso de base de bentonita será necesario esperar un tiempo más largo. Se tomará una muestra de la mezcla de cemento-bentonita en un recipiente adecuada y dejarlo en la plataforma de perforación para que sirva como testigo y confirmar la condición del fraguado.

- La mezcla no debe sentarse más que un medio metro (0.5m) en el espacio anular. Si el asentamiento es más que 0.5m será necesario llenarlo nuevamente con una mezcla similar (págs. 115-116).

<b>Bentonita por Peso de Cemento</b>			
<b>Material</b>	<b>2%</b>	<b>5%</b>	<b>10%</b>
Agua	60 galones	60 galones	60 galones
Cemento	10 sacos (427kg; 940lb)	10 sacos (427kg; 940 lb)	10 sacos (427kg; 940 lb)
Bentonita	1/3 saco de 50 lbs (8.53kg; 18.8lb)	01 saco (22.7kg; 50lb)	02 sacos (45.4kg; 100lb)

*Ilustración 4.8: Lechada de Cemento – Bentonita*

*Fuente: (Gallupe Támara, 2018)*

#### **4.2.1.3 Diseño de construcción piezómetros de tubo abierto o CASAGRANDE**

Dentro del diseño de construcción se debe determinar las características de la tubería y los materiales siendo:

- Profundidad de los intervalos de tubería con ranuras o sin ellas.
- Profundidad o elevación de la parte superior del filtro de arena,
- Profundidad o elevación de la parte superior del sello de bentonita, y
- El método y materiales para llenar el espacio anular desde la parte superior del sello de bentonita hasta la superficie.

El diseño es función del propósito del piezómetro, en el caso del aeropuerto la medición del nivel piezométrico se realiza para analizar:

- Napa freática (agua poco profunda)
- Presión de Poros de la roca profunda

Además se debe definir si se desea adquirir muestras puntales o promedios ya que esto determinará la longitud del intervalo ranurado.

Tomando en cuenta lo especificado, se presenta distintos diseños de construcción, donde se evidenciará la estructura que poseen los piezómetros. (ver Ilustración 4.09 a 4.12)

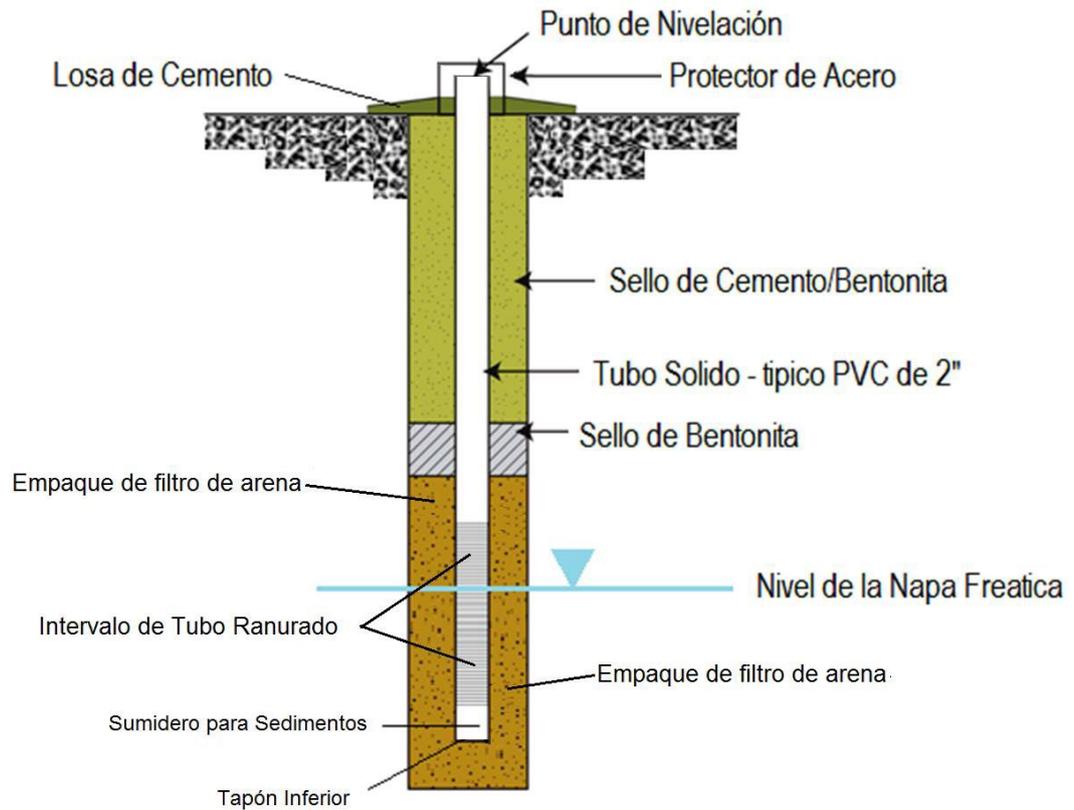


Ilustración 4.9: Elementos de un piezómetro tubo abierto.

Fuente: (Gallupe Támara, 2018) tomado de Minera Barrick Misquichilca S.A., *Perforación, Instalación, Construcción Y Protección de Piezómetros de Tubo Abierto*, 2013.

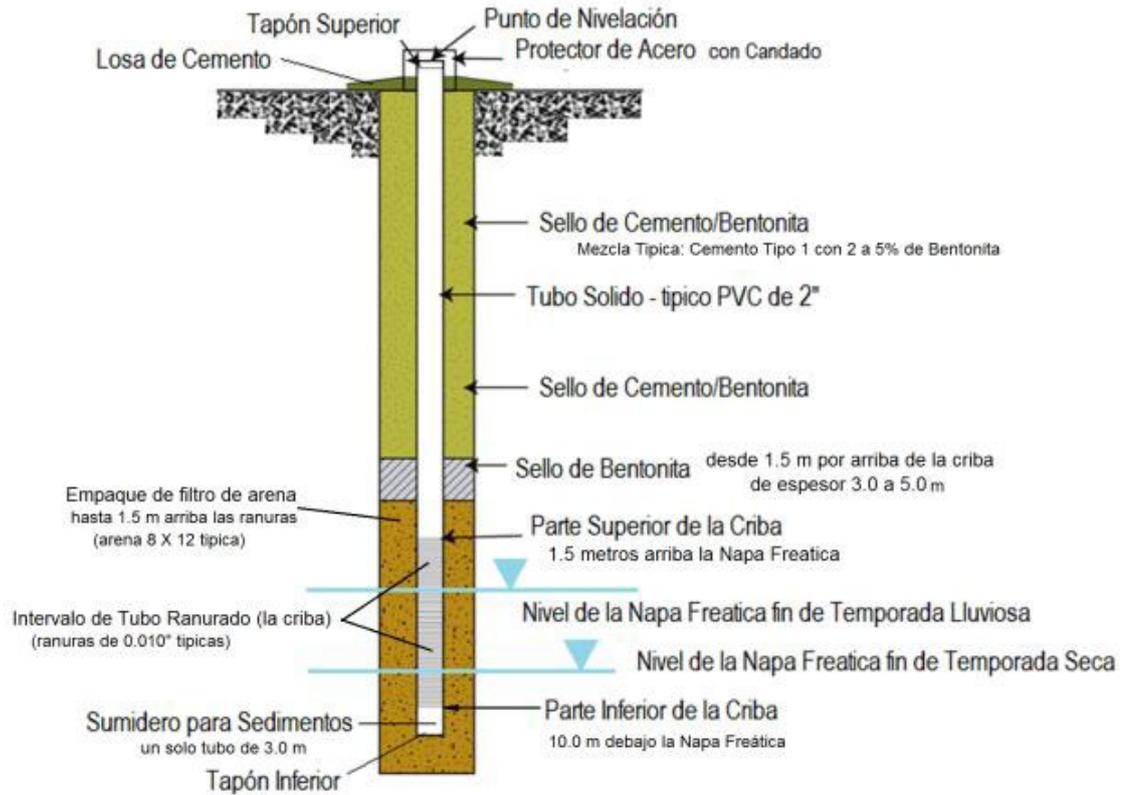
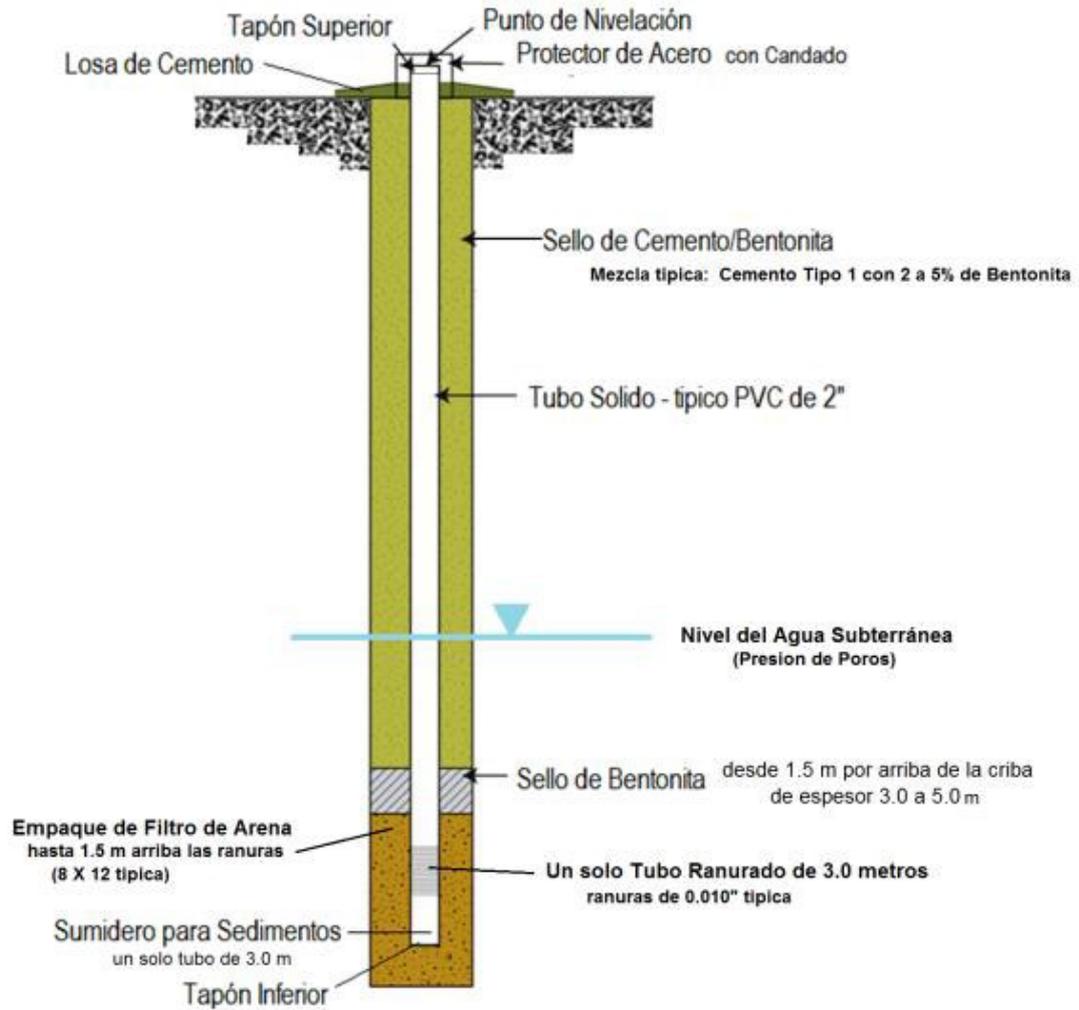


Ilustración 4.10: Diseño ideal para piezómetro tipo Tubo Abierto (Casagrande) para medir la Napa Freática y tomar muestras del agua poco profunda.

Fuente: (Gallupe Támara, 2018, pág. 46) tomado de Minera Barrick Misquichilca S.A., Perforación, Instalación, Construcción Y Protección de Piezómetros de Tubo Abierto, 2013.



*Ilustración 4.11: Diseño ideal para piezómetro tipo Tubo Abierto para medir la Presión de Poros del Agua Profunda y tomar muestras del Agua Subterránea de un intervalo corto (muestra puntual).*

*Fuente: (Gallupe Támara, 2018, pág. 46) tomado de Minera Barrick Misquichilca S.A., Perforación, Instalación, Construcción Y Protección de Piezómetros de Tubo Abierto, 2013.*

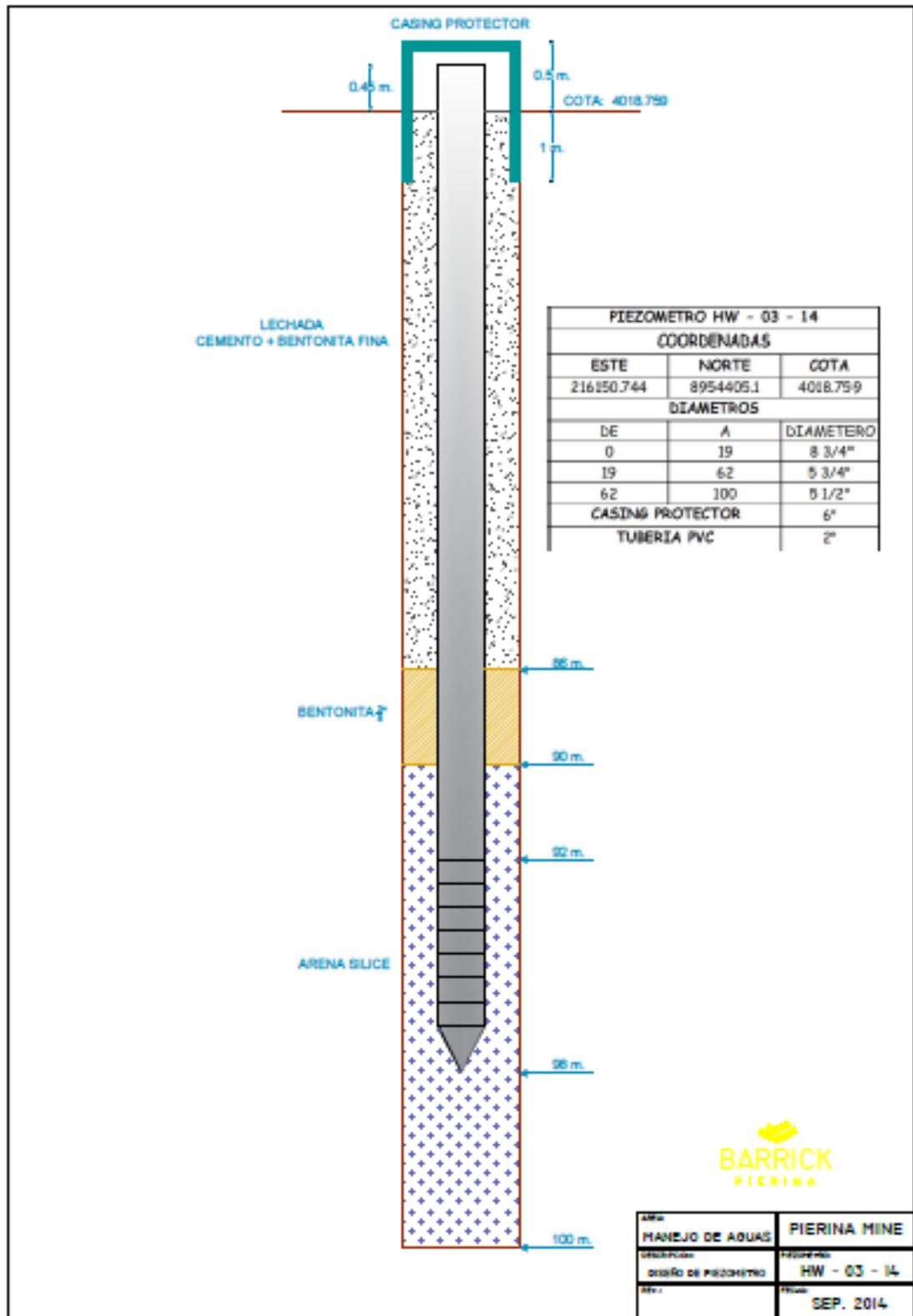


Ilustración 4.12: Diseño del llenado de Materiales de Construcción

Fuente: (Gallupe Támara, 2018, pág. 118)

Gallupe (2018), en su investigación presenta varias tipologías del diseño de construcción basada en la MINA BARRICK MISQUICHILCA SAC, sin embargo en la Ilustración 4.13 se muestra un modelo propio, especificándonos las capas o columnas de cada material.

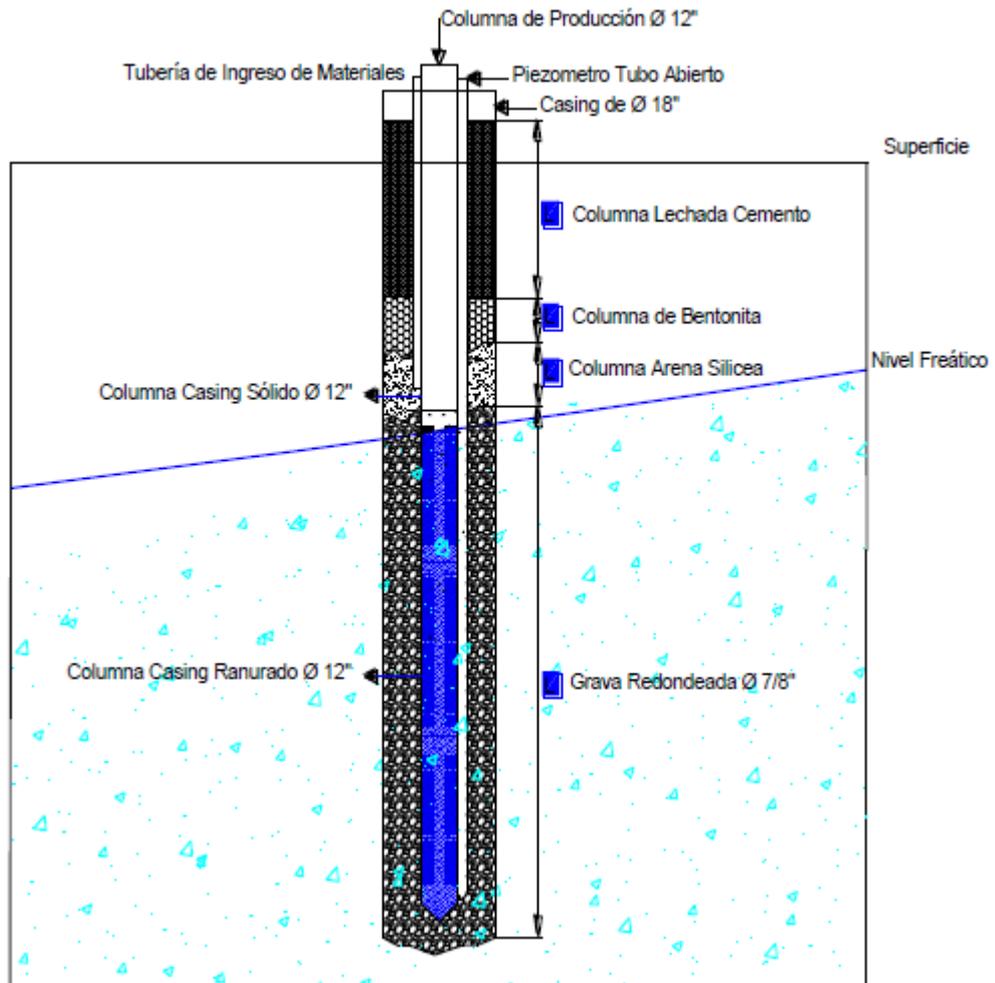


Ilustración 4.13: Diseño final del pozo de agua.

Fuente: (Gallupe Támara, 2018)

#### **4.2.1.4 Mantenimiento de piezómetros:**

El mantenimiento de los piezómetros, además de servir para alargar su vida útil y su efectividad, es necesario para mantener los datos obtenidos confiables y el agua del interior inalterada ya que de necesitarse un análisis de las aguas subterráneas encontradas en estos piezómetros se busca que este en su estado más natural sin alguna alteración por acción externa. Con este objetivo en mente el mantenimiento interno de un piezómetro se lleva a cabo a través de “una limpieza y lavado de los tubos piezométricos, drenando el agua con ayuda de una compresora de aire para permitir la recirculación del agua captada” (Cabrera Trujillo & Sanabria Pérez, 2015, pág. 40).

Según el comportamiento de los piezómetros del aeropuerto, esta limpieza sería especialmente útil en piezómetros como el número 4 que contenían un nivel siempre presente por más pequeño que llegará a ser esto permite que al emplear una limpieza y drenaje del agua presente en el piezómetro se puede obtener datos más claros acerca de la posición de un posible nivel freático. En todo caso este procedimiento es útil en cada piezómetro y debería ser considerado.

El proceso es simple en términos mecánicos debido a que conlleva el uso de una compresora de aire con una presión suficiente para expulsar el agua presente en el fondo de cada piezómetro lo cual en piezómetros de profundidad reducida no resulta difícil, con esta compresora de aire se expulsa continuamente el agua mientras esta es reemplazada por aquella entrante por el filtro de arena lo cual crea un flujo constante. Este proceso se lleva a cabo durante todo un día y es realizada cada dos meses (Cabrera Trujillo & Sanabria Pérez, 2015).

## **4.4 OPCIONES DE AUTOMATIZACIÓN PARA EL CONTROL DE RED PIEZOMÉTRICA**

### **4.4.1 Piezómetro abierto con sensor automático**

Los sensores automáticos adicionan una gran ventaja en cuanto se refiera al monitoreo de las lecturas en los piezómetros de tubo abiertos o Casagrande. El sensor automático sintetiza la lectura en el piezómetro de tubo abierto. Los sensores presentan diferentes características de lectura, para cada caso según el estudio requerido. Estos sensores, entre sus ventajas se pueden mencionar lo siguiente:

- Tiene un bajo costo.
- Se puede determinar hasta tres parámetros.
- Tiene una memoria que puede almacenar varias mediciones.
- Es posible programar lecturas con varios intervalos, según lo que requiera el proyecto.
- Los datos registrados pueden ser transferidos a un ordenador PC mediante puerto USB.

Dentro del ámbito de piezómetros o sensores automáticos se posee gran variedad de posibilidades, marcas o empresas que brindan productos en respuesta a cada necesidad en función al proyecto a desarrollar siendo estas:

- SOLINST
- MASER LTDA
- GEOKON
- RST INSTRUMENTS LTD.
- SISGEO
- SLOPE
- Van Essen Instruments

### **4.4.2 Elección del tipo de piezómetro.**

Al momento de realizar un proyecto, los factores o aspectos a tomar en cuenta para elegir el tipo de instrumentación electrónica como piezómetros son la:

- Precisión,  
Depende del tipo de suelo donde será colocado el piezómetro, del proceso constructivo e indispensablemente del mantenimiento y cuidado que se de en su operación.
- Seguridad  
Hace referencia al tiempo que se hará uso de las operaciones de los equipos.
- Durabilidad  
Dependen de la magnitud de esfuerzos que se requiere medir.

Dentro de un proyecto, existen además factores que presentan más importancia debido a la funcionalidad que se le dará y el periodo estimado que se pretenda emplearlos.

Cabrera & Sanabira (2015) hacen referencia a 3 factores siendo: el factor económico, la durabilidad y la seguridad.

#### FACTOR ECONÓMICO

El costo del equipo es raramente un factor dominante en la elección del piezómetro, ya que se debe tomar en cuenta, la calibración, la instalación, el mantenimiento, el monitoreo y el procesamiento de la información, así como prever la disponibilidad del equipo y del personal capacitado para la instalación del mismo en el lugar de interés (Cabrera Trujillo & Sanabria Pérez, 2015).

#### DURABILIDAD

La vida útil de un piezómetro depende de los materiales con que fue construido y del agua donde será sumergido, si bien se dice que cualquier piezómetro bien construido y operado, puede funcionar de manera óptima por varios años, el tiempo de servicio para que operen adecuadamente los equipos es importante, ya que el contacto con el agua puede provocar el deterioro de piezas metálicas después de un tiempo; también existe la posibilidad de daño en los filtros alterando el sistema (Cabrera Trujillo & Sanabria Pérez, 2015).

#### SEGURIDAD

Sí en el perfil estratigráfico del suelo en estudio solo existen suelos coloidales, compuestos principalmente de arcillas. La elección debe ser: cualquier piezómetro cerrado o de diafragma, que permite tener una respuesta en menos tiempo que los piezómetros abiertos, la que además permite tomar una decisión preliminar del tipo de piezómetro que se necesita en función de las características permeables del suelo en que sería construido (Cabrera Trujillo & Sanabria Pérez, 2015).

#### **4.4.3 Piezómetros electrónicos**

El monitoreo de niveles de agua o aguas subterráneas, se mejora mediante el uso de instrumentos electrónicos, ya que muchos de estos presentan características que brindan comodidad al momento de obtener datos. Dentro de la investigación realizada, se presentaron varias marcas que mantienen experiencia en el ámbito de mediciones geológicas e hidráulicas, a continuación se presentaran algunas opciones que se pueden considerar.

##### **4.4.3.1 RST INSTRUMENTS LTD**

###### **Piezómetro de deformímetro**

El piezómetro de deformímetro es ideal para aplicaciones en perforaciones pequeñas, y con la capacidad de resistir a ambientes retadores encontrados en mediciones de profundidad de agua subterránea y de mar (ver Ilustración 4.14), se puede también utilizar el piezómetro de deformímetro para aplicaciones de medición de presión de poro dinámica. Se entrega cada unidad con una tarjeta de calibración que especifica las condiciones I/O y datos reales que reflejan la precisión estática de la unidad y sus características termales (RST Instruments Ltd., 2019).



EQUIPAMIENTO OPCIONAL		
Aparato de lectura	Adquisidores de datos	Estaciones terminales

ESPECIFICACIONES	
ÍTEM	ESPECIFICACIÓN
Precisión	$\pm 0.1\%$ FS T.E.B.**
Rangos de presión estándar	0 - 1 m hasta 0 - 300 m
Rango de temperatura compensada	De $-10^{\circ}\text{C}$ a $80^{\circ}\text{C}$
Regulación en campo	Sí
Salida de presión	0 a 5 VDC 4 a 20 mA, RS485
Salida de temperatura	Opcional
Materiales mojados	316L SS estándar Poliamida Fluorocarbono
Terminación eléctrica	Cable Hytrel aireado o cable sellado
Rango de nivel (especificado por el usuario)	Infinito entre 0 a 3 hasta 0 a 900 pies. WC
Dimensiones	109 mm X $\varnothing$ 21 mm

Ilustración 4.14: Piezómetros de deformímetro.

Fuente: (RST Instruments Ltd., 2019)

#### 4.4.3.2 SOLINST

### INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DE NIVEL

Los instrumentos de medición de nivel están marcados con precisión y proporcionan mediciones manuales de:

- Niveles de agua en pozos y en tuberías estrechas
- Interface y espesor de aceite/agua
- Temperatura y conductividad
- Profundidad total del pozo

## Medidores de nivel de agua 101

Son muy resistentes, fáciles de leer y proveen mediciones consistentes y precisas del nivel de agua en pozos, tanques y perforaciones (ver Ilustración 4.15). La cinta plana está permanentemente marcada cada 1/100 pies o cada milímetro. (Solinst Canada Ltd., 2016)



Ilustración 4.15: Medidores de nivel de agua 101 Solinst. Fuente: (Solinst Canada Ltd., 2016)

## DATALOGGERS "ALL-IN-ONE" (TODO EN UNO)

Los Dataloggers son:

- Ideales para estudios de caracterización de agua subterránea
- Excelentes para monitoreo de agua en pozos a largo plazo, tanques, zonas costeras y cuerpos de agua superficiales
- Para su uso en aplicaciones de monitoreo remoto

### Sensor Levellogger Edge

Es un registrador de datos que está ubicado dentro de un revestimiento cilíndrico con una argolla para su suspensión en la parte superior (ver Ilustración 4.16). Los datos de las mediciones son almacenados automáticamente en la memoria interna del sensor. El Levellogger Edge cuenta con un sensor de presión diseñado para medir la presión del agua, cuenta con un sensor de temperatura y además de ello, una memoria de almacenamiento y batería. (Solinst Canada Ltd., 2016)



*Ilustración 4.16: Sensor Levellogger Edge 3001*

*Fuente: (Solinst Canada Ltd., 2016)*

El Levellogger Junior Edge 3001 es una alternativa económica para medir niveles de agua. Cuenta con una capacidad de memoria para 40.000 conjuntos de datos de nivel de agua y temperatura. La precisión es de 0,1% FS. La batería dura hasta 5 años. (Solinst Canada Ltd., 2016)

### **Sensor Barologger Edge**

Registra tanto la temperatura como la presión atmosférica, así mismo hace la función de un barómetro y por consiguiente registra la presión atmosférica en cualquier punto. (ver Ilustración 4.17). Los datos registrados con el Barologger Edge, se utilizan para compensar las mediciones registradas por los registradores de datos para las variaciones en la presión atmosférica, (Solinst Canada Ltd., 2016).



*Ilustración 4.17: Sensor Barologger Edge 3001*

*Fuente: (Solinst Canada Ltd., 2016)*

### **Sensor LTC Junior**

Mide la temperatura y los niveles de agua, pero la principal característica, es que puede medir la conductividad del agua (ver Ilustración 4.18). El cambio de conductividad en el agua puede indicar alteraciones en los flujos. Por cada medición realizada por este sensor, se registran tanto hora y fecha, nivel de agua en el piezómetro, su temperatura y su conductividad, (Solinst Canada Ltd., 2016).



Ilustración 4.18: Sensor LTC Junior 3001.

Fuente: (Solinst Canada Ltd., 2016)

Cabrera & Sanabria (2015), obtienen de Solinst, y presentan mediante un esquema (ver Ilustración 4.19) el funcionamiento de estos sensores y el nivel de medición punto cero:

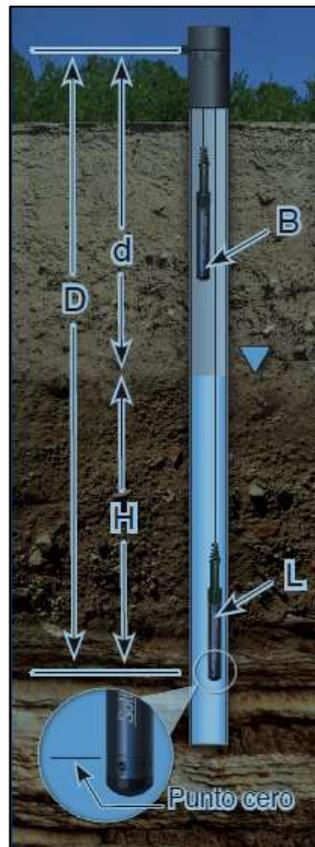


Ilustración 4.19: Esquema de funcionamiento del sensor automático.

Fuente: (Cabrera Trujillo & Sanabria Pérez, 2015)

Cabrera Sanabria (2015) indican:

Los sensores Levelloggers (L) miden la presión total que actúa sobre un transductor en el punto cero/sensor. La presión total es consecuencia de la columna de agua que yace sobre el sensor de presión del Levellogger y la presión barométrica (atmosférica) que actúa sobre la superficie del agua. Para compensar las diferencias de la presión barométrica y obtener mediciones reales de la altura de la columna de agua (H), se requiere de un Barologger (B),

es decir: Lectura del Levelogger (L) - Lectura del Barologger (B) = Altura de la columna de agua (H) (págs. 30-31).

## SENSORES

### 9500 LevelSender

Es un sistema de telemetría simple y de bajo costo que es lo suficientemente compacto para instalarse dentro de una tubería de 2" (50mm) de diámetro (ver Ilustración 4.20). Se pueden conectar un Levelogger y un Barologger a un mismo dispositivo. La configuración del sistema es ideal para incluir la opción de telemetría a su red actual de Levelogger instalados con Cables de Lectura Directa. Usa comunicación celular GSM para enviar los datos de los Levelogger conectados en el campo a la base de datos en la PC de la Estación Central, así como a su dispositivo inteligente mediante correo electrónico o mensaje de texto. (Solinst Canada Ltd., 2016)



*Ilustración 4.20: 9500 LevelSender. Fuente: (Solinst Canada Ltd., 2016)*

### **Solinst Levelogger App y Levelogger App Interface**

Pueden ser usados para programar, ver y descargar los datos de los Levelogger conectados mediante Bluetooth® en su dispositivo inteligente iOS o Android™ (ver Ilustración 4.21). El Solinst Levelogger App está disponible de forma gratuita en la App StoreSM y en Google Play™. (Solinst Canada Ltd., 2016)



*Ilustración 4.21: Solinst Levelogger App y Levelogger App Interface*

*Fuente: (Solinst Canada Ltd., 2016)*

### **El DataGrabber™**

Es un dispositivo sencillo, portátil para transferir data para uso en campo(ver ilustración 4.22). Con solo oprimir un botón, toda la data acumulada en el datalogger conectado al DataGrabber se transfiere a una memoria USB. (Solinst Canada Ltd., 2016)



*Ilustración 4.22: DataGrabber™*

*Fuente: (Solinst Canada Ltd., 2016)*

#### 4.4.3.3 EVAN ESSENS

##### **Micro-Diver®**

Es un registrador de datos sumergible para el monitoreo del nivel del agua en tiempo real, ininterrumpido y a largo plazo (ver ilustración 4.23). El sensor de presión mide la presión hidrostática equivalente del agua por encima del diafragma del sensor para calcular la profundidad total del agua. El Diver mide de forma autónoma la presión y la temperatura y las registra en su memoria interna. El Diver es ideal para aplicaciones de nivel de agua subterránea y superficial. (Van Essen Instruments, 2021)



*Ilustración 4.23: Micro-Diver.*

*Fuente: (Van Essen Instruments, 2021)*

#### 4.4.3.4 GEOKON

##### **Punta del piezómetro Casagrande | Modelo 4590**



*Ilustración 4.24: Punta del piezómetro Casagrande*

*Fuente: (GEOKON, 2021)*

Se usa con el medidor de nivel de agua Solinst Modelo 101 para monitorear los niveles de agua subterráneos. La punta del piezómetro, unida a la tubería ascendente de PVC, se coloca en una zona de arena y luego se sella a la superficie con una lechada de bentonita. Se accede al medidor de nivel de agua a través del extremo de la tubería ascendente en la parte superior del pozo. Se utiliza un adaptador de PVC para conectar la punta del piezómetro a la tubería ascendente de PVC acoplada al ras. (GEOKON, 2021)

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

En la actualidad la red de piezómetros del aeropuerto Mariscal La Mar está formado por 10 puntos de control. La distribución de los piezómetros es heterogénea, el lado izquierdo de la pista posee 5 piezómetros al igual que el lado derecho; debido a la proximidad de los mismos y las variaciones que se presentaron, posibilita elaborar mapas del nivel piezométrico en distintas épocas del año que permiten identificar la influencia de las precipitaciones, escorrentías y el flujo subsuperficial.

Para la obtención de niveles piezométricos adecuados, se realizaron varios ajustes en la mayoría de los piezómetros, a más de pruebas para el levantamiento de los mismos con el uso de distintas herramientas. Debido al descuido en el mantenimiento de los piezómetros, estos se encontraron en condiciones precarias por lo que se procedió a realizar varios trabajos de reparación que se especifican en el capítulo II apartado 2.7.2.

Dentro de la discusión planteada, al analizar los niveles piezométricos, así como los flujos obtenidos a través de la ley de Darcy y el uso de la conductividad hidráulica como se observó en el capítulo III apartado 3.2.1 ; se concluyó que no hay datos que indiquen la existencia de un nivel freático fijo o dinámico; sin embargo, la presencia de un flujo de agua es evidente, además de la existencia de niveles piezométricos originados a partir de las aguas lluvias recogidas dentro del área de movimiento del aeropuerto Mariscal La Mar, que constantemente tuvieron mediciones diferentes de cero, lo que hace considerar la existencia de flujos pequeños y de un nivel constante en periodos de lluvias recurrentes.

La pista se vio afectada por los eventos pluviales que generaban estancamiento de agua tanto en el pavimento como en las áreas verdes; se calculó flujos teóricos entre piezómetros con los datos obtenidos. Este análisis se realiza en función a la composición de suelos cercanos a cada uno de los piezómetros evaluados en el capítulo III, se calculó un flujo teórico de piezómetro a piezómetro en la parte izquierda de la pista del aeropuerto, obteniendo como valor máximo aproximadamente 1200 ( $\text{cm}^3/\text{día}$ ), como se muestra en las tablas 3-29 y 3-34. Dicho flujo como explica en el

capítulo 3 ocurre entre los piezómetros 8 y 7 y fue obtenido con los datos de suelo disponibles en ese momento.

Además, se pudo observar en el lado derecho, paralela a la pista, un canal que ante eventos pluviométricos permanecía inundado provocando encharcamientos y saturación del suelo. Se prevé que la red de drenaje presenta problemas en varios sectores, por lo cual, ante fenómenos de importantes precipitaciones, la pista se encuentra vulnerable ante condiciones de eventuales inundaciones.

En el capítulo IV, se presentaron alternativas de diseño y de intervención para piezómetros que se apeguen a las necesidades y conveniencias de la institución, dependiendo de la magnitud que se decida dar al proyecto que se lleve a cabo para la restauración o el reemplazo de esta instrumentación por un modelo de medición más eficiente.

- La reparación de piezómetros existentes al momento del inicio del proyecto, así como la observación de campo del estado y condición de la instrumentación disponible para la toma de datos, conllevó a una mejora en el proceso de recaudación de información sobre este tema y una observación directa al mantenimiento precario que se le ha dado a este medio de instrumentación.

El comportamiento hidrogeológico está controlado por la influencia de las precipitaciones que se dan en el aeropuerto. Al ser las precipitaciones la principal influencia, los niveles más altos se observan desde los meses de diciembre a abril, por lo que los mínimos se producen en épocas donde la lluvia es escasa.

- Se pudieron encontrar patrones de interacción entre las precipitaciones y el nivel piezométrico, las cuales se observan en las ilustraciones 3.20 a la 3.29, así como una relación entre el estado del medio alrededor del piezómetro y la medición obtenida en cada visita de campo
- Se construyeron gráficos que representan las precipitaciones obtenidas de distintas estaciones meteorológicas, con las cuales se llegó a determinar el comportamiento pluvial recurrente en los alrededores del aeropuerto Mariscal La Mar, abarcando, tanto épocas secas como húmedas; con el fin de generar periodos clave de monitoreo.

- Se determinaron los meses de mayor de precipitación dentro del periodo existente entre los meses de enero a abril, con su análisis dentro de los datos obtenidos de las estaciones meteorológicas estudiadas, así como de la página web Weather spark; que se observa en el apartado 4.2 del capítulo IV.

De los resultados obtenidos en el análisis de épocas críticas, se puede concluir que existen tiempos o periodos claves que se deben tomar en cuenta en la fase de monitoreo, entre los que mencionamos:

- Épocas de precipitación intensa, ya que el nivel piezométrico tiene a estancarse en algunos piezómetros, y existe encharcamiento en las áreas verdes.
- Épocas prolongadas de sequía, ya que algunos piezómetros, en el periodo de estudio, no presentaron niveles nulos.

De esta manera, partiendo de lo mencionado anteriormente, el análisis que se presentó al correlacionar los niveles piezométricos obtenidos en el aeropuerto Mariscal La Mar de Cuenca, con las precipitaciones suscitadas, concluimos que:

Los niveles piezométricos varían en función de su ubicación, estado de funcionamiento y la época de monitoreo, donde se aprecian tendencias de descenso o ascenso de los niveles. En general, existe una estrecha relación entre los eventos pluviométricos importantes y la variación de los niveles piezométricos, como se observa en las ilustraciones 3.20 a 3.29, que generan la mayor oscilación de los niveles; sin embargo, durante todo el periodo de monitoreo se obtuvieron diferentes comportamientos.

Los piezómetros ubicados en el lado derecho de la pista (cercana la Av. España) tuvieron las siguientes características:

- Exceptuando el piezómetro P2(0+060), que presentaba niveles únicamente ante eventos pluviales importantes y el P6(1+800) que por su condición no pudo ser evaluado. Los piezómetros P3(0+480), P4(0+900) y P5(1+320) presentaron mayor sensibilidad, generando variaciones considerables ante la mayoría de los eventos pluviométricos.
- Además, los piezómetros P4 y P5, al poseer variaciones inmediatas ante precipitaciones esporádicas y un descenso mínimo en épocas de estiaje, se

notaba que sus niveles permanecían estacionarios, es decir no presentaban niveles nulos.

Los piezómetros ubicados en el lado izquierdo de la pista (cercana a la Av. Hurtado de Mendoza) tuvieron comportamientos distintos; ya que, la mayoría en los primeros meses permanecieron nulos, aún con la influencia de eventos pluviométricos considerables. Como se especificó en el capítulo III, se le asume este comportamiento al dren ubicado de este lado paralelo a la pista.

- El piezómetro P1(0+060) tenía una relación precipitación-nivel piezométrico normal ya que al igual que el P2(0+060 dere.) generaba niveles ante eventos pluviales importantes;
- Los piezómetros P10(0+480) y P8(1+320) fueron encontrados un mes después del inicio del monitoreo; por el comportamiento que tuvieron se concluyó que no presentaron niveles antes de su localización, generando niveles en el mayor evento pluviométrico del periodo de estudio es decir en marzo de 2021 y luego a finales de abril de 2021;
- El piezómetro P9(0+900) presentó su primer nivel en diciembre y desde esa fecha permaneció estacionario, ya que en épocas de estiaje seguía presentando niveles piezométricos pequeños. De igual manera el piezómetro P7(1+800) generó niveles en marzo de 2021 y abril de 2021.

En la presente tesis se correlacionó el nivel piezométrico medido de los piezómetros ubicados en el aeropuerto Mariscal La Mar con las precipitaciones ocurridas en los meses que se realizó el monitoreo. Esta presenta un análisis de un periodo de 6 meses (octubre 2020- abril 2021) tratando de abarcar temporadas secas y húmedas de la ciudad de Cuenca, con el fin de evaluar el comportamiento del agua infiltrada en las áreas verdes del aeropuerto. Por lo tanto, tras el análisis presentado en este trabajo y ante el distinto comportamiento que tuvo cada uno de los piezómetros evaluados en el capítulo III apartado 3.3 de Resultados, puede asegurarse que la relación precipitación-nivel piezométrico es evidente en todos los piezómetros.

## RECOMENDACIONES

Adecuación de piezómetros a largo plazo:

Dentro de la investigación realizada, se observó que la profundidad de los piezómetros en proyectos grandes, donde es necesario conocer con detalle las características de acuíferos o aguas subterráneas, es mayor; a diferencia de los que se encuentran en el aeropuerto Mariscal La Mar, por lo tanto los métodos de construcción son diferentes. Sin embargo, algunos de estos métodos de construcción aseguran la vida útil del piezómetro y vuelven su mantenimiento más sencillo, por lo que es recomendable considerar estas especificaciones de construcción.

Debido a las diversas consideraciones en cada uno de los piezómetros, la mejor forma de obtener un instrumento de medición adecuado, sería la remoción de dichos piezómetros y su reemplazo con nuevos pozos de medición, además de la construcción de otros en las áreas verdes de la zona 1 y zona 6, con una profundidad mayor a la actual ya que, la profundidad de los piezómetros como se mencionó en el capítulo II, está dada por el nivel encontrado al momento de su instalación; sin embargo, profundizar este nivel proporcionaría información más detallada y en general más confiable para el entendimiento del nivel generado a través del movimiento de agua de escorrentía.

Trabajos a corto plazo:

Los trabajos a corto plazo que se recomendaría para los piezómetros existentes en el aeropuerto son, una restauración parecida a aquellas que se realizaron al inicio de las mediciones de cada piezómetro. Dentro de estas consideraciones están las siguientes:

- Remoción completa de la mayor parte del piezómetro P6(1+800 dere.), debido a la precariedad de su situación por debajo del nivel del suelo
- Rellenar de arena el área que se encuentra alrededor de los piezómetros que tienen cuencas pequeñas alrededor de la tubería, tales como el piezómetro P4 y el piezómetro P5(1+320 dere.).
- Mejorar cada piezómetro y sus áreas circundantes para mayor visibilidad y menor riesgo de daños posteriores.

Dichas adecuaciones son proyectadas a un plazo muy corto y no resuelven los mayores problemas y dudas existentes dentro de ciertos piezómetros, por lo tanto, debe considerarse como una solución temporal hasta el punto en que se lleve a cabo una intervención de mayor escala.

Sin embargo, recomendaciones para mejorar las características estructurales como la capa de arena y la caja de concreto en la cima del piezómetro, pueden ser adaptadas a los piezómetros posteriores o actuales para que su vida útil se alargue mucho más ya que su visibilidad y firmeza mejorarían

Proyectarse grandes profundidades al momento de construir piezómetros en el aeropuerto, puede representar un gasto grande, ya que la profundidad necesaria es pequeña en comparación de otros proyectos que requieran 50 a 200 metros para registrar información más detallada. Esto conlleva a que la maquinaria necesaria para un proyecto de este tipo en el aeropuerto, sea más simple en términos de accesibilidad y precio. Con esta intervención se recomienda además, realizar calicatas más profundas ya sea en la zona de cada piezómetro o cercanos a ellos, con el objetivo de ubicar un nivel de agua visualmente estable y obtener datos de suelo específicos de la zona, los cuales serían muy necesarios para cualquier análisis posterior que se quiera realizar e incluso análisis similares a los realizados en este proyecto de tesis, debido a que la accesibilidad a datos de este tipo resultó complicada.

A demás se recomienda:

- Continuar con el monitoreo de niveles piezométricos, de manera periódica antes y después de la intervención para la mejora de los piezómetros actuales. Además se recomienda, enfatizar el monitoreo con mayor rigurosidad dentro de los meses críticos señalados durante el capítulo IV de este proyecto de tesis.
- Mantener una constante vigilancia en la actividad presentada por los piezómetros que durante el período de estudio entre octubre 2020 y abril 2021, nunca presentaron un nivel de medición cercano o igual a cero, tales como el caso del piezómetro P5(1+320), el piezómetro P4(0+900) y el P9(0+900 izq.); ya que este comportamiento sería de gran utilidad, en especial si se llegara a reemplazar estos piezómetros por modelos de mayor profundidad. Los niveles fijos durante un estiaje podrían significar la presencia subterránea de aguas ya

sean pertenecientes a un estancamiento, un flujo continuo o pequeño entre estos piezómetros o incluso la retención de aguas de infiltración debido a una baja conductividad hidráulica vertical en los alrededores de la zona.

- Es imperativo la obtención de mayor información para complementar y apoyar las bases para futuros proyectos, tal información referente al tipo de suelo, la topografía del aeropuerto en especial de la pista de aterrizaje y la facilitación en la obtención de datos provenientes de la estación meteorológica ubicada dentro del aeropuerto, ya que al momento de la realización de este proyecto de tesis la información se encuentra limitada.
- Al momento de realizar mantenimiento de pista, se recomienda prestar mayor cuidado en el área donde se encuentran los piezómetros, con el fin de evitar roturas internas y externas.
- Para el monitoreo se presentaron varios instrumentos electrónicos que pueden ser usados en el aeropuerto, se recomienda colocar cajas metálicas de seguridad además de bases de concreto para proteger los aparatos del encharcamiento de agua.
- Se recomienda recibir asesoría por parte de empresas especializadas en piezómetros. En Ecuador existen varios distribuidores o proveedores entre ellos, Andina Sensores la cual trabaja con Van Essen Instruments, brindando accesibilidad de obtención de piezómetros. Además la empresa Sensor Vital la cual se encuentra en la ciudad de Cuenca, brindando servicios como asesorías y proformas para instalación de piezómetros.
- Con los estudios realizados, se recomienda analizar la factibilidad de la ubicación de nuevos piezómetros en la cabecera norte y cabecera sur de la pista, además del análisis para implementar piezómetros multinivel en las áreas de los piezómetros P4(0+900dere.) y P5(1+320 dere.).

## BIBLIOGRAFÍA

- Beltrám Tenorio, C. A., & Vintimilla Sánchez, J. J. (2014). *Estudio de la instrumentación a utilizar en las presas de tierra del proyecto pacalori*. Cuenca: Universidad de Cuenca .
- Cabrera Trujillo, P. H., & Sanabria Pérez, J. S. (2015). *Instrumentación geotécnica para monitorear el nivel freático y calidad del agua con sensores eléctricos en piezómetros de tubo abierto*. Lima: Universidad Ricardo Palma.
- DGAC. (2018). *Regulaciones Técnicas - RDAC Parte 154 - Diseño de Aeródromos*. Quito: Dirección General de Aviación Civil.
- Fornari, E. M. (2010). Relaciones entre los niveles freáticos y variables hidrometeorológicas en un área de llanura. *Universidad Nacional del Litoral*, 12. Obtenido de [http://www.ns.ina.gov.ar/pdf/ifrrhh/03\\_011\\_Fornari.pdf](http://www.ns.ina.gov.ar/pdf/ifrrhh/03_011_Fornari.pdf)
- Frankel, N., & Gage, A. (2009). *Fundamentos de monitoreo y evaluación*. MEASURE Evaluation.
- Gabriels, D., Lobo L., D., & Pulido M., M. (2014). *Métodos para determinar la conductividad hidráulica saturada y no saturada*. Venezuela: Universidad Central de Venezuela.
- Gallupe Támara, J. L. (2018). *Consideraciones técnicas que influyen en la construcción de pozos de agua y piezómetros en la minera Barrick Misquichilca SAC*. Huaraz: Universidad Nacional “Santiago Antúnez de Mayolo”.
- GEOKON. (julio de 2021). *GEOKON*. Obtenido de Piezómetros: <https://www.geokon.com/Piezometers>
- Gilbert Gedeon, P. (1999). *Groundwater Hydrology*. Washington, DC: U.S. Army Corps of Engineers.
- Herrera Candelario , S. L., & Panta Failoc , L. F. (2018). *Estudio de la influencia de la napa freática en el diseño del pavimento de la pista de aterrizaje del*

*aeropuerto teniente fap jaimé montreuil morales de la ciudad de chimbote, usando el software faarfield.* Chimbote: Universidad Nacional del Santa.

Martin, I., Salcedo, R., & Font, R. (2011). *Mecánica de Fluidos*. Mountain View: Universidad de Alicante.

Neri, I., Escolero, O., Torres, S., & Riquer, G. (2014). Inundaciones por agua subterránea en onas costeras. Caso de estudio: acuífero de Veracruz. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 247-261.

Obuobie, E., diekkruieger, B., Agyekum, W., & Agodzo, S. (2011). Groundwater level monitoring and recharge estimation in the White Volta River basin of Ghana. *Journal of African Earth Sciences*, 80-60.

Panez, C. C. (2010). *Análisis de métodos para la predicción de presión de poros aplicado a la estabilidad de pozos de perforación petrolera*. Lima: Universidad Ricardo Palma.

PROMANVIAL. (2018). *Evaluación funcional y estructural 2018 de pavimentos en el aeropuerto internacional "Mariscal La Mar" - Cuenca; Informe Hidrología, Hidráulica, Drenaje y Subdrenaje*. Consulting Cía. Ltda. Cuenca: CORPAC.

RST Instruments Ltd. (2019). Piezómetro de deformímetro. *Categoría de Producto: Piezómetros + transductores*. Maple Ridge, Canada: RST Instruments.

Sánchez San Román, F. J. (2013). *Francisco Javier Sánchez San Román*. Salamanca: Universidad de Salamanca.

Solinst Canada Ltd. (2016). *Instrumentación de alta calidad para monitoreo de aguas subterráneas y de superficie*. Georgetown: Solinst Canada Ltd.

UNATSABAR. (2002). *Manual de Diseño de Galerías Filtrantes*. Lima: Organización Mundial de la Salud.

Van Essen Instruments. (julio de 2021). *Van Essen Instruments*. Obtenido de Registradores de datos: <https://www.vanessen.com/product-category/data-loggers/>

Villón Béjar, M. (2002). *Hidrología*. Cartago: Taller de Publicaciones del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Weatherspark. (2 de julio de 2021). *Weather spark*. Obtenido de <https://es.weatherspark.com/y/19348/Clima-promedio-en-Cuenca-Ecuador-durante-todo-el-año>

## ANEXOS:

### ANEXO 1: Acuerdo de confidencialidad y no distribución



**cuenca**  
ALCALDÍA



Corporación  
Aeroportuaria

#### ACUERDO DE CONFIDENCIALIDAD Y NO DISTRIBUCIÓN

Intervienen en la celebración del presente acuerdo, por una parte, la **CORPORACIÓN AEROPORTUARIA DE CUENCA** denominada para los efectos de este instrumento como "**CORPAC**", legalmente representada por el **Eco. Juan Pablo Vega Morejón**, en su calidad de Director Ejecutivo; por otra parte, los **Ingenieros Carlos Javier Fernández de Córdova Webster y Rolando Armas Novoa**, Docentes de la Universidad del Azuay en calidad de **Director y Codirector del trabajo de titulación - "DOCENTES"** - de **Karla Denisse Campoverde Chicaiza y Tito José Vanegas Vásconez** a quienes se les denominará en adelante "**ESTUDIANTES**". Los intervinientes, libre, voluntariamente y por los derechos que representan, convienen en suscribir este Acuerdo de Confidencialidad y No Distribución, al tenor de las siguientes cláusulas:

#### **PRIMERA: ANTECEDENTES. -**

- 1.1 La **CORPAC** es una persona jurídica de derecho privado con finalidad social, sin fines de lucro que tiene dentro de sus fines y objetivos, asumir y desarrollar la transformación, mejoramiento, administración y mantenimiento del aeropuerto "**Mariscal La Mar**" de la ciudad de Cuenca, en forma directa y promoviendo la más amplia participación de los sectores sociales, inversores, constructores y operadores privados, bajo las modalidades y condiciones previstas en la Ley, observando lo dispuesto y previsto en el Decreto Ejecutivo No. 786, publicado en el Registro Oficial No. 145 de fecha 15 de Noviembre del 2005.
- 1.2 Los **ESTUDIANTES** se encuentra egresados de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad del Azuay y actualmente está desarrollando su trabajo de graduación - tesis - denominado "**Análisis de niveles piezométricos y su relación con las precipitaciones en el Aeropuerto Mariscal La Mar de la ciudad de Cuenca**".
- 1.3 La **CORPAC** tiene cierta información que los **ESTUDIANTES** necesitan como base de análisis para su trabajo de investigación de pregrado, por consiguiente, la **CORPAC** cumpliendo con su compromiso con la sociedad y con el desarrollo educativo, está dispuesta a compartir cierta información para que sea material de análisis.
- 1.4 Luego del análisis del requerimiento por parte de la **Dirección de Operaciones, Ingeniería e Infraestructura de Aeródromo**, conjuntamente con la **Coordinación de Ejecución, Mantenimiento y Control Ambiental**, se determina que es factible la provisión de la información requerida y se establece como paso previo la firma del presente acuerdo de confidencialidad.

#### **SEGUNDA: OBJETO. -**

El presente Acuerdo de Confidencialidad y No Distribución tiene como objeto que los **DOCENTES** como los **ESTUDIANTES** mantengan la confidencialidad de la información entregada por la **CORPAC** y no la distribuyan ni entreguen a ninguna otra persona, esto incluye que la información no pueda ser colocada en ninguna página web, ámbito digital de almacenamiento (cloud) o publicación.

La información que la **CORPAC** entregará y que será materia de este Acuerdo es la siguiente:

1. Ensayos-pruebas de laboratorio del tipo de suelo de la zona y su clasificación.
2. Datos hidrológicos de los últimos años.
3. Sistema de drenaje actual y planos.



**cuenca**  
ALCALDÍA



4. Componente hidráulico-hidrológico del estudio funcional y estructural del área de movimiento y diseño de la pista del Aeropuerto Mariscal La Mar de la ciudad de Cuenca.
5. Planos del área de movimiento del aeródromo

Los **ESTUDIANTES** y **DOCENTES** tan solo podrá utilizar la información proporcionada por la CORPAC para la elaboración de su trabajo de pregrado, por consiguiente, los **ESTUDIANTES** y **DOCENTES** no podrá difundir ni utilizar para otros fines la información proporcionada, recalando que, de existir fuga de información serán los **ESTUDIANTES** y **DOCENTES** quienes asuman la responsabilidad.

La única excepción para lo que respecta a la difusión y distribución de la información, es a través del propio trabajo de investigación, es decir, lo que podrá contener la información que la CORPAC entregue será la tesis de pregrado y tan solo la tesis podrá ser difundida, más no se podrá, de manera individual y directa distribuirse o difundirse la información que la CORPAC entregase sin que no conste dentro del trabajo de investigación.

#### **TERCERA: SANCIÓN. -**

En el caso de que los **ESTUDIANTES** y **DOCENTES**, no dieran cumplimiento a la obligación establecida en la Segunda Cláusula de este Acuerdo, declara expresamente que se obliga y responsabiliza civil y pecuniariamente por la violación al Acuerdo de Confidencialidad y No Distribución y el uso indebido que se le dé a la citada información; además del perjuicio que se pudiese generar a la CORPAC.

#### **CUARTA: DURACIÓN. -**

Este Acuerdo regirá desde la fecha de su suscripción, hasta 10 años posteriores a la culminación del trabajo de investigación.

#### **QUINTA: MODIFICACIÓN. -**

Este acuerdo solo podrá ser modificado con el consentimiento expreso de los comparecientes.

#### **SEXTA: DOMICILIO Y CONTROVERSIAS. -**

Si se suscitaren divergencias o controversias entre las partes por la ejecución de este Acuerdo, éstas tratarán de llegar a un arreglo amigable que solucione el problema.

**6.1. CLAÚSULA ARBITRAL:** De no darse solución a la o las controversias provenientes del presente Acuerdo, las partes, renunciando fuero y domicilio, fijan para efectos de este acuerdo su domicilio en la ciudad de Cuenca, aceptando mutuamente someterse a Arbitraje en derecho de acuerdo a lo establecido en la Ley de Arbitraje y Mediación, a llevarse a cabo en el Centro de Arbitraje de las Cámaras de la Producción del Azuay, que ejerce jurisdicción en el domicilio de la entidad Contratante, la ciudad de Cuenca.

Sin embargo, cuando se trate de daños generados por los **ESTUDIANTES** y **DOCENTES** por la violación de este acuerdo, la CORPAC podrá demandar ante el juez que corresponda, los daños y perjuicios generados.



**cuenca**  
ALCALDÍA



**SEPTIMA: ACEPTACIÓN DE LAS PARTES. -**

Libre y voluntariamente, las partes declaran expresamente su aceptación a todo lo acordado en el presente instrumento, a cuyas estipulaciones se someten, en fe de lo cual firman en seis ejemplares del mismo valor y contenido, en unidad de acto, en la ciudad de Cuenca, a los 15 días del mes de octubre del año dos mil veinte.

Econ. Juan Pablo Vega  
Director Ejecutivo  
Corporación Aeroportuaria de Cuenca



Ing. Carlos Javier Fernández de Córdova  
Webster  
Director de Tesis  
CI: 0102649258

Ing. Rolando Armas Novoa  
Codirector de Tesis  
CI: 0150697522

Srta. Karla Denisse Campoverde Chicaiza  
Estudiante  
CI: 0107405508

Sr. Tito José Vanegas Vásconez  
Estudiante  
CI: 0107145443



### ANEXO 3: Monitoreo de los niveles piezométricos encontrados en el Aeropuerto Mariscal La Mar

MONITOREO PIEZOMETROS AEROPUERTO MARISCAL LA MAR DE CUENCA					
PIEZOMETRO P1					
UBICACIÓN	ALTURA m.s.n.m	NOMBRE	COORDENADAS UTM		OBSERVACIONES
			X	Y	
ZONA 1 0+060(Izq.)	2530,91	<b>P1</b>	723331.00 m E	9679912.00 m S	CON TAPA , TUBERIA SALIDA , PROFUNDIDAD, ALTURA APROX.: 2,57m ; TUBO SALIDO: 28 cm
FECHA	HORA	NIVEL medido	NIVEL corregido	CLIMA	OBSERVACIONES
16/10/2020	9:53:00	0,00 m	0,00 m	día lluvioso	paso paramando
19/10/2020	9:43:00	0,00 m	0,00 m	soleado	mañana soleada , pista húmeda
21/10/2020	10:30:00	0,927 m	0,81 m	nublado	Días anteriores lluvia intensa
23/10/2020	11:25:00	0,08 m	0,08 m	nublado	soleado/ días anteriores sin llover
26/10/2020	7:42:00	0,00 m	0,00 m	nublado	Llovió 25/10 - lodo en el fondo
27/10/2020	10:23:00	0,00 m	0,00 m	soleado	lodo/ nueva regla, regla normal
28/10/2020	10:49:00	0,00 m	0,00 m	soleado	
30/10/2020	11:40:00	0,00 m	0,00 m	nublado	lodo
02/11/2020	10:53:00	0,00 m	0,00 m	soleado	lodo húmedo
05/11/2020	10:20:00	0,00 m	0,00 m	nuboso/ soleado	Llovió día 4/11 tarde
06/11/2020	9:23:00	0,00 m	0,00 m	nuboso/ soleado	
09/11/2020	10:32:00	0,00 m	0,00 m	nublado / frio	
11/11/2020	11:10:00	0,00 m	0,00 m	nuboso/ soleado	
13/11/2020	11:01:00	0,00 m	0,00 m	soleado	
16/11/2020	10:50:00	0,00 m	0,00 m	nublado	
18/11/2020	9:37:00	0,00 m	0,00 m	soleado	Lluvia intensa en la tarde
19/11/2020	9:56:00	1,55 m	1,35 m	nublado	lluvia
20/11/2020	9:53:00	1,36 m	1,18 m	nublado	lluvia
23/11/2020	10:51:00	0,00 m	0,00 m	nublado	
25/11/2020	10:46:00	0,00 m	0,00 m	soleado	
27/11/2020	10:39:00	0,00 m	0,00 m	lluvioso	paso paramando
30/11/2020	10:55:00	0,00 m	0,00 m	nuboso/	soleado/paramo
02/12/2020	11:00:00	0,00 m	0,00 m	nublado	
04/12/2020	10:43:00	0,00 m	0,00 m		
07/12/2020	15:39:00	0,00 m	0,00 m	soleado nublado	
09/12/2020	15:45:00	0,00 m	0,00 m	nuboso-lluvioso	
11/12/2020	15:45:00	1,00 m	0,87 m	lluvioso	pista mojada
14/12/2020	15:55:00	0,71 m	0,62 m	soleado	
16/12/2020	15:49:00	0,44 m	0,39 m	nublado/soleado	
18/12/2020	15:42:00	0,00 m	0,00 m	nublado	
21/12/2020	15:46:00	0,00 m	0,00 m	soleado/nublado	
23/12/2020	10:57:00	0,00 m	0,00 m	soleado	se cambiaron tuberías de 4 y 5
29/12/2020	15:50:00	0,00 m	0,00 m	lluvioso	
31/12/2020	15:47:00	0,00 m	0,00 m	lluvioso	
05/01/2021	15:58:00	0,00 m	0,00 m	nublado/soleado	

07/01/2021	15:43:00	0,00 m	0,00 m	nublado	
09/01/2021	8:28:00	0,00 m	0,00 m	nublado	
12/01/2021	15:42:00	0,00 m	0,00 m	soleado	
14/01/2021	15:49:00	0,00 m	0,00 m		
19/01/2021	15:51:00	0,00 m	0,00 m	nublado	
26/01/2021	15:48:00	0,00 m	0,00 m	soleado	
28/01/2021	15:49:00	0,00 m	0,00 m	despejado/soleado	
01/02/2021	15:49:00	0,00 m	0,00 m	nublado paramando	
03/02/2021	15:49:00	0,00 m	0,00 m	soleado-nuboso	
05/02/2021	15:49:00	0,00 m	0,00 m	nublado	
08/02/2021	12:13:00	0,00 m	0,00 m	soleado	
10/02/2021	15:45:00	0,00 m	0,00 m	soleado-nublado	
12/02/2021	15:53:00	0,00 m	0,00 m	soleado y pocas nubes	
17/02/2021	15:54:00	0,00 m	0,00 m	nuboso	
19/02/2021	16:10:00	1,36 m	1,18 m	nublado	
23/02/2021	15:45:00	0,03 m	0,03 m	nublado	22 de febrero muy lluvioso
24/02/2021	15:45:00	0,00 m	0,00 m	nublado y poco sol	
26/02/2021	10:16:00	0,00 m	0,00 m	nublado lluvioso	
01/03/2021	15:53:00	2,10 m	1,82 m	lluvioso	
03/03/2021	15:44:00	2,04 m	1,77 m	lluvioso	Fin de semana lluvia
05/03/2021	15:50:00	2,15 m	1,86 m	nublado	
08/03/2021	15:50:00	0,37 m	0,33 m	nuboso-lluvioso	
10/03/2021	15:59:00	1,34 m	1,16 m	nublado	
12/03/2021	9:54:00	1,58 m	1,37 m	nublado	
15/03/2021	15:51:00	1,46 m	1,27 m	nublado	
17/03/2021	15:44:00	1,90 m	1,65 m	nublado	
19/03/2021	15:45:00	0,61 m	0,54 m	nublado	
22/03/2021	15:57:00	2,10 m	1,82 m	lluvioso	
24/03/2021	15:58:00	0,76 m	0,67 m	nublado	
26/03/2021	15:46:00	0,04 m	0,04 m	soleado	
29/03/2021	16:01:00	0,79 m	0,69 m	soleado	
31/03/2021	15:50:00	0,06 m	0,06 m	nublado	
01/04/2021	15:47:00	0,00 m	0,00 m	nublado	
02/04/2021	8:39:00	0,00 m	0,00 m		
05/04/2021	11:35:00	0,00 m	0,00 m	soleado	
07/04/2021	16:22:00	0,00 m	0,00 m	soleado/nublado	
09/04/2021	16:49:00	0,00 m	0,00 m		
12/04/2021	15:47:00	0,00 m	0,00 m		
14/04/2021	16:43:00	0,00 m	0,00 m	nublado	paramando
16/04/2021	16:51:00	0,00 m	0,00 m		
19/04/2021	15:54:00	0,00 m	0,00 m		
21/04/2021	10:04:00	0,04 m	0,04 m		
23/04/2021	16:38:00	0,00 m	0,00 m		
26/04/2021	15:47:00	0,00 m	0,00 m	soleado	
28/04/2021	16:45:00	0,50 m	0,44 m		
03/05/2021	16:03:00	1,58 m	1,37 m	nublado	
<b>Fuente: Elaboración propia</b>					

MONITOREO PIEZOMETROS AEROPUERTO MARISCAL LA MAR DE CUENCA					
PIEZOMETRO P2					
UBICACIÓN	ALTURA m.s.n.m	NOMBRE	COORDENADAS WGS		OBSERVACIONES
			X	Y	
ZONA 1 0+060(dere.)	2530,91	<b>P2</b>	723363.00 m E	9679859.00 m S	SE ENCONTRO SIN TAPA , TUBERIA A RAS, PROFUNDIDAD APROX.: 2,80m, SE COLOCO TAPA Y TUBERIA DE 30 cm APROX.
FECHA	HORA	NIVEL	NIVEL corregido	CLIMA	OBSERVACIONES
16/10/2020	10:06:00	0,00 m	0,00 m	día lluvioso	paso paramando
19/10/2020	9:45:00	0,00 m	0,00 m	soleado	pista húmeda,
21/10/2020	10:34:00	0,870 m	0,85 m	nublado	días anteriores lluvia intensa
23/10/2020	11:28:00	0,00 m	0,00 m	nublado	Días anteriores sin llover, Se coloco tapa provisional
26/10/2020	7:44:00	0,00 m	0,00 m	nublado	nueva regla / regla fina
27/10/2020	10:25:00	0,00 m	0,00 m	soleado	
28/10/2020	10:51:00	0,00 m	0,00 m	soleado	
30/10/2020	10:42:00	0,00 m	0,00 m	nublado	
02/11/2020	10:55:00	0,00 m	0,00 m	soleado	
05/11/2020	10:22:00	0,00 m	0,00 m	nuboso/ soleado	día anterior lluvia intensa
06/11/2020	9:25:00	0,00 m	0,00 m	nuboso/ soleado	
09/11/2020	10:33:00	0,00 m	0,00 m	nublado / frio	Podado, visualización geomembrana
11/11/2020	11:12:00	0,00 m	0,00 m	nuboso/ soleado	
13/11/2020	11:03:00	0,00 m	0,00 m	soleado	
16/11/2020	10:51:00	0,00 m	0,00 m	nublado	
18/11/2020	9:40:00	0,00 m	0,00 m	soleado	Tubo roto con geomalla, colocamos tubería nueva
19/11/2020	9:57:00	0,00 m	0,00 m	nublado	
20/11/2020	9:55:00	0,115 m	0,11 m	nublado	
23/11/2020	10:53:00	0,23 m	0,23 m	nublado	
25/11/2020	10:48:00	0,00 m	0,00 m	soleado	
27/11/2020	10:41:00	0,00 m	0,00 m	lluvioso	
30/11/2020	10:56:00	0,00 m	0,00 m	nuboso	soleado/paramo
02/12/2020	11:01:00	0,00 m	0,00 m	nublado	
04/12/2020	10:45:00	0,00 m	0,00 m		
07/12/2020	15:40:00	0,00 m	0,00 m	soleado nublado	
09/12/2020	15:47:00	0,00 m	0,00 m	nuboso-lluvioso	
11/12/2020	15:47:00	0,89 m	0,87 m	lluvioso	
14/12/2020	15:56:00	0,72 m	0,70 m	soleado	
16/12/2020	15:51:00	0,58 m	0,57 m	nublado/soleado	
18/12/2020	15:43:00	0,00 m	0,00 m	nublado	
21/12/2020	15:48:00	0,00 m	0,00 m	soleado/nublado	
23/12/2020	10:58:00	0,00 m	0,00 m	soleado	
29/12/2020	15:51:00	0,00 m	0,00 m	lluvioso	
31/12/2020	15:47:00	0,00 m	0,00 m	lluvioso	
05/01/2021	15:59:00	0,00 m	0,00 m	nublado/soleado	
07/01/2021	15:44:00	0,00 m	0,00 m	nublado	

09/01/2021	8:29:00	0,00 m	0,00 m	nublado	
12/01/2021	15:43:00	0,00 m	0,00 m	soleado	
14/01/2021	15:50:00	0,00 m	0,00 m		
19/01/2021	15:52:00	0,00 m	0,00 m	nublado	
26/01/2021	15:49:00	0,00 m	0,00 m	soleado	
28/01/2021	15:50:00	0,00 m	0,00 m	despejado	soleado
01/02/2021	15:51:00	0,00 m	0,00 m	nublado paramando	
03/02/2021	16:05:00	0,00 m	0,00 m	soleado-nuboso	
05/02/2021	15:50:00	0,00 m	0,00 m	nublado	
08/02/2021	12:15:00	0,00 m	0,00 m	soleado	
10/02/2021	15:46:00	0,00 m	0,00 m	soleado-nublado	
12/02/2021	15:54:00	0,00 m	0,00 m	soleado	pocas nubes
17/02/2021	15:46:00	0,00 m	0,00 m	nuboso	
19/02/2021	16:11:00	0,93 m	0,91 m	nublado	
23/02/2021	15:46:00	0,78 m	0,77 m	nublado	
24/02/2021	15:46:00	0,26 m	0,25 m	nublado y poco sol	
26/02/2021	10:17:00	0,00 m	0,00 m	nublado lluvioso	
01/03/2021	15:54:00	2,12 m	2,08 m	lluvioso	
03/03/2021	15:46:00	1,70 m	1,67 m	lluvioso	
05/03/2021	15:52:00	1,97 m	1,93 m	nublado	
08/03/2021	16:05:00	0,90 m	0,88 m	nuboso-lluvioso	
10/03/2021	16:00:00	1,11 m	1,09 m	nublado	
12/03/2021	9:55:00	1,19 m	1,17 m	nublado	
15/03/2021	15:52:00	0,78 m	0,77 m	nublado	
17/03/2021	15:45:00	1,22 m	1,20 m	nublado	
19/03/2021	15:46:00	0,78 m	0,77 m	nublado	
22/03/2021	15:59:00	1,88 m	1,85 m	lluvioso	
24/03/2021	16:00:00	0,81 m	0,80 m	nublado	
26/03/2021	15:57:00	0,32 m	0,31 m	soleado	
29/03/2021	16:02:00	0,72 m	0,71 m	soleado	
31/03/2021	15:51:00	0,11 m	0,11 m	nublado	
01/04/2021	15:48:00	0,00 m	0,00 m	nublado	
02/04/2021	8:40:00	0,00 m	0,00 m		
05/04/2021	11:36:00	0,00 m	0,00 m	soleado	
07/04/2021	16:23:00	0,00 m	0,00 m	soleado/nublado	
09/04/2021	16:50:00	0,00 m	0,00 m		
12/04/2021	15:48:00	0,00 m	0,00 m		
14/04/2021	16:43:00	0,00 m	0,00 m	nublado	paramando
16/04/2021	16:51:00	0,00 m	0,00 m		
19/04/2021	15:56:00	0,00 m	0,00 m		
21/04/2021	10:05:00	0,00 m	0,00 m		
23/04/2021	16:38:00	0,00 m	0,00 m		
26/04/2021	15:48:00	0,00 m	0,00 m	soleado	
28/04/2021	16:46:00	1,49 m	1,46 m		
03/05/2021	16:05:00	1,18	1,16 m	nublado	
<b>Fuente: Elaboración propia</b>					

MONITOREO PIEZOMETROS AEROPUERTO MARISCAL LA MAR DE CUENCA					
PIEZOMETRO P3					
UBICACIÓN	ALTURA m.s.n.m	NOMBRE	COORDENADAS WGS		OBSERVACIONES
			X	Y	
0+480(dere.)	2527,822	<b>P3</b>	723695.69 m E	9680116.36 m S	SIN TAPA , TUBERIA ELEVADA, PROFUNDIDAD, ALTURA TOTAL APROX.: 2,50m; TUBERIA SALIDA 30cm
FECHA	HORA	NIVEL	NIVEL corregido	CLIMA	OBSERVACIONES
16/10/2020	10:13:00	0,06 m	0,06 m	día lluvioso	paso paramando
19/10/2020	9:48:00	0,047 m	0,047 m	soleado	mañana soleada , pista húmeda
21/10/2020	10:38:00	0,610 m	0,54 m	nublado	días anteriores lluvia intensa, se colocó tapa provisional
23/10/2020	11:32:00	0,305 m	0,27 m	nublado	amaneció soleado/ días anteriores sin llover
26/10/2020	7:48:00	0,21 m	0,19 m	nublado	
27/10/2020	10:29:00	0,18 m	0,18 m	soleado	Nueva regla, regla normal
28/10/2020	10:54:00	0,19 m	0,19 m	soleado	
30/10/2020	11:44:00	0,15 m	0,15 m	nublado	
02/11/2020	10:58:00	0,12 m	0,12 m	soleado	
05/11/2020	10:25:00	0,095 m	0,10 m	nuboso/ soleado	día anterior lluvia intensa
06/11/2020	9:27:00	0,09 m	0,09 m	nuboso/ soleado	
09/11/2020	10:38:00	0,07 m	0,07 m	nublado / frio	Podado
11/11/2020	11:16:00	0,05 m	0,05 m	nuboso/ soleado	
13/11/2020	11:05:00	0,04 m	0,04 m	soleado	
16/11/2020	10:54:00	0,025 m	0,03 m	nublado	
18/11/2020	9:45:00	0,00 m	0,00 m	soleado	buen estado
19/11/2020	10:02:00	0,00 m	0,00 m	nublado	
20/11/2020	9:58:00	0,00 m	0,00 m	nublado	
23/11/2020	10:56:00	0,00 m	0,00 m	nublado	
25/11/2020	10:50:00	0,00 m	0,00 m	soleado	
27/11/2020	10:43:00	0,00 m	0,00 m	lluvioso	
30/11/2020	10:59:00	0,00 m	0,00 m	nuboso	soleado/paramo
02/12/2020	11:03:00	0,00 m	0,00 m	nublado	
04/12/2020	10:48:00	0,00 m	0,00 m		
07/12/2020	15:42:00	0,00 m	0,00 m	soleado nublado	
09/12/2020	15:49:00	0,00 m	0,00 m	nuboso-lluvioso	
11/12/2020	15:50:00	1,22 m	1,12 m	lluvioso	
14/12/2020	15:58:00	1,045	0,91 m	soleado	
16/12/2020	15:54:00	0,72 m	0,63 m	nublado/soleado	
18/12/2020	15:45:00	0,45 m	0,40 m	nublado	
21/12/2020	15:50:00	0,21 m	0,19 m	soleado/nublado	
23/12/2020	11:02:00	0,19 m	0,19 m	soleado	
29/12/2020	15:54:00	0,14 m	0,14 m	lluvioso	
31/12/2020	15:49:00	0,16 m	0,16 m	lluvioso	
05/01/2021	16:02:00	0,13 m	0,13 m	nublado/soleado	
07/01/2021	15:47:00	0,10 m	0,10 m	nublado	
09/01/2021	8:30:00	0,09 m	0,09 m	nublado	
12/01/2021	15:45:00	0,10 m	0,10 m	soleado	

14/01/2021	15:53:00	0,09 m	0,09 m		
19/01/2021	15:55:00	0,05 m	0,05 m	nublado	
26/01/2021	15:51:00	0,46 m	0,41 m	soleado	
28/01/2021	15:53:00	0,30 m	0,27 m	despejado soleado	
01/02/2021	15:53:00	0,19 m	0,19 m	nublado- paramando	
03/02/2021	16:07:00	0,17 m	0,17 m	soleado-nuboso	
05/02/2021	15:53:00	0,16 m	0,16 m	nublado	
08/02/2021	12:17:00	0,14 m	0,14 m	soleado	
10/02/2021	15:48:00	0,13 m	0,13 m	soleado-nublado	
12/02/2021	15:56:00	0,12 m	0,12 m	soleado y pocas nubes	
17/02/2021	15:48:00	0,10 m	0,10 m	nuboso	
19/02/2021	16:14:00	0,20 m	0,20 m	nublado	
23/02/2021	15:48:00	0,19 m	0,19 m	nublado	
24/02/2021	15:50:00	0,18 m	0,18 m	nublado y poco sol	
26/02/2021	10:21:00	0,17 m	0,17 m	nublado lluvioso	
01/03/2021	15:59:00	2,11 m	1,93 m	lluvioso	inundado
03/03/2021	15:50:00	2,31 m	2,01 m	lluvioso	inundado
05/03/2021	15:55:00	2,51 m	2,21 m	nublado	no inundado
08/03/2021	16:09:00	0,68 m	0,60 m	nuboso-lluvioso	no inundado/ lluvia intensa
10/03/2021	16:03:00	0,89 m	0,78 m	nublado	no inundado
12/03/2021	14:09:36	1,02 m	0,89 m	nublado	
15/03/2021	16:57:00	1,20 m	1,04 m	nublado	
17/03/2021	15:48:00	1,16 m	1,01 m	nublado	
19/03/2021	15:49:00	0,89 m	0,78 m	nublado	
22/03/2021	16:03:00	0,80 m	0,70 m	lluvioso	
24/03/2021	16:02:00	0,80 m	0,70 m	nublado	
26/03/2021	15:50:00	0,46 m	0,41 m	soleado	
29/03/2021	16:04:00	0,68 m	0,60 m	soleado	
31/03/2021	15:54:00	0,41 m	0,36 m	nublado	
01/04/2021	15:50:00	0,34 m	0,30 m	nublado	
02/04/2021	8:42:00	0,30 m	0,27 m		
05/04/2021	11:38:00	0,20 m	0,18 m	soleado	
07/04/2021	16:26:00	0,18 m	0,18 m	soleado/nublado	
09/04/2021	16:52:00	0,19 m	0,19 m		
12/04/2021	15:50:00	0,17 m	0,17 m		
14/04/2021	16:47:00	0,16 m	0,16 m	nublado	paramando
16/04/2021	16:53:00	0,16 m	0,16 m		
19/04/2021	15:59:00	0,16 m	0,16 m		
21/04/2021	10:09:00	0,15 m	0,15 m		
23/04/2021	16:35:00	0,53 m	0,47 m		
26/04/2021	15:51:00	0,14 m	0,00 m	soleado	
28/04/2021	16:49:00	0,68 m	0,60 m		
03/05/2021	16:09:00	1,24 m	1,08 m	nublado	

**Fuente: Elaboración propia**

MONITOREO PIEZOMETROS AEROPUERTO MARISCAL LA MAR DE CUENCA					
PIEZOMETRO P4					
UBICACIÓN	ALTURA m.s.n.m	NOMBRE	COORDENADAS WGS		OBSERVACIONES
			X	Y	
0+900(dere.)	2523,411	<b>P4</b>	724028.75 m E	9680372.48 m S	Se encontró en mal estado a ras de piso roto, PROFUNDIDAD APROX.: 2,32m ; SE COLOCO TAPA; se colocó tubería 47cm
FECHA	HORA	NIVEL medido	NIVEL corregido	CLIMA	OBSERVACIONES
16/10/2020	10:19:00	0,28 m	0,26 m	día lluvioso	paso paramando SIN TAPA , TUBERIA A RAS, DOBLADO
19/10/2020	9:52:00	0,71 m	0,71 m	soleado	mañana soleada , pista húmeda
21/10/2020	10:44:00	2,380 m	2,380 m	nublado	días anteriores lluvia intensa / INUNDADO
23/10/2020	11:35:00	1,31 m	1,31 m	nublado	días anteriores sin llover, Se coloco tapa provisional
26/10/2020	7:53:00	2,45 m	2,45 m	nublado	inundado
27/10/2020	10:31:00	2,39 m	2,39 m	soleado	inundado, nueva regla
28/10/2020	10:58:00	2,23 m	2,23 m	soleado	
30/10/2020	11:48:00	0,99 m	0,99 m	nublado	
02/11/2020	11:01:00	0,58 m	0,58 m	soleado	
05/11/2020	10:30:00	2,32 m	2,32 m	nuboso/ soleado	inundado/día anterior lluvia intensa
06/11/2020	9:32:00	2,30 m	2,30 m	nuboso/ soleado	
09/11/2020	10:40:00	0,82 m	0,82 m	nublado / frio	
11/11/2020	11:24:00	0,56 m	0,56 m	nuboso/ soleado	
13/11/2020	11:08:00	0,40 m	0,40 m	soleado	Podado
16/11/2020	10:57:00	0,26 m	0,26 m	nublado	
18/11/2020	10:02:00	0,22 m	0,22 m	soleado	Se coloca primera adaptación
19/11/2020	10:08:00	2,48 m	2,48 m	nublado	inundado/día anterior lluvia intensa
20/11/2020	10:02:00	2,47 m	2,47 m	nublado	inundado/día anterior lluvia intensa
23/11/2020	11:12:00	2,48 m	2,48 m	nublado	inundado
25/11/2020	10:54:00	2,38 m	2,38 m	soleado	inundado
27/11/2020	10:48:00	1,74 m	1,74 m	lluvioso	
30/11/2020	11:06:00	2,38 m	2,38 m	nuboso	soleado/paramo
02/12/2020	11:08:00	2,44 m	2,44 m	nublado	
04/12/2020	10:51:00	2,44 m	2,44 m		
07/12/2020	15:46:00	2,35 m	2,35 m	soleado nublado	
09/12/2020	15:52:00	2,37 m	2,37 m	nuboso-lluvioso	
11/12/2020	15:59:00	2,48 m	2,48 m	lluvioso	
14/12/2020	16:03:00	2,40 m	2,40 m	soleado	
16/12/2020	15:59:00	2,45 m	2,45 m	nublado/soleado	
18/12/2020	15:50:00	2,33 m	2,33 m	nublado	
21/12/2020	15:55:00	1,55 m	1,55 m	soleado/nublado	
23/12/2020	11:08:00	0,87 m	0,87 m	soleado	Se realizo reparación y mantenimiento de tubería 80 cm aprox
29/12/2020	15:59:00	1,73 m	1,50 m	lluvioso	
31/12/2020	15:52:00	2,36 m	2,04 m	lluvioso	inundado
05/01/2021	16:06:00	2,28 m	1,97 m	nublado/soleado	inundado
07/01/2021	15:52:00	2,17 m	1,88 m	nublado	inundado

09/01/2021	8:34:00	1,51 m	1,31 m	nublado	
12/01/2021	15:51:00	0,95 m	0,83 m	soleado	
14/01/2021	15:57:00	0,695 m	0,61 m		
19/01/2021	16:00:00	1,18 m	1,03 m	nublado	parcialmente inundado
26/01/2021	15:55:00	1,96 m	1,69 m	soleado	inundado
28/01/2021	15:57:00	1,32 m	1,15 m	despejado soleado	
01/02/2021	15:57:00	0,90 m	0,79 m	nublado- paramando	no inundado
03/02/2021	16:11:00	0,63 m	0,55 m	soleado-nuboso	
05/02/2021	15:57:00	0,46 m	0,40 m	nublado	
08/02/2021	12:20:00	0,34 m	0,30 m	soleado	
10/02/2021	15:52:00	0,28 m	0,25 m	soleado-nublado	
12/02/2021	16:00:00	1,31 m	1,14 m	soleado	pocas nubes
17/02/2021	15:53:00	1,98 m	1,72 m	nuboso	inundado
19/02/2021	16:19:00	2,00 m	1,73 m	nublado	inundado
23/02/2021	15:51:00	1,97 m	1,71 m	nublado	inundado
24/02/2021	15:56:00	1,96 m	1,70 m	nublado y poco sol	inundado
26/02/2021	10:24:00	1,79 m	1,55 m	nublado lluvioso	
01/03/2021	16:08:00	1,97 m	1,71 m	lluvioso	inundado
03/03/2021	15:55:00	1,96 m	1,70 m	lluvioso	inundado / regla pequeña 1,65m
05/03/2021	16:48:00	1,93 m	1,67 m	nublado	inundado
08/03/2021	16:13:00	1,79 m	1,55 m	nuboso-lluvioso	inundado
10/03/2021	16:07:00	1,82 m	1,58 m	nublado	inundado
12/03/2021	10:03:00	1,81 m	1,57 m	nublado	inundado
15/03/2021		1,69 m	1,47 m	nublado	
17/03/2021	15:52:00	1,83 m	1,59 m	nublado	
19/03/2021	15:53:00	1,77 m	1,53 m	nublado	inundado
22/03/2021	16:08:00	1,34 m	1,16 m	lluvioso	
24/03/2021	16:06:00	2,05 m	1,78 m	nublado	inundado
26/03/2021	15:52:00	1,93 m	1,67 m	soleado	semi inundado
29/03/2021	16:08:00	1,87 m	1,62 m	soleado	
31/03/2021	15:57:00	1,72 m	1,49 m	nublado	Semi Inundado
01/04/2021	15:56:00	1,54 m	1,34 m	nublado	
02/04/2021	8:47:00	1,21 m	1,05 m		
05/04/2021	11:42:00	0,75 m	0,66 m	soleado	
07/04/2021	16:29:00	0,54 m	0,48 m	soleado/nublado	
09/04/2021	16:53:00	0,42 m	0,37 m		
12/04/2021	15:54:00	0,33 m	0,30 m		
14/04/2021	16:49:00	0,28 m	0,25 m	nublado	paramando
16/04/2021	17:28:00	1,31 m	1,14 m		
19/04/2021	16:02:00	1,35 m	1,17 m		
21/04/2021	10:11:00	1,82 m	1,58 m		
23/04/2021	16:33:00	1,50 m	1,30 m		
26/04/2021	15:54:00	1,70 m	1,47 m	soleado	inundado
28/04/2021	16:52:00	1,81 m	1,57 m		
03/05/2021	16:13:00	1,75 m	1,52 m	nublado	inundado

**Fuente: Elaboración propia**

MONITOREO PIEZOMETROS AEROPUERTO MARISCAL LA MAR DE CUENCA					
PIEZOMETRO P5					
UBICACIÓN	ALTURA m.s.n.m	NOMBRE	COORDENADAS WGS		OBSERVACIONES
			X	Y	
1+320	2519,955	P5	724359.70 m E	9680627.82 m S	PROFUNDIDAD APROX.: 2,48m ; TUBO SALIDO: 37 cm ahora :57 cm
FECHA	HORA	NIVEL medido	NIVEL corregido	CLIMA	OBSERVACIONES
16/10/2020	10:25:00	0,20 m	0,19 m	día lluvioso	paso paramando, SIN TAPA , TUBERIA SALIDA ,
19/10/2020	10:00:00	0,09 m	0,09 m	soleado	mañana soleada , pista húmeda
21/10/2020	10:51:00	0,615 m	0,540 m	nublado	días anteriores lluvia intensa / SE COLOCO TAPA
23/10/2020	11:43:00	0,437 m	0,390 m	nublado	amaneció soleado/ días anteriores sin llover
26/10/2020	8:00:00	2,60 m	2,60 m	nublado	
27/10/2020	10:40:00	0,60 m	0,53 m	soleado	
28/10/2020	11:07:00	0,31 m	0,28 m	soleado	
30/10/2020	11:53:00	0,15 m	0,15 m	nublado	
02/11/2020	11:06:00	0,09 m	0,09 m	soleado	
05/11/2020	10:35:00	1,68 m	1,45 m	nuboso/ soleado	día anterior lluvia intensa
06/11/2020	9:38:00	0,39 m	0,35 m	nuboso/ soleado	
09/11/2020	10:47:00	0,16 m	0,16 m	nublado / frio	
11/11/2020	11:30:00	0,09 m	0,09 m	nuboso/ soleado	Podado
13/11/2020	11:13:00	0,09 m	0,09 m	soleado	
16/11/2020	11:02:00	0,08 m	0,08 m	nublado	
18/11/2020	10:09:00	0,06 m	0,06 m	soleado	
19/11/2020	10:14:00	2,50 m	2,16 m	nublado	Original 2,65 empezó a bajar
20/11/2020	10:07:00	2,54 m	2,20 m	nublado	Original 2,65 empezó a bajar
23/11/2020	11:22:00	2,44 m	2,11 m	nublado	Original 2,55 empezó a bajar
25/11/2020	11:01:00	1,06 m	0,92 m	soleado	
27/11/2020	10:53:00	0,46 m	0,40 m	lluvioso	
30/11/2020	11:09:00	0,78 m	0,68 m	nuboso	soleado/paramo
02/12/2020	11:14:00	2,50 m	2,16 m	nublado	2,63
04/12/2020	10:57:00	2,31 m	2,00 m		2,42
07/12/2020	15:51:00	0,56 m	0,49 m	soleado nublado	0,69
09/12/2020	15:57:00	0,45 m	0,40 m	nuboso-lluvioso	
11/12/2020	16:01:00	2,41 m	2,09 m	lluvioso	2,51
14/12/2020	16:08:00	2,39 m	2,07 m	soleado	2,51
16/12/2020	16:05:00	2,42 m	2,09 m	nublado/soleado	2,53
18/12/2020	15:55:00	0,64 m	0,56 m	nublado	
21/12/2020	16:00:00	0,32 m	0,29 m	soleado/nublado	
23/12/2020	12:58:00	0,23 m	0,21 m	soleado	coloco pega y nuevo tubo
29/12/2020	16:05:00	0,44 m	0,39 m	lluvioso	
31/12/2020	15:56:00	2,40 m	2,08 m	lluvioso	
05/01/2021	16:11:00	2,58 m	2,23 m	nublado/soleado	2,68
07/01/2021	15:58:00	0,86 m	0,75 m	nublado	
09/01/2021	8:35:00	0,42 m	0,37 m	nublado	

12/01/2021	15:54:00	0,35 m	0,31 m	soleado	
14/01/2021	16:02:00	0,28 m	0,25 m		
19/01/2021	16:03:00	0,59 m	0,52 m	nublado	no inundado
26/01/2021	16:00:00	0,56 m	0,49 m	soleado	no inundado
28/01/2021	16:02:00	0,52 m	0,46 m	despejado soleado	
01/02/2021	16:02:00	0,35 m	0,31 m	NUBLADO	PARAMANDO
03/02/2021	16:16:00	0,31 m	0,28 m	soleado-nuboso	
05/02/2021	16:02:00	0,20 m	0,18 m	nublado	
08/02/2021	12:24:00	0,12 m	0,12 m	soleado	
10/02/2021	15:56:00	0,12 m	0,12 m	soleado-nublado	
12/02/2021	16:04:00	2,70 m	2,33 m	soleado y pocas nubes	
17/02/2021	15:57:00	0,44 m	0,39 m	nuboso	
19/02/2021	16:21:00	2,75 m	2,38 m	nublado	
23/02/2021	15:53:00	2,67 m	2,31 m	nublado	
24/02/2021	16:00:00	2,61 m	2,26 m	nublado y poco sol	2,22 regla peque
26/02/2021	10:28:00	1,02 m	0,89 m	nublado lluvioso	
01/03/2021	16:12:00	2,69 m	2,33 m	lluvioso	inundado
03/03/2021	16:01:00	2,63 m	2,27 m	lluvioso	regla pequeña 2,33; inundado
05/03/2021	16:52:00	2,69 m	2,33 m	nublado	inundado
08/03/2021	16:17:00	1,23 m	1,07 m	nuboso-lluvioso	inundado
10/03/2021	16:10:00	2,42 m	2,09 m	nublado	inundado
12/03/2021	10:08:00	2,48 m	2,15 m	nublado	inundado
15/03/2021	16:04:00	2,37 m	2,05 m	nublado	inundado
17/03/2021	15:57:00	2,46 m	2,13 m	nublado	inundado
19/03/2021	15:57:00	2,39 m	2,07 m	nublado	inundado
22/03/2021	16:14:00	1,17 m	1,02 m	lluvioso	inundado
24/03/2021	16:00:00	2,59 m	2,24 m	nublado	inundado
26/03/2021	15:56:00	2,23 m	1,93 m	soleado	no inundado
29/03/2021	16:11:00	2,42 m	2,09 m	soleado	inundado
31/03/2021				nublado	
01/04/2021	15:58:00	0,63 m	0,55 m	nublado	
02/04/2021	8:50:00	0,53 m	0,47 m		
05/04/2021	11:45:00	0,39 m	0,35 m	soleado	
07/04/2021	16:33:00	0,34 m	0,30 m	soleado/nublado	
09/04/2021	16:56:00	0,28 m	0,25 m		
12/04/2021	15:57:00	0,19 m	0,19 m		
14/04/2021	16:53:00	0,19 m	0,19 m	nublado	paramando
16/04/2021	17:30:00	0,79 m	0,69 m		
19/04/2021	16:06:00	2,48 m	2,15 m		
21/04/2021	10:14:00	0,73 m	0,64 m		
23/04/2021	16:00:00	0,49 m	0,43 m		
26/04/2021	15:57:00	1,33 m	1,16 m	soleado	
28/04/2021	16:56:00	2,69 m	2,33 m		
03/05/2021	16:19:00	2,70 m	2,33 m	nublado	con flexómetro 2,15, inundado
<b>Fuente: Elaboración propia</b>					

MONITOREO PIEZOMETROS AEROPUERTO MARISCAL LA MAR DE CUENCA					
PIEZOMETRO P6					
UBICACIÓN	ALTURA m.s.n.m	NOMBRE	COORDENADAS WGS		OBSERVACIONES
			X	Y	
1+800	2516,45	<b>P6</b>	724737.88 m E	9680925.11 m S	*OJO, SIN TAPA , TUBERIA A RAS, PROFUNDIDAD APROX.: 1,32
FECHA	HORA	NIVEL	NIVEL corregido	CLIMA	OBSERVACIONES
16/10/2020	10:31	0,00 m	0,00 m	día lluvioso	paso paramando
19/10/2020	10:04	0,00 m	0,00 m	soleado	mañana soleada , pista húmeda
21/10/2020	10:56	0,000 m	0,000 m	nublado	días anteriores lluvia intensa
23/10/2020	11:48	0,00 m	0,00 m	nublado	amaneció soleado/ días anteriores sin llover/ COLOCAMOS TAPA
26/10/2020	8:02	0,00 m	0,00 m	nublado	
27/10/2020	11:00	0,00 m	0,00 m	soleado	
28/10/2020	11:11	0,00 m	0,00 m	soleado	
30/10/2020	11:55	0,00 m	0,00 m	nublado	
02/11/2020	11:09	0,00 m	0,00 m	soleado	
05/11/2020	10:39	0,00 m	0,00 m	nuboso/ soleado	día anterior lluvia intensa
06/11/2020	9:41	0,00 m	0,00 m	nuboso/ soleado	
09/11/2020	10:51	0,00 m	0,00 m	nublado / frio	
11/11/2020	11:36	0,00 m	0,00 m	nuboso/ soleado	
13/11/2020	11:16	0,00 m	0,00 m	soleado	
16/11/2020	11:04	0,00 m	0,00 m	nublado	
18/11/2020	10:32	0,00 m	0,00 m	soleado	
19/11/2020	10:22	0,005 m	0,005 m	nublado	
20/11/2020	10:14	0,005 m	0,005 m	nublado	
23/11/2020	11:30	0,005 m	0,005 m	nublado	
25/11/2020	11:07	0,00 m	0,00 m	soleado	
27/11/2020	10:55	0,00 m	0,00 m	lluvioso	
30/11/2020	11:11	0,00 m	0,00 m	nuboso	soleado/paramo
02/12/2020	11:17	0,01 m	0,01 m	nublado	
04/12/2020	10:59	0,01 m	0,01 m		
07/12/2020	15:55	0,01 m	0,01 m	soleado nublado	
09/12/2020	16:00	0,01 m	0,01 m	nuboso-lluvioso	
11/12/2020	16:04	0,01 m	0,01 m	lluvioso	
14/12/2020	16:33	0,01 m	0,01 m	soleado	
16/12/2020	16:10	0,01 m	0,01 m	nublado/soleado	
18/12/2020	16:00	0,00 m	0,00 m	nublado	
21/12/2020	16:04	0,00 m	0,00 m	soleado/nublado	
23/12/2020	13:03	0,00 m	0,00 m	soleado	
29/12/2020	16:11	0,00 m	0,00 m	lluvioso	
31/12/2020	16:02	0,00 m	0,00 m	lluvioso	
05/01/2021	16:16	0,00 m	0,00 m	nublado/soleado	
07/01/2021	16:03	0,00 m	0,00 m	nublado	
09/01/2021	8:39	0,00 m	0,00 m	nublado	
12/01/2021	15:58	0,00 m	0,00 m	soleado	
14/01/2021	16:06	0,00 m	0,00 m		
19/09/2021	16:07	0,00 m	0,00 m	nublado	

26/01/2021	16:04	0,00 m	0,00 m	soleado	
28/01/2021	16:07	0,00 m	0,00 m	despejado soleado	
01/02/2021	16:06	0,00 m	0,00 m	NUBLADO	PARAMANDO
03/02/2021	16:21	0,00 m	0,00 m	soleado-nuboso	
05/02/2021	16:06	0,00 m	0,00 m	nublado	
08/02/2021	12:28	0,00 m	0,00 m	soleado	
10/02/2021	16:00	0,00 m	0,00 m	soleado-nublado	
12/02/2021	16:08	0,00 m	0,00 m	soleado y pocas nubes	
17/02/2021	16:01	0,00 m	0,00 m	nuboso	
19/02/2021	16:27	0,00 m	0,00 m	nublado	
23/02/2021	15:57	0,00 m	0,00 m	nublado	
24/02/2021	16:07	0,00 m	0,00 m	nublado y poco sol	
26/02/2021	10:30	0,00 m	0,00 m	nublado lluvioso	
01/03/2021	16:18	0,30 m	0,30 m	lluvioso	
03/03/2021	16:04	0,01 m	0,01 m	lluvioso	
05/03/2021	16:56	0,64 m	0,64 m	nublado	
08/03/2021	16:20	0,02 m	0,02 m	nuboso-lluvioso	
10/03/2021	16:13	0,00 m	0,00 m	nublado	
12/03/2021	10:10	0,00 m	0,00 m	nublado	
15/03/2021	16:00	0,00 m	0,00 m	nublado	
17/03/2021	16:00	0,02 m	0,02 m	nublado	
19/03/2021	16:01	0,00 m	0,00 m	nublado	
22/03/2021	16:18	0,00 m	0,00 m	lluvioso	
24/03/2021	16:13	0,00 m	0,00 m	nublado	
26/03/2021	15:59	0,00 m	0,00 m	soleado	
29/03/2021	16:14	0,00 m	0,00 m	soleado	
31/03/2021		0,00 m	0,00 m	nublado	
01/04/2021	16:02	0,00 m	0,00 m	nublado	
02/04/2021	8:56	0,00 m	0,00 m		
05/04/2021	11:50	0,00 m	0,00 m	soleado	
07/04/2021	16:32	0,00 m	0,00 m	soleado/nublado	
09/04/2021	16:58	0,00 m	0,00 m		
12/04/2021	16:00	0,00 m	0,00 m		
14/04/2021	16:56	0,00 m	0,00 m	nublado	paramando
16/04/2021	17:35	0,00 m	0,00 m		
19/04/2021	16:06	0,00 m	0,00 m		
21/04/2021	10:16	0,00 m	0,00 m		
23/04/2021	15:58	0,00 m	0,00 m		
26/04/2021	15:59	0,00 m	0,00 m	soleado	
28/04/2021	16:59	0,02 m	0,02 m		
03/05/2021	16:26	0,01 m	0,01 m	nublado	

**Fuente: Elaboración propia**

<b>MONITOREO PIEZOMETROS AEROPUERTO MARISCAL LA MAR DE CUENCA</b>					
<b>PIEZOMETRO P7</b>					
UBICACIÓN	ALTURA m.s.n.m	NOMBRE	COORDENADAS WGS		OBSERVACIONES
			X	Y	
<b>1+800</b>	2516,45	<b>P7</b>	724706.83 m E	9680970.52 m S	CON TAPA , TUBERIA SALIDA PROFUNDIDAD APROX.: 2,32m ; TUBO SALIDO: 32 cm
FECHA	HORA	NIVEL	NIVEL corregido	CLIMA	OBSERVACIONES
16/10/2020	13:37:00	0,00 m	0,00 m	día lluvioso	paso paramando
19/10/2020	10:06:00	0,00 m	0,00 m	soleado	mañana soleada , pista húmeda
21/10/2020	10:58:00	0,000 m	0,000 m	nublado	días anteriores lluvia intensa
23/10/2020	11:52:00	0,00 m	0,00 m	nublado	amaneció soleado/ días anteriores sin llover
26/10/2020	8:07:00	0,00 m	0,00 m	nublado	
27/10/2020	11:15:00	0,00 m	0,00 m	soleado	
28/10/2020	11:15:00	0,00 m	0,00 m	soleado	
30/10/2020	11:57:00	0,00 m	0,00 m	nublado	
02/11/2020	11:10:00	0,00 m	0,00 m	soleado	
05/11/2020	10:40:00	0,00 m	0,00 m	nuboso/ soleado	
06/11/2020	9:42:00	0,00 m	0,00 m	nuboso/ soleado	
09/11/2020	10:53:00	0,00 m	0,00 m	nublado / frio	
11/11/2020	11:45:00	0,00 m	0,00 m	nuboso/ soleado	
13/11/2020	11:17:00	0,00 m	0,00 m	soleado	
16/11/2020	11:06:00	0,00 m	0,00 m	nublado	
18/11/2020	10:33:00	0,00 m	0,00 m	soleado	
19/11/2020	10:25:00	0,00 m	0,00 m	nublado	
20/11/2020	10:16:00	0,00 m	0,00 m	nublado	
23/11/2020	11:34:00	0,00 m	0,00 m	nublado	
25/11/2020	11:09:00	0,00 m	0,00 m	soleado	
27/11/2020	10:58:00	0,00 m	0,00 m	lluvioso	
30/11/2020	11:14:00	0,00 m	0,00 m	nuboso	soleado/paramo
02/12/2020	11:20:00	0,00 m	0,00 m	nublado	
04/12/2020	11:02:00	0,00 m	0,00 m		
07/12/2020	16:09:00	0,00 m	0,00 m	soleado nublado	
09/12/2020	16:02:00	0,00 m	0,00 m	nuboso-lluvioso	
11/12/2020	16:07:00	0,00 m	0,00 m	lluvioso	
14/12/2020	16:34:00	0,00 m	0,00 m	soleado	
16/12/2020	16:12:00	0,00 m	0,00 m	nublado/soleado	
18/12/2020	16:02:00	0,00 m	0,00 m	nublado	
21/12/2020	16:05:00	0,00 m	0,00 m	soleado/nublado	
23/12/2020	13:05:00	0,00 m	0,00 m	soleado	
29/12/2020	16:12:00	0,00 m	0,00 m	lluvioso	
31/12/2020	16:03:00	0,00 m	0,00 m	lluvioso	
05/01/2021	16:17:00	0,00 m	0,00 m	nublado/soleado	
07/01/2021	16:04:00	0,00 m	0,00 m	nublado	
09/01/2021	8:39:00	0,00 m	0,00 m	nublado	
12/01/2021	15:09:00	0,00 m	0,00 m	soleado	

14/01/2021	16:06:00	0,00 m	0,00 m		
19/01/2021	16:07:00	0,00 m	0,00 m	nublado	
26/01/2021	16:05:00	0,00 m	0,00 m	soleado	
28/01/2021	16:08:00	0,00 m	0,00 m	despejado soleado	
01/02/2021	16:07:00	0,00 m	0,00 m	NUBLADO	PARAMANDO
03/02/2021	16:22:00	0,00 m	0,00 m	soleado-nuboso	
05/02/2021	16:07:00	0,00 m	0,00 m	nublado	
08/02/2021	12:29:00	0,00 m	0,00 m	soleado	
10/02/2021	16:02:00	0,00 m	0,00 m	soleado-nublado	
12/02/2021	16:10:00	0,00 m	0,00 m	soleado y pocas nubes	
17/02/2021	16:02:00	0,00 m	0,00 m	nuboso	
19/02/2021	16:25:00	0,00 m	0,00 m	nublado	
23/02/2021	15:58:00	0,00 m	0,00 m	nublado	
24/02/2021	16:06:00	0,00 m	0,00 m	nublado	poco sol
26/02/2021	10:31:00	0,00 m	0,00 m	nublado lluvioso	
01/03/2021	16:21:00	1,16 m	1,14 m	lluvioso	
03/03/2021	16:06:00	1,21 m	1,19 m	lluvioso	
05/03/2021	16:55:00	1,32 m	1,30 m	nublado	
08/03/2021	16:21:00	1,17 m	1,15 m	nuboso-lluvioso	
10/03/2021	16:13:00	1,27 m	1,25 m	nublado	
12/03/2021	10:11:00	1,53 m	1,50 m	nublado	
15/03/2021	16:07:00	1,38 m	1,36 m	nublado	
17/03/2021	15:58:00	1,52 m	1,49 m	nublado	
19/03/2021	16:09:00	1,46 m	1,43 m	nublado	
22/03/2021	16:18:00	1,20 m	1,18 m	lluvioso	
24/03/2021	16:14:00	1,50 m	1,47 m	nublado	
26/03/2021	16:00:00	1,31 m	1,29 m	soleado	
29/03/2021	16:15:00	1,25 m	1,23 m	soleado	
31/03/2021				nublado	
01/04/2021	16:03:00	1,16 m	1,14 m	nublado	
02/04/2021	8:56:00	1,14 m	1,12 m		
05/04/2021	11:49:00	1,06 m	1,04 m	soleado	
07/04/2021	16:35:00	1,01 m	0,99 m	soleado/nublado	
09/04/2021	16:58:00	1,05 m	1,03 m		
12/04/2021	16:01:00	0,92 m	0,90 m		
14/04/2021	16:56:00	0,83 m	0,82 m	nublado	paramando
16/04/2021	17:35:00	0,82 m	0,81 m		
19/04/2021	16:09:00	0,72 m	0,71 m		
21/04/2021	10:17:00	0,69 m	0,68 m		
23/04/2021	15:57:00	0,75 m	0,74 m		
26/04/2021	16:00:00	0,55 m	0,54 m	soleado	
28/04/2021	16:59:00	0,97 m	0,95 m		
03/05/2021	16:26:00	1,65 m	1,62 m	nublado	

**Fuente: Elaboración propia**

MONITOREO PIEZOMETROS AEROPUERTO MARISCAL LA MAR DE CUENCA					
PIEZOMETRO P8					
UBICACIÓN	ALTURA m.s.n.m	NOMBRE	COORDENADAS WGS		OBSERVACIONES
			X	Y	
1+320	2519,955	P8	724325.00 m E	9680675.00 m S	CON TAPA , TUBERIA SALIDA PROFUNDIDAD APROX.: 2,10m ; TUBO SALIDO: 22 cm
FECHA	HORA	NIVEL	NIVEL corregido	CLIMA	OBSERVACIONES
16/10/2020 a 17/11/2020		No se tiene datos ya que se encontró después de un mes el piezómetro en mal estado.			
18/11/2020	10:14	0,00 m	0,00 m	soleado	Se coloco adaptación y tapa.
19/11/2020	10:18	0,00 m	0,00 m	nublado	
20/11/2020	10:11	0,00 m	0,00 m	nublado	
23/11/2020	11:27	0,00 m	0,00 m	nublado	
25/11/2020	11:04	0,00 m	0,00 m	soleado	
27/11/2020	10:55	0,00 m	0,00 m	lluvioso	
30/11/2020	11:11	0,00 m	0,00 m	nubloso	soleado/paramo
02/12/2020	11:17	0,00 m	0,00 m	nublado	
04/12/2020	10:59	0,00 m	0,00 m		
07/12/2020	15:55	0,00 m	0,00 m	soleado nublado	
09/12/2020	16:00	0,00 m	0,00 m	nuboso-lluvioso	
11/12/2020	16:04	0,10 m	0,10 m	lluvioso	
14/12/2020	16:10	1,30 m	1,28 m	soleado	
16/12/2020	16:07	1,25 m	1,23 m	nublado/soleado	
18/12/2020	15:57	1,22 m	1,20 m	nublado	
21/12/2020	16:01	1,00 m	0,98 m	soleado/nublado	
23/12/2020	13:01	0,88 m	0,86 m	soleado	
29/12/2020	16:07	0,44 m	0,43 m	lluvioso	
31/12/2020	16:00	0,44 m	0,43 m	lluvioso	
05/01/2021	16:11	0,15 m	0,15 m	nublado/soleado	
07/01/2021	16:00	0,03 m	0,03 m	nublado	
09/01/2021	8:37	0,00 m	0,00 m	nublado	
12/01/2021	15:55	0,00 m	0,00 m	soleado	
14/01/2021		0,00 m	0,00 m		
19/01/2021	16:04	0,00 m	0,00 m	nublado	
26/01/2021	16:01	0,35 m	0,34 m	soleado	
28/01/2021	16:04	0,22 m	0,22 m	despejado soleado	
01/02/2021	16:04	0,00 m	0,00 m	NUBLADO	PARAMANDO
03/02/2021	16:18	0,00 m	0,00 m	soleado-nuboso	
05/02/2021	16:03	0,00 m	0,00 m	nublado	
08/02/2021	12:26	0,00 m	0,00 m	soleado	
10/02/2021	15:58	0,00 m	0,00 m	soleado-nublado	
12/02/2021	16:06	0,11 m	0,11 m	soleado y pocas nubes	
17/02/2021	15:59	0,00 m	0,00 m	nuboso	
19/02/2021	16:23	0,77 m	0,76 m	nublado	
23/02/2021	15:55	0,75 m	0,74 m	nublado	

24/02/2021	16:00	0,68 m	0,67 m	nublado y poco sol	
26/02/2021	10:27	0,58 m	0,57 m	nublado	lluvioso
01/03/2021	16:11	1,96 m	1,92 m	lluvioso	
03/03/2021	15:59	2,11 m	2,07 m	lluvioso	
05/03/2021	16:50	1,97 m	1,93 m	nublado	inundado
08/03/2021	16:15	1,40 m	1,37 m	nuboso-lluvioso	
10/03/2021	16:09	1,40 m	1,37 m	nublado	
12/03/2021	10:06	2,03 m	1,99 m	nublado	
15/03/2021	16:00	1,95 m	1,92 m	nublado	
17/03/2021	15:54	1,92 m	1,89 m	nublado	
19/03/2021	15:58	1,72 m	1,69 m	nublado	
22/03/2021	16:10	1,27 m	1,25 m	lluvioso	
24/03/2021	16:10	1,99 m	1,95 m	nublado	
26/03/2021	15:57	1,50 m	1,47 m	soleado	
29/03/2021	16:12	1,57 m	1,54 m	soleado	
31/03/2021				nublado	
01/04/2021	15:59	1,22 m	1,20 m	nublado	
02/04/2021	8:53	1,15 m	1,13 m		
05/04/2021	11:47	0,97 m	0,95 m	soleado	
07/04/2021	16:31	0,90 m	0,88 m	soleado/nublado	
09/04/2021	16:56	0,77 m	0,76 m		
12/04/2021	15:58	0,65 m	0,64 m		
14/04/2021	16:51	0,56 m	0,55 m	nublado	paramando
16/04/2021	17:33	0,45 m	0,44 m		
19/04/2021	16:04	0,48 m	0,47 m		
21/04/2021	10:13	0,30 m	0,29 m		
23/04/2021	16:00	0,20 m	0,20 m		
26/04/2021	15:56	0,34 m	0,33 m	soleado	
28/04/2021	16:54	2,02 m	1,98 m		
03/05/2021	16:18	2,05 m	2,01 m	nublado	

**Fuente: Elaboración propia**

<b>MONITOREO PIEZOMETROS AEROPUERTO MARISCAL LA MAR DE CUENCA</b>					
<b>PIEZOMETRO P9</b>					
UBICACIÓN	ALTURA m.s.n.m	NOMBRE	COORDENADAS WGS		OBSERVACIONES
			X	Y	
<b>0+900</b>	2523,411	<b>P9</b>	723993.00 m E	9680419.00 m S	CON TAPA , TUBERIA SALIDA TOTTAL, PROFUNDIDAD APROX.: 2,57m ; TUBO SALIDO: 41 cm
FECHA	HORA	NIVEL	NIVEL corregido	CLIMA	OBSERVACIONES
16-oct	10:49:00	0,00 m	0,00 m	día lluvioso	paso paramando
19-oct	9:57:00	0,00 m	0,00 m	soleado	mañana soleada , pista húmeda
21-oct	10:48:00	0,000 m	0,00 m	nublado	días anteriores lluvia intensa
23-oct	11:40:00	0,00 m	0,00 m	nublado	amaneció soleado/ días anteriores sin llover
26-oct	7:52:00	0,00 m	0,00 m	nublado	
27-oct	10:37:00	0,00 m	0,00 m	soleado	
28-oct	11:02:00	0,00 m	0,00 m	soleado	
30-oct	11:49:00	0,00 m	0,00 m	nublado	
02-nov	11:03:00	0,00 m	0,00 m	soleado	
05-nov	10:32:00	0,00 m	0,00 m	nuboso/ soleado	día anterior lluvia intensa
06-nov	9:34:00	0,00 m	0,00 m	nuboso/ soleado	
09-nov	10:49:00	0,00 m	0,00 m	nublado / frio	
11-nov	11:26:00	0,00 m	0,00 m	nuboso/ soleado	
13-nov	11:10:00	0,00 m	0,00 m	soleado	
16-nov	10:59:00	0,00 m	0,00 m	nublado	
18-nov	10:01:00	0,00 m	0,00 m	soleado	
19-nov	10:10:00	0,00 m	0,00 m	nublado	
20-nov	10:05:00	0,00 m	0,00 m	nublado	
23-nov	11:16:00	0,00 m	0,00 m	nublado	
25-nov	10:57:00	0,00 m	0,00 m	soleado	
27-nov	10:50:00	0,00 m	0,00 m	lluvioso	
30-nov	11:04:00	0,00 m	0,00 m	nuboso	soleado/paramo
02-dic	11:11:00	0,00 m	0,00 m	nublado	
04-dic	10:54:00	0,00 m	0,00 m		
07-dic	15:47:00	0,00 m	0,00 m	soleado nublado	
09-dic	15:55:00	0,00 m	0,00 m	nuboso-lluvioso	
11-dic	15:55:00	0,00 m	0,00 m	lluvioso	
14-dic	16:04:00	1,40 m	1,37 m	soleado	
16-dic	16:01:00	1,28 m	1,26 m	nublado/soleado	
18-dic	15:52:00	1,23 m	1,21 m	nublado	
21-dic	15:56:00	1,12 m	1,10 m	soleado/nublado	
23-dic	11:59:00	1,05 m	1,03 m	soleado	
29-dic	16:01:00	0,86 m	0,84 m	lluvioso	
31-dic	15:53:00	0,69 m	0,68 m	lluvioso	
05-ene	16:08:00	0,59 m	0,58 m	nublado/soleado	
07-ene	15:54:00	0,56 m	0,55 m	nublado	
09-ene	8:33:00	0,60 m	0,59 m	nublado	
12-ene	15:51:00	0,44 m	0,43 m	soleado	
14-ene	15:58:00	0,38 m	0,37 m		

19-ene	15:58:00	0,26 m	0,26 m	nublado	
26-ene	15:57:00	0,82 m	0,81 m	soleado	
28-ene	15:59:00	0,76 m	0,75 m	despejado soleado	
01-feb	15:59:00	0,67 m	0,66 m	NUBLADO	PARAMANDO
03-feb	16:13:00	0,62 m	0,61 m	soleado-nuboso	
05-feb	15:59:00	0,57 m	0,56 m	nublado	
08-feb	12:22:00	0,50 m	0,49 m	soleado	
10-feb	15:54:00	0,44 m	0,43 m	soleado-nublado	
12-feb	16:02:00	0,38 m	0,37 m	soleado y pocas nubes	
17-feb	15:54:00	0,25 m	0,25 m	nuboso	
19-feb	16:17:00	0,20 m	0,20 m	nublado	
23-feb	15:52:00	0,12 m	0,12 m	nublado	
24-feb	15:55:00	0,10 m	0,10 m	nublado y poco sol	
26-feb	10:23:00	0,07 m	0,07 m	nublado lluvioso	
01-mar	16:06:00	2,34 m	2,30 m	lluvioso	inundado
03-mar	15:54:00	2,35 m	2,31 m	lluvioso	inundado
05-mar	16:46:00	2,40 m	2,36 m	nublado	inundado
08-mar	16:12:00	1,90 m	1,87 m	nuboso-lluvioso	
10-mar	16:05:00	1,97 m	1,93 m	nublado	
12-mar	10:02:00	2,22 m	2,18 m	nublado	
15-mar	17:00:00	1,90 m	1,87 m	nublado	
17-mar	15:50:00	2,18 m	2,14 m	nublado	
19-mar	15:55:00	2,07 m	2,03 m	nublado	
22-mar	16:05:00	1,74 m	1,71 m	lluvioso	
24-mar	16:07:00	2,18 m	2,14 m	nublado	
26-mar	15:54:00	1,92 m	1,89 m	soleado	
29-mar	16:09:00	2,00 m	1,96 m	soleado	
31-mar	15:58:00	1,86 m	1,83 m	nublado	
01-abr	15:54:00	1,81 m	1,78 m	nublado	
02-abr	8:46:00	1,75 m	1,72 m		
05-abr	11:41:00	1,66 m	1,63 m	soleado	
07-abr	16:28:00	1,60 m	1,57 m	soleado/nublado	
09-abr	16:54:00	1,54 m	1,51 m		
12-abr	15:55:00	1,46 m	1,43 m		
14-abr	16:48:00	1,41 m	1,38 m	nublado	paramando
16-abr	17:29:00	1,39 m	1,37 m		
19-abr	16:01:00	1,34 m	1,32 m		
21-abr	10:10:00	1,29 m	1,27 m		
23-abr	16:33:00	1,22 m	1,20 m		
26-abr	15:54:00	1,15 m	1,13 m	soleado	
28-abr	16:51:00	1,83 m	1,80 m		
03-may	16:11:00	2,12 m	2,08 m	nublado	

**Fuente: Elaboración propia**

<b>MONITOREO PIEZOMETROS AEROPUERTO MARISCAL LA MAR DE CUENCA</b>					
<b>PIEZOMETRO P10</b>					
UBICACIÓN	ALTURA m.s.n.m	NOMBRE	COORDENADAS WGS		OBSERVACIONES
			X	Y	
<b>0+480</b>	2527,822	<b>P10</b>	723658.00 m E	9680165.00 m S	SIN TAPA , TUBERIA ROTA, ADAPTACION, PROFUNDIDAD APROX.: 1,90m ; TUBO SALIDO: 32 cm
FECHA	HORA	NIVEL	NIVEL corregido	CLIMA	OBSERVACIONES
16/10/2020 a 17/11/2020		No se tiene datos ya que se encontró después de un mes el piezómetro en mal estado.			
18-nov	9:55:00	0,00 m	0,00 m	soleado	Se coloco adaptación y tapa.
19-nov	10:04:00	0,01 m	0,01 m	nublado	
20-nov	9:59:00	0,00 m	0,00 m	nublado	
23-nov	10:57:00	0,00 m	0,00 m	nublado	
25-nov	10:52:00	0,00 m	0,00 m	soleado	
27-nov	10:45:00	0,00 m	0,00 m	lluvioso	
30-nov	11:01:00	0,00 m	0,00 m	nubloso	soleado/paramo
02-dic	11:05:00	0,00 m	0,00 m	nublado	humedad fonda
04-dic	10:49:00	0,00 m	0,00 m		
07-dic	15:43:00	0,00 m	0,00 m	soleado nublado	
09-dic	15:50:00	0,00 m	0,00 m	nuboso-lluvioso	
11-dic	15:52:00	0,00 m	0,00 m	lluvioso	
14-dic	16:00:00	0,00 m	0,00 m	soleado	
16-dic	15:56:00	0,00 m	0,00 m	nublado/soleado	
18-dic	15:47:00	0,00 m	0,00 m	nublado	
21-dic	15:52:00	0,00 m	0,00 m	soleado/nublado	
23-dic	11:04:00	0,00 m	0,00 m	soleado	
29-dic	15:56:00	0,00 m	0,00 m	lluvioso	
31-dic	15:50:00	0,00 m	0,00 m	lluvioso	
05-ene	16:03:00	0,00 m	0,00 m	nublado/soleado	
07-ene	15:49:00	0,00 m	0,00 m	nublado	
09-ene	8:32:00	0,00 m	0,00 m	nublado	
12-ene	15:46:00	0,00 m	0,00 m	soleado	
14-ene	15:54:00	0,00 m	0,00 m		
19-ene	15:56:00	0,00 m	0,00 m	nublado	
26-ene	15:53:00	0,00 m	0,00 m	soleado	
28-ene	15:55:00	0,00 m	0,00 m	despejado soleado	
01-feb	15:55:00	0,00 m	0,00 m	NUBLADO	PARAMANDO
03-feb	16:08:00	0,00 m	0,00 m	soleado-nuboso	
05-feb	15:55:00	0,00 m	0,00 m	nublado	
08-feb	12:18:00	0,00 m	0,00 m	soleado	
10-feb	15:50:00	0,00 m	0,00 m	soleado-nublado	
12-feb	15:58:00	0,00 m	0,00 m	soleado y pocas nubes	
17-feb	15:50:00	0,00 m	0,00 m	nuboso	

19-feb	16:15:00	0,00 m	0,00 m	nublado	
23-feb	15:49:00	0,00 m	0,00 m	nublado	
24-feb	15:49:00	0,00 m	0,00 m	nublado y poco sol	
26-feb	10:19:00	0,00 m	0,00 m	nublado lluvioso	
01-mar	15:57:00	1,84 m	1,81 m	lluvioso	inundado
03-mar	15:54:00	1,90 m	1,87 m	lluvioso	inundado
05-mar	15:53:00	1,88 m	1,85 m	nublado	inundado
08-mar	16:08:00	1,75 m	1,72 m	nuboso-lluvioso	no inundado
10-mar	16:02:00	1,88 m	1,85 m	nublado	inundado
12-mar	9:58:00	1,88 m	1,85 m	nublado	inundado
15-mar	15:55:00	1,20 m	1,18 m	nublado	
17-mar	15:47:00	1,89 m	1,85 m	nublado	inundado
19-mar	15:50:00	1,82 m	1,79 m	nublado	
22-mar	16:00:00	1,59 m	1,56 m	lluvioso	
24-mar	16:03:00	1,71 m	1,68 m	nublado	
26-mar	15:49:00	1,39 m	1,37 m	soleado	
29-mar	16:05:00	1,55 m	1,52 m	soleado	
31-mar	15:55:00	1,26 m	1,24 m	nublado	
01-abr	15:51:00	1,14 m	1,12 m	nublado	
02-abr	8:44:00	1,05 m	1,03 m		
05-abr	11:39:00	0,59 m	0,58 m	soleado	
07-abr	16:25:00	0,38 m	0,37 m	soleado/nublado	
09-abr	16:52:00	0,20 m	0,20 m		
12-abr	15:52:00	0,11 m	0,11 m		
14-abr	16:46:00	0,02 m	0,02 m	nublado	paramando
16-abr	16:53:00	0,01 m	0,01 m		
19-abr	15:58:00	0,00 m	0,00 m		
21-abr	10:08:00	0,00 m	0,00 m		
23-abr	16:35:00	0,00 m	0,00 m		
26-abr	15:50:00	0,00 m	0,00 m	soleado	
28-abr	16:49:00	0,97 m	0,95 m		
03-may	16:09:00	1,90 m	1,87 m	nublado	

**Fuente: Elaboración propia**

## ANEXO 4: Evidencia grafica

### 1. Piezómetro P1 (0+060)

16 DE OCTUBRE DE 2020	
El primer día se procedió a realizar un análisis de campo y ubicación de cada piezómetro.	
	
	
Fotografías relevantes en el periodo de estudio:	
	
	
Fuente: Elaboración propia 2021	

## 2. Piezómetro P2 (0+060)

16 DE OCTUBRE DE 2020

El primer día se procedió a realizar un análisis de campo y ubicación de cada piezómetro.



Cambios y mantenimiento:



Fuente: Elaboración propia 2021

**3. Piezómetro P3 (0+480)**

16 DE OCTUBRE DE 2020	
El primer día se procedió a realizar un análisis de campo y ubicación de cada piezómetro.	
	
Cambios y mantenimiento:	
	
Fotografías relevantes en el periodo de estudio:	
	
Periodo de mayor precipitación	
Fuente: Elaboración propia 2021	

#### 4. Piezómetro P4 (0+900)

16 DE OCTUBRE DE 2020

El primer día se procedió a realizar un análisis de campo y ubicación de cada piezómetro.



**Cambios y mantenimiento:**

El piezometro P4 recibio dos cambios.



Segundo cambio:





	
	
	
<p>Nota: el piezometro P4 presento varias veces inundaciones a lo largo del periodo de estudio. Se registro su mayoria en elos apuntes tomados en campo.</p>	
<p><b>Fuente: Elaboración propia 2021</b></p>	

**5. Piezómetro P5 (1+320)**

16 DE OCTUBRE DE 2020

El primer día se procedió a realizar un análisis de campo y ubicación de cada piezómetro.



**Cambios y mantenimiento:**



	
<p>Fotografías relevantes en el periodo de estudio:</p>	
	
	
<p>Fuente: Elaboración propia 2021</p>	

### 6. Piezómetro P6 (1+800)

16 DE OCTUBRE DE 2020

El primer día se procedió a realizar un análisis de campo y ubicación de cada piezómetro.



**Fotografías relevantes en el periodo de estudio:**



**Fuente: Elaboración propia 2021**

### 7. Piezómetro P7 (1+800)

16 DE OCTUBRE DE 2020

El primer día se procedió a realizar un análisis de campo y ubicación de cada piezómetro.



Fuente: Elaboración propia 2021

### 8. Piezómetro P8 (1+320)

15 DE NOVIEMBRE DE 2020

El piezómetro fue encontrado alrededor de un mes después, se realizaron obras de mantenimiento y reparo.





Fotografías relevantes en el periodo de estudio:



Fuente: Elaboración propia 2021

### 9. Piezómetro P9 (0+900)

16 DE OCTUBRE DE 2020

El primer día se procedió a realizar un análisis de campo y ubicación de cada piezómetro.



Fotografías relevantes en el periodo de estudio:



Fuente: Elaboración propia 2021

**10. Piezómetro P10 (0+480)**

15 DE NOVIEMBRE DE 2020

El piezómetro fue encontrado alrededor de un mes después, se realizaron obras de mantenimiento y reparo.



**Fotografías relevantes en el periodo de estudio:**



**Fuente: Elaboración propia 2021**

**11. Pista del aeropuerto Mariscal La Mar**

	
<p>Presencia de encharcamiento de agua despues de precipitacion.</p>	<p>En la zona 6 lado derecho del area de movimiento se puede evidenciar gran cantidad de enpozamiento de agua.</p>
	
<p>Dentro del periodo de estudio se nos indicó que se elaboró un canal en el lado derecho paralelo a la pista, el cual se puede evidenciar parcialmente en esta fotografia, el cual se encuentra con presencia de agua. Se debe especificar que en periodo de estudio este canal se inundaba o existía encharcamiento en las épocas con mayor precipitación, generando más encharcamientos en las áreas verdes</p>	
<p><b>Fuente: Elaboración propia 2021</b></p>	

**ANEXO 5: Registro de precipitaciones estaciones de estudio**

ESTACIÓN: TOTORACOCHA							
<b>Provincia:</b> AZUAY		<b>Cantón:</b> CUENCA		<b>Parroquia:</b> TOTORACOCHA			
<b>Abscisas:</b> 723650.00 m E		<b>Norte:</b> 9679581.00 m S		<b>Altura:</b>			
DD-MM-AA	PRECIPIT. (mm)	DD-MM-AA	PRECIPIT. (mm)	DD-MM-AA	PRECIPIT. (mm)	DD-MM-AA	PRECIPIT. (mm)
16-oct.-20	0,0	1-nov.-20	0,0	1-dic.-20	0,0	1-ene.-21	0,1
17-oct.-20	0,0	2-nov.-20	0,0	2-dic.-20	0,0	2-ene.-21	0,3
18-oct.-20	0,0	3-nov.-20	0,0	3-dic.-20	0,0	3-ene.-21	4,7
19-oct.-20	0,0	4-nov.-20	0,0	4-dic.-20	0,0	4-ene.-21	0,6
20-oct.-20	0,0	5-nov.-20	0,0	5-dic.-20	0,0	5-ene.-21	0,2
21-oct.-20	0,0	6-nov.-20	0,0	6-dic.-20	0,0	6-ene.-21	1,3
22-oct.-20	0,0	7-nov.-20	0,0	7-dic.-20	0,0	7-ene.-21	0,0
23-oct.-20	0,0	8-nov.-20	0,0	8-dic.-20	0,0	8-ene.-21	0,1
24-oct.-20	0,0	9-nov.-20	0,0	9-dic.-20	0,0	9-ene.-21	0,9
25-oct.-20	0,0	10-nov.-20	0,0	10-dic.-20	0,0	10-ene.-21	0,1
26-oct.-20	0,0	11-nov.-20	0,0	11-dic.-20	0,0	11-ene.-21	0,1
27-oct.-20	0,0	12-nov.-20	0,0	12-dic.-20	0,0	12-ene.-21	0,0
28-oct.-20	0,0	13-nov.-20	0,0	13-dic.-20	0,6	13-ene.-21	0,2
29-oct.-20	0,0	14-nov.-20	0,0	14-dic.-20	0,0	14-ene.-21	0,0
30-oct.-20	0,0	15-nov.-20	0,0	15-dic.-20	9,3	15-ene.-21	9,6
31-oct.-20	0,0	16-nov.-20	0,0	16-dic.-20	0,2	16-ene.-21	1,2
		17-nov.-20	0,0	17-dic.-20	0,4	17-ene.-21	0,0
		18-nov.-20	0,0	18-dic.-20	0,6	18-ene.-21	0,0
		19-nov.-20	0,0	19-dic.-20	1,5	19-ene.-21	1,5
		20-nov.-20	0,0	20-dic.-20	0,0	20-ene.-21	0,1
		21-nov.-20	0,0	21-dic.-20	0,1	21-ene.-21	0,8
		22-nov.-20	0,0	22-dic.-20	0,0	22-ene.-21	6,3
		23-nov.-20	0,0	23-dic.-20	5,0	23-ene.-21	0,0
		24-nov.-20	0,0	24-dic.-20	2,1	24-ene.-21	0,4
		25-nov.-20	0,0	25-dic.-20	1,4	25-ene.-21	0,3
		26-nov.-20	0,0	26-dic.-20	1,1	26-ene.-21	0,2
		27-nov.-20	0,0	27-dic.-20	0,0	27-ene.-21	0,3
		28-nov.-20	0,0	28-dic.-20	0,0	28-ene.-21	0,0
		29-nov.-20	0,0	29-dic.-20	3,5	29-ene.-21	0,1
		30-nov.-20	0,0	30-dic.-20	0,4	30-ene.-21	0,5
				31-dic.-20	0,6	31-ene.-21	0,1
PROMEDIO MENSUAL	0	PROMEDIO MENSUAL	0	PROMEDIO MENSUAL	0,865	PROMEDIO MENSUAL	0,968

## ESTACIÓN: TOTORACOCHA

**Provincia:** AZUAY    **Cantón:** CUENCA    **Parroquia:** TOTORACOCHA  
**Abscisas:** 723650.00 m E    **Norte:** 9679581.00 m S    **Altura:**

DD-MM-AA	PRECIPIT. (mm)	DD-MM-AA	PRECIPIT. (mm)	DD-MM-AA	PRECIPIT. (mm)	DD-MM-AA	PRECIPIT. (mm)
1-feb.-21	0,1	1-mar.-21	0,0	1-abr.-21	0,0	1-may.-21	0,3
2-feb.-21	0,1	2-mar.-21	3,3	2-abr.-21	0,0	2-may.-21	0,0
3-feb.-21	0,0	3-mar.-21	0,1	3-abr.-21	0,0		
4-feb.-21	0,0	4-mar.-21	1,0	4-abr.-21	0,0		
5-feb.-21	0,0	5-mar.-21	0,2	5-abr.-21	0,0		
6-feb.-21	0,0	6-mar.-21	0,6	6-abr.-21	0,0		
7-feb.-21	22,5	7-mar.-21	0,0	7-abr.-21	0,0		
8-feb.-21	0,2	8-mar.-21	0,0	8-abr.-21	0,0		
9-feb.-21	0,1	9-mar.-21	0,0	9-abr.-21	0,0		
10-feb.-21	0,0	10-mar.-21	0,0	10-abr.-21	0,0		
11-feb.-21	0,0	11-mar.-21	0,0	11-abr.-21	0,0		
12-feb.-21	0,0	12-mar.-21	0,2	12-abr.-21	0,0		
13-feb.-21	0,0	13-mar.-21	0,5	13-abr.-21	0,0		
14-feb.-21	0,1	14-mar.-21	0,0	14-abr.-21	0,0		
15-feb.-21	0,0	15-mar.-21	0,0	15-abr.-21	0,1		
16-feb.-21	0,0	16-mar.-21	0,0	16-abr.-21	0,0		
17-feb.-21	0,5	17-mar.-21	0,7	17-abr.-21	0,0		
18-feb.-21	0,4	18-mar.-21	0,0	18-abr.-21	0,0		
19-feb.-21	0,0	19-mar.-21	0,0	19-abr.-21	0,0		
20-feb.-21	0,0	20-mar.-21	0,1	20-abr.-21	0,0		
21-feb.-21	0,0	21-mar.-21	0,2	21-abr.-21	0,1		
22-feb.-21	0,0	22-mar.-21	0,0	22-abr.-21	0,0		
23-feb.-21	0,0	23-mar.-21	0,8	23-abr.-21	0,5		
24-feb.-21	0,0	24-mar.-21	0,0	24-abr.-21	0,1		
25-feb.-21	0,0	25-mar.-21	0,0	25-abr.-21	0,0		
26-feb.-21	0,0	26-mar.-21	0,0	26-abr.-21	0,0		
27-feb.-21	0,1	27-mar.-21	0,0	27-abr.-21	0,9		
28-feb.-21	0,1	28-mar.-21	0,0	28-abr.-21	0,0		
		29-mar.-21	0,0	29-abr.-21	0,0		
		30-mar.-21	0,0	30-abr.-21	0,0		
		31-mar.-21	0,0				
PROMEDIO MENSUAL	0,864	PROMEDIO MENSUAL	0,248	PROMEDIO MENSUAL	0,057	PROMEDIO MENSUAL	0,150

## ESTACIÓN: RICAURTE

**Provincia:** AZUAY    **Cantón:** CUENCA    **Parroquia:** RICAURTE  
**Abscisas:** 726027.00 m E    **Norte:** 9684215.00 m S    **Altura:**

DD-MM-AA	PRECIPIT. (mm)	DD-MM-AA	PRECIPIT. (mm)	DD-MM-AA	PRECIPIT. (mm)	DD-MM-AA	PRECIPIT. (mm)
16-oct.-20	0,2	1-nov.-20	0,0	1-dic.-20	0,5	1-ene.-21	0,1
17-oct.-20	1,0	2-nov.-20	0,0	2-dic.-20	0,4	2-ene.-21	0,0
18-oct.-20	0,3	3-nov.-20	0,0	3-dic.-20	0,4	3-ene.-21	0,0
19-oct.-20	6,5	4-nov.-20	0,1	4-dic.-20	0,4	4-ene.-21	0,0
20-oct.-20	2,7	5-nov.-20	6,70	5-dic.-20	0,3	5-ene.-21	0,1
21-oct.-20	0,0	6-nov.-20	0,0	6-dic.-20	0,2	6-ene.-21	0,0
22-oct.-20	0,0	7-nov.-20	0,0	7-dic.-20	0,3	7-ene.-21	0,0
23-oct.-20	0,0	8-nov.-20	0,0	8-dic.-20	0,1	8-ene.-21	0,0
24-oct.-20	0,2	9-nov.-20	0,0	9-dic.-20	0,2	9-ene.-21	0,0
25-oct.-20	0,7	10-nov.-20	0,0	10-dic.-20	0,2	10-ene.-21	0,0
26-oct.-20	0,2	11-nov.-20	0,0	11-dic.-20	0,0	11-ene.-21	0,0
27-oct.-20	0,0	12-nov.-20	0,0	12-dic.-20	0,2	12-ene.-21	0,0
28-oct.-20	0,1	13-nov.-20	0,0	13-dic.-20	0,0	13-ene.-21	0,0
29-oct.-20	0,0	14-nov.-20	0,0	14-dic.-20	0,1	14-ene.-21	0,0
30-oct.-20	0,0	15-nov.-20	0,0	15-dic.-20	0,1	15-ene.-21	0,0
31-oct.-20	0,0	16-nov.-20	0,0	16-dic.-20	0,1	16-ene.-21	0,0
		17-nov.-20	0,2	17-dic.-20	0,1	17-ene.-21	0,0
		18-nov.-20	0,9	18-dic.-20	0,1	18-ene.-21	0,0
		19-nov.-20	1,2	19-dic.-20	0	19-ene.-21	0,0
		20-nov.-20	0,3	20-dic.-20	0,1	20-ene.-21	0,0
		21-nov.-20	1,2	21-dic.-20	0,0	21-ene.-21	0,0
		22-nov.-20	0,2	22-dic.-20	0,0	22-ene.-21	0,0
		23-nov.-20	0,1	23-dic.-20	0,1	23-ene.-21	0,0
		24-nov.-20	0,4	24-dic.-20	0,0	24-ene.-21	0,0
		25-nov.-20	1,2	25-dic.-20	0,1	25-ene.-21	0,0
		26-nov.-20	1,5	26-dic.-20	0,0	26-ene.-21	0,0
		27-nov.-20	1,2	27-dic.-20	0,3	27-ene.-21	0,0
		28-nov.-20	0,5	28-dic.-20	0,1	28-ene.-21	0,0
		29-nov.-20	0,3	29-dic.-20	0,0	29-ene.-21	0,0
		30-nov.-20	0,4	30-dic.-20	0,0	30-ene.-21	0,0
				31-dic.-20	0,0	31-ene.-21	0,0
PROMEDIO MENSUAL	0,7437 5	PROMEDIO MENSUAL	0,547	PROMEDIO MENSUAL	0,142	PROMEDIO MENSUAL	0,006

## ESTACIÓN: RICAURTE

**Provincia:** AZUAY    **Cantón:** CUENCA    **Parroquia:** RICAURTE  
**Abscisas:** 726027.00 m E    **Norte:** 9684215.00 m S    **Altura:**

DD-MM-AA	PRECIPIT. (mm)	DD-MM-AA	PRECIPIT. (mm)	DD-MM-AA	PRECIPIT. (mm)	DD-MM-AA	PRECIPIT. (mm)
1-feb.-21	0,0	1-mar.-21	0,0	1-abr.-21	0,0	1-may.-21	12,3
2-feb.-21	0,0	2-mar.-21	0,0	2-abr.-21	0,1	2-may.-21	0,0
3-feb.-21	0,0	3-mar.-21	0,0	3-abr.-21	1,4	3-may.-21	0,3
4-feb.-21	0,0	4-mar.-21	0,0	4-abr.-21	0,1		
5-feb.-21	0,0	5-mar.-21	0,0	5-abr.-21	0,0		
6-feb.-21	0,0	6-mar.-21	0,0	6-abr.-21	0,0		
7-feb.-21	0,0	7-mar.-21	0,0	7-abr.-21	0,7		
8-feb.-21	0,0	8-mar.-21	0,0	8-abr.-21	0,1		
9-feb.-21	0,0	9-mar.-21	0,0	9-abr.-21	0,0		
10-feb.-21	0,0	10-mar.-21	0,0	10-abr.-21	0,0		
11-feb.-21	0,0	11-mar.-21	0,0	11-abr.-21	0,0		
12-feb.-21	0,0	12-mar.-21	0,0	12-abr.-21	0,0		
13-feb.-21	0,0	13-mar.-21	0,0	13-abr.-21	0,1		
14-feb.-21	0,0	14-mar.-21	0,0	14-abr.-21	0,0		
15-feb.-21	0,0	15-mar.-21	0,0	15-abr.-21	0,1		
16-feb.-21	0,0	16-mar.-21	0,0	16-abr.-21	1,8		
17-feb.-21	0,0	17-mar.-21	0,0	17-abr.-21	0,1		
18-feb.-21	0,0	18-mar.-21	0,0	18-abr.-21	0,2		
19-feb.-21	0,0	19-mar.-21	0,2	19-abr.-21	4,4		
20-feb.-21	0,0	20-mar.-21	0,0	20-abr.-21	0,1		
21-feb.-21	0,0	21-mar.-21	0,0	21-abr.-21	2,3		
22-feb.-21	0,0	22-mar.-21	2,6	22-abr.-21	0,0		
23-feb.-21	0,0	23-mar.-21	0,8	23-abr.-21	1,3		
24-feb.-21	0,0	24-mar.-21	0,0	24-abr.-21	0,1		
25-feb.-21	0,0	25-mar.-21	0,1	25-abr.-21	0,0		
26-feb.-21	0,0	26-mar.-21	8,5	26-abr.-21	9,6		
27-feb.-21	0,0	27-mar.-21	0,1	27-abr.-21	12,4		
28-feb.-21	0,0	28-mar.-21	0,0	28-abr.-21	8,8		
		29-mar.-21	0,0	29-abr.-21	0,5		
		30-mar.-21	0,2	30-abr.-21	17,4		
		31-mar.-21	0,0				
<b>PROMEDIO MENSUAL</b>	<b>0,00</b>	<b>PROMEDIO MENSUAL</b>	<b>0,403</b>	<b>PROMEDIO MENSUAL</b>	<b>2,05</b>	<b>PROMEDIO MENSUAL</b>	<b>4,20</b>

## ESTACIÓN: CEBOLLAR

**Provincia:** AZUAY    **Cantón:** CUENCA    **Parroquia:** SAN SEBASTIAN  
**Abscisas:** 720230.00 m E    **Norte:** 9680898.00 m S    **Altura:**

DD-MM-AA	PRECIPIT. (mm)	DD-MM-AA	PRECIPIT. (mm)	DD-MM-AA	PRECIPIT. (mm)	DD-MM-AA	PRECIPIT. (mm)
16-oct.-20	0,0	1-nov.-20	0,0	1-dic.-20	2,5	1-ene.-21	0,5
17-oct.-20	0,0	2-nov.-20	0,0	2-dic.-20	4,1	2-ene.-21	1,5
18-oct.-20	0,0	3-nov.-20	0,0	3-dic.-20	0,5	3-ene.-21	13,5
19-oct.-20	0,0	4-nov.-20	0,2	4-dic.-20	1,9	4-ene.-21	1,5
20-oct.-20	0,0	5-nov.-20	0,0	5-dic.-20	4,3	5-ene.-21	2,6
21-oct.-20	0,0	6-nov.-20	0,0	6-dic.-20	0,7	6-ene.-21	7,6
22-oct.-20	0,0	7-nov.-20	0,0	7-dic.-20	3,4	7-ene.-21	0,0
23-oct.-20	0,0	8-nov.-20	0,0	8-dic.-20	0,1	8-ene.-21	0,0
24-oct.-20	0,0	9-nov.-20	0,0	9-dic.-20	6,4	9-ene.-21	1,7
25-oct.-20	0,0	10-nov.-20	0,0	10-dic.-20	4,4	10-ene.-21	0,9
26-oct.-20	0,0	11-nov.-20	0,0	11-dic.-20	2,4	11-ene.-21	0,0
27-oct.-20	0,5	12-nov.-20	0,0	12-dic.-20	15,8	12-ene.-21	0,0
28-oct.-20	0,0	13-nov.-20	0,0	13-dic.-20	0,0	13-ene.-21	0,0
29-oct.-20	0,0	14-nov.-20	0,0	14-dic.-20	0,0	14-ene.-21	0,0
30-oct.-20	0,0	15-nov.-20	0,0	15-dic.-20	14,7	15-ene.-21	14,4
31-oct.-20	0,0	16-nov.-20	0,0	16-dic.-20	0,4	16-ene.-21	2,7
		17-nov.-20	0,0	17-dic.-20	1,8	17-ene.-21	0,3
		18-nov.-20	12,6	18-dic.-20	1,6	18-ene.-21	0,0
		19-nov.-20	13,3	19-dic.-20	0,7	19-ene.-21	1,5
		20-nov.-20	3,6	20-dic.-20	0,2	20-ene.-21	0,2
		21-nov.-20	1,7	21-dic.-20	0,8	21-ene.-21	1,2
		22-nov.-20	2,1	22-dic.-20	0,0	22-ene.-21	9,5
		23-nov.-20	3,6	23-dic.-20	7,5	23-ene.-21	0,6
		24-nov.-20	0,3	24-dic.-20	6,0	24-ene.-21	2,5
		25-nov.-20	0,0	25-dic.-20	0,1	25-ene.-21	0,6
		26-nov.-20	0,0	26-dic.-20	3,5	26-ene.-21	0,4
		27-nov.-20	2,0	27-dic.-20	0,0	27-ene.-21	0,0
		28-nov.-20	0,6	28-dic.-20	0,1	28-ene.-21	0,2
		29-nov.-20	0,0	29-dic.-20	1,8	29-ene.-21	1,4
		30-nov.-20	2,1	30-dic.-20	0,2	30-ene.-21	0,0
				31-dic.-20	0,8	31-ene.-21	0,0
PROMEDIO MENSUAL	0,031	PROMEDIO MENSUAL	1,403	PROMEDIO MENSUAL	2,80	PROMEDIO MENSUAL	2,106

## ESTACIÓN: CEBOLLAR

**Provincia:** AZUAY    **Cantón:** CUENCA    **Parroquia:** SAN SEBASTIAN  
**Abscisas:** 720230.00 m E    **Norte:** 9680898.00 m S    **Altura:**

DD-MM-AA	PRECIPIT. (mm)	DD-MM-AA	PRECIPIT. (mm)	DD-MM-AA	PRECIPIT. (mm)	DD-MM-AA	PRECIPIT. (mm)
1-feb.-21	0,8	1-mar.-21	12,8	1-abr.-21	0,0	1-may.-21	21,4
2-feb.-21	0,0	2-mar.-21	14,4	2-abr.-21	0,5	2-may.-21	4,5
3-feb.-21	0,0	3-mar.-21	29,7	3-abr.-21	1,3	3-may.-21	3,9
4-feb.-21	0,6	4-mar.-21	4,4	4-abr.-21	0,3		
5-feb.-21	0,0	5-mar.-21	19,0	5-abr.-21	0,0		
6-feb.-21	0,0	6-mar.-21	0,0	6-abr.-21	1,3		
7-feb.-21	0,0	7-mar.-21	0,5	7-abr.-21	2,5		
8-feb.-21	8,7	8-mar.-21	6,2	8-abr.-21	1,4		
9-feb.-21	0,0	9-mar.-21	13,8	9-abr.-21	0,0		
10-feb.-21	0,2	10-mar.-21	10,8	10-abr.-21	0,0		
11-feb.-21	3,9	11-mar.-21	12,8	11-abr.-21	0,0		
12-feb.-21	9,3	12-mar.-21	2,6	12-abr.-21	0,1		
13-feb.-21	0,0	13-mar.-21	0,0	13-abr.-21	0,6		
14-feb.-21	0,1	14-mar.-21	17,0	14-abr.-21	0,0		
15-feb.-21	4,2	15-mar.-21	8,5	15-abr.-21	5,8		
16-feb.-21	4,0	16-mar.-21	7,7	16-abr.-21	1,0		
17-feb.-21	0,0	17-mar.-21	8,7	17-abr.-21	0,6		
18-feb.-21	23,2	18-mar.-21	0,1	18-abr.-21	3,9		
19-feb.-21	0,1	19-mar.-21	0,0	19-abr.-21	6,0		
20-feb.-21	0,0	20-mar.-21	0,0	20-abr.-21	3,5		
21-feb.-21	0,4	21-mar.-21	0,0	21-abr.-21	1,6		
22-feb.-21	10,5	22-mar.-21	14,9	22-abr.-21	0,0		
23-feb.-21	0,1	23-mar.-21	3,2	23-abr.-21	15,1		
24-feb.-21	0,0	24-mar.-21	5,7	24-abr.-21	0,1		
25-feb.-21	0,5	25-mar.-21	0,1	25-abr.-21	0,1		
26-feb.-21	2,2	26-mar.-21	1,6	26-abr.-21	13,3		
27-feb.-21	5,7	27-mar.-21	6,3	27-abr.-21	6,6		
28-feb.-21	30,6	28-mar.-21	0,1	28-abr.-21	9,5		
		29-mar.-21	0,0	29-abr.-21	10,4		
		30-mar.-21	0,9	30-abr.-21	17,3		
		31-mar.-21	0,0				
PROMEDIO MENSUAL	3,75	PROMEDIO MENSUAL	6,51	PROMEDIO MENSUAL	3,43	PROMEDIO MENSUAL	9,93

## ANEXO 6: Análisis de Ensayos de Clasificación de suelo.

### ENSAYO DE POZO No AP-1 (1.00-1.50)

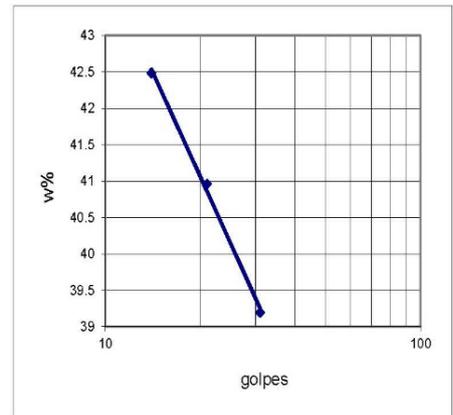


#### ENSAYOS DE CLASIFICACION

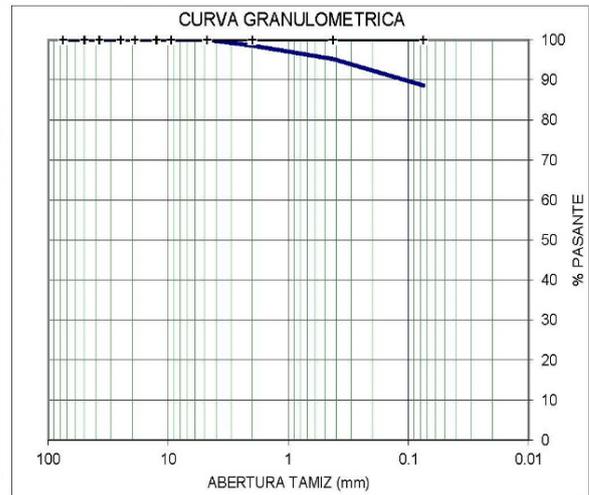
NORMA ASTM D 2487 - 06

PROYECTO: AEROPUERTO CUENCA	POZO No. AP-1	COORDENADAS N 9680383 E 723937
SECTOR: ALFA		MUESTRA: 1
FECHA : nov-2018	REALIZO: G. SANTILLAN	PROF.(m) 1.00-1.50

No. DE GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO DE CAPS	w %
1.- CONT. DE AGUA				
	51.31	44.83	18.72	24.82
	58.24	50.20	17.62	24.68
			w% =	24.75
2.- LIMITE LIQUIDO				
31	34.35	29.76	18.05	39.20
21	35.92	30.62	17.68	40.96
14	36.82	31.28	18.24	42.48
			LL =	40.14
3.- LIMITE PLASTICO				
	16.10	15.03	9.34	18.80
	14.57	13.72	9.19	18.76
	12.45	11.57	6.83	18.57
			LP =	18.71



4.- GRANULOMETRIA			
PESO INIC.	100.8	(H/S)	H
PESO INICIAL DE CALCULO:	80.8		
TAMIZ	PESO RET.	% RET	% PASA
3"		0.00	100.00
2"		0.00	100.00
1.5"		0.00	100.00
1"		0.00	100.00
3/4"		0.00	100.00
1/2"		0.00	100.00
3/8"		0.00	100.00
No. 4	0.00	0.00	100.00
No. 10	1.20	1.48	98.52
No. 40	3.88	4.80	95.20
No.200	9.22	11.41	88.59



5.- CLASIFICACION.-	
GRAVA	0
ARENA	11
FINOS	89

LL =	40.0
LP =	19.0
IP =	21.0
w% =	24.7

SUCS :	CL
AASHTO:	A-6
IG(86):	19
IG(45):	12

**ENSAYO DE POZO No AP-1 (2.00-2.50)**

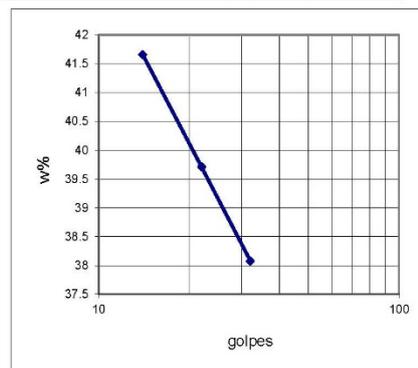


**ENSAYOS DE CLASIFICACION**

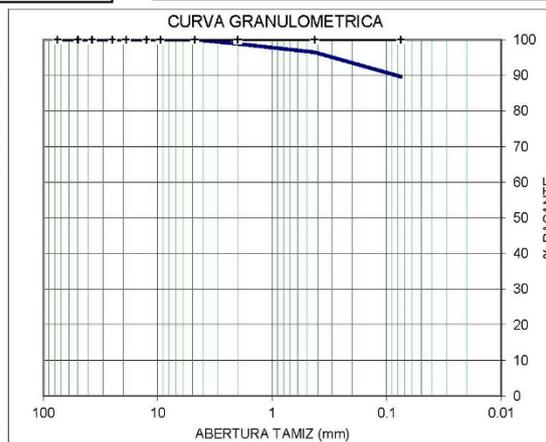
NORMA ASTM D 2487 - 06

PROYECTO: AEROPUERTO CUENCA	POZO No. AP-1	COORDENADAS N 9680383 E 723937
SECTOR: ALFA		MUESTRA: 2
FECHA : nov-2018	REALIZO: G. SANTILLAN	PROF.(m) 2.00-2.50

No. DE GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO DE CAPS	w %
<b>1.- CONT. DE AGUA</b>				
	50.26	44.54	19.00	22.40
	51.36	45.28	18.32	22.55
			w% =	22.47
<b>2.- LIMITE LIQUIDO</b>				
32	35.10	30.28	17.62	38.07
22	36.62	31.10	17.20	39.71
14	35.62	30.45	18.04	41.66
			LL =	39.15
<b>3.- LIMITE PLASTICO</b>				
	16.54	15.42	9.62	19.31
	15.06	13.68	6.65	19.63
	13.86	12.68	6.66	19.60
			LP =	19.51



4.- GRANULOMETRIA			
PESO INIC.	(H/S) H		
101.2			
PESO INICIAL DE CALCULO: 82.6			
TAMIZ	PESO RET.	% RET	% PASA
3"		0.00	100.00
2"		0.00	100.00
1.5"		0.00	100.00
1"		0.00	100.00
3/4"		0.00	100.00
1/2"		0.00	100.00
3/8"		0.00	100.00
No. 4	0.00	0.00	100.00
No. 10	1.00	1.21	98.79
No. 40	2.92	3.53	96.47
No.200	8.60	10.41	89.59



5.- CLASIFICACION.-	
GRAVA	0
ARENA	10
FINOS	90

LL =	39.0
LP =	20.0
IP =	19.0
w% =	22.5

SUCS :	CL
AASHTO:	A-6
IG(86):	17
IG(45):	12

**ENSAYO DE POZO No AP-1 (3.00-3.50)**

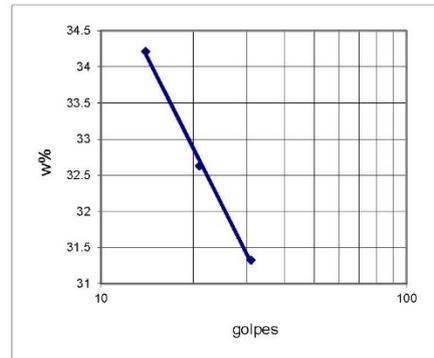


**ENSAYOS DE CLASIFICACION**

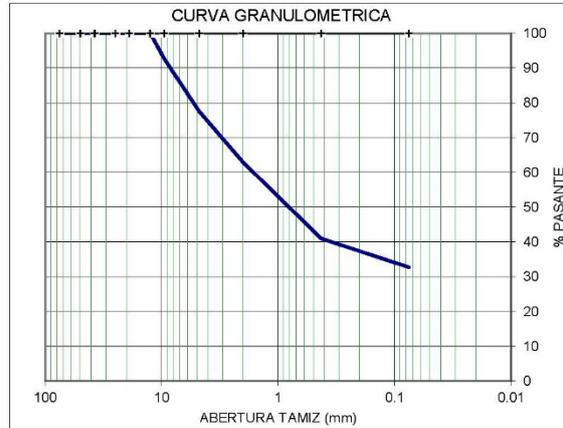
NORMA ASTM D 2487 - 06

PROYECTO: AEROPUERTO CUENCA	POZO No. AP-1	COORDENADAS N 9680383 E 723937
SECTOR: ALFA		MUESTRA: 3
FECHA : nov-2018	REALIZO: G. SANTILLAN	PROF.(m) 3.00-3.50

No. DE GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO DE CAPS	w %
<b>1.- CONT. DE AGUA</b>				
	50.38	45.52	19.60	18.75
	52.86	47.32	17.24	18.42
			w% =	18.58
<b>2.- LIMITE LIQUIDO</b>				
31	35.62	31.25	17.30	31.33
21	34.54	30.52	18.20	32.63
14	35.86	31.20	17.58	34.21
			LL =	32.07
<b>3.- LIMITE PLASTICO</b>				
	16.85	15.38	9.20	23.79
	15.32	13.57	6.24	23.87
	15.92	14.06	6.20	23.66
			LP =	23.78



4.- GRANULOMETRIA			
PESO INIC.	103.3	(H/S) H	
PESO INICIAL DE CALCULO:			87.1
TAMIZ	PESO RET.	% RET	% PASA
3"		0.00	100.00
2"		0.00	100.00
1.5"		0.00	100.00
1"		0.00	100.00
3/4"		0.00	100.00
1/2"	0.00	0.00	100.00
3/8"	6.28	7.21	92.79
No. 4	19.56	22.45	77.55
No. 10	32.32	37.09	62.91
No. 40	51.42	59.01	40.99
No.200	58.66	67.31	32.69

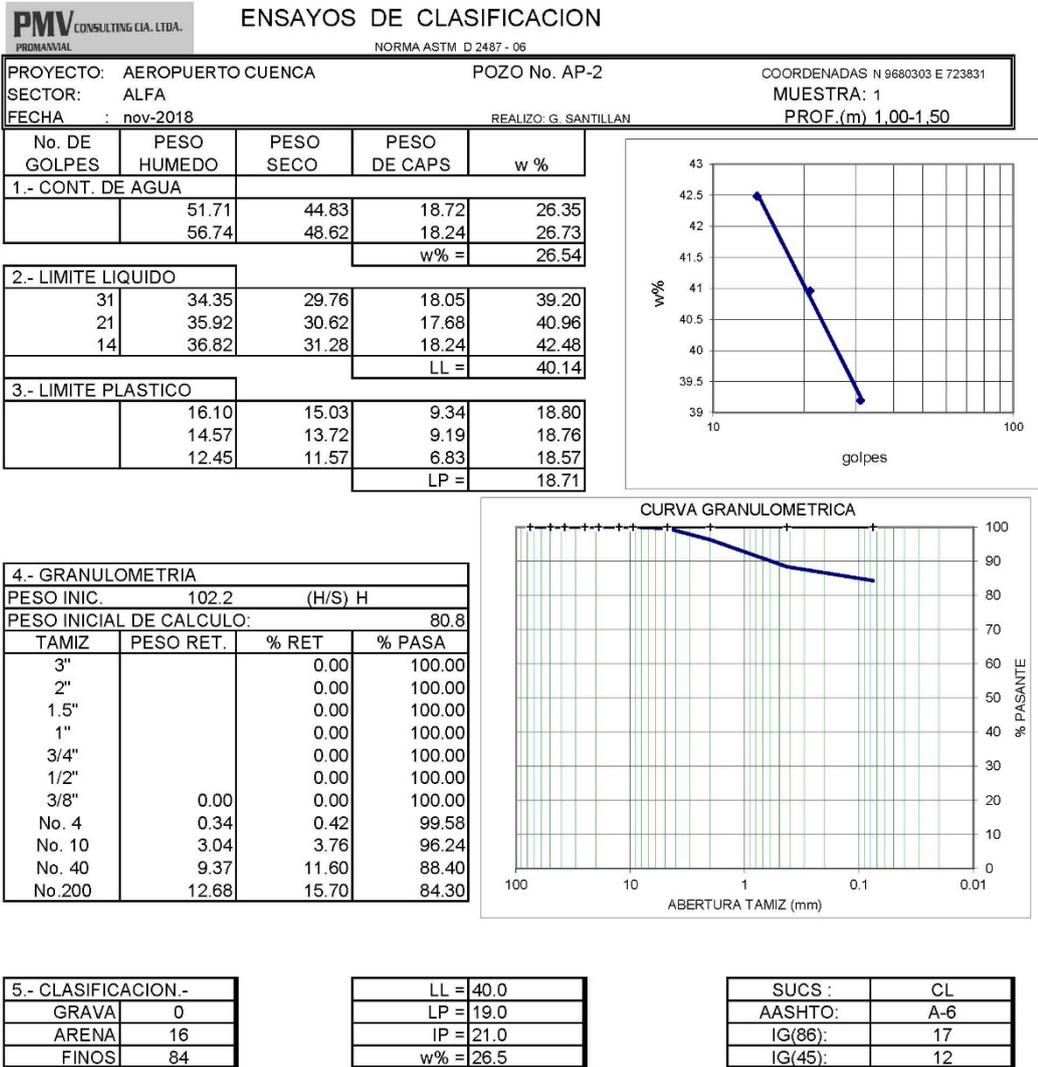


5.- CLASIFICACION.-	
GRAVA	22
ARENA	45
FINOS	33

LL =	32.0
LP =	24.0
IP =	8.0
w% =	18.6

SUCS :	SM
AASHTO:	A-2-4
IG(86):	0
IG(45):	0

**ENSAYO DE POZO No AP-2 (1.00-1.50)**



**ENSAYO DE POZO No AP-2 (2.00-2.50)**

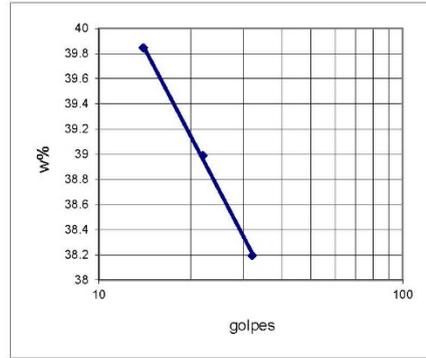


**ENSAYOS DE CLASIFICACION**

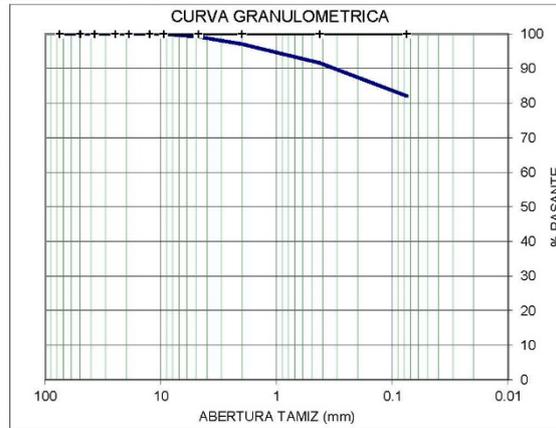
NORMA ASTM D 2487 - 06

PROYECTO: AEROPUERTO CUENCA	POZO No. AP-2	COORDENADAS N 9680303 E 723831
SECTOR: BRAVO		MUESTRA: 2
FECHA : nov-2018	REALIZO: G. SANTILLAN	PROF.(m) 2.00-2.50

No. DE GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO DE CAPS	w %
<b>1.- CONT. DE AGUA</b>				
	53.85	46.93	18.05	23.96
	56.72	49.20	17.62	23.81
			w% =	23.89
<b>2.- LIMITE LIQUIDO</b>				
32	35.06	30.24	17.62	38.19
22	36.38	31.28	18.20	38.99
14	35.66	30.52	17.62	39.84
			LL =	38.70
<b>3.- LIMITE PLASTICO</b>				
	15.12	13.62	6.66	21.55
	15.82	14.20	6.54	21.15
	15.00	13.54	6.82	21.73
			LP =	21.48



4.- GRANULOMETRIA			
PESO INIC.	104.7	(H/S) H	
PESO INICIAL DE CALCULO:	84.5		
TAMIZ	PESO RET.	% RET	% PASA
3"		0.00	100.00
2"		0.00	100.00
1.5"		0.00	100.00
1"		0.00	100.00
3/4"		0.00	100.00
1/2"		0.00	100.00
3/8"	0.00	0.00	100.00
No. 4	0.72	0.85	99.15
No. 10	2.50	2.96	97.04
No. 40	7.06	8.35	91.65
No.200	15.20	17.98	82.02



5.- CLASIFICACION.-	
GRAVA	1
ARENA	17
FINOS	82

LL =	39.0
LP =	21.0
IP =	18.0
w% =	23.9

SUCS :	CL
AASHTO:	A-6
IG(86):	15
IG(45):	11

**ENSAYO DE POZO No AP-2 (3.00-3.50)**

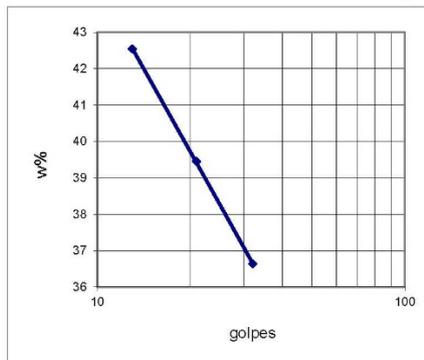


**ENSAYOS DE CLASIFICACION**

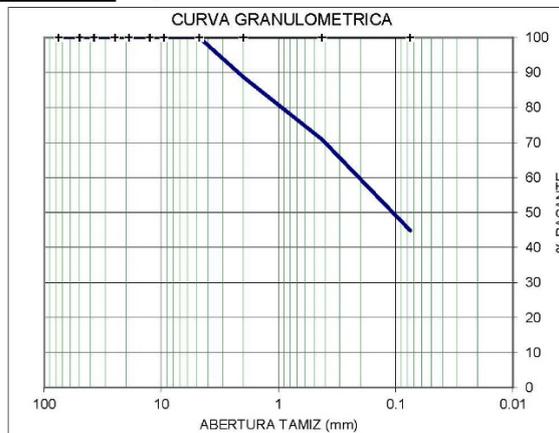
NORMA ASTM D 2487 - 06

PROYECTO: AEROPUERTO CUENCA	POZO No. AP-2	COORDENADAS N 9680303 E 723831
SECTOR: BRAVO		MUESTRA: 3
FECHA : nov-2018	REALIZO: G. SANTILLAN	PROF.(m) 3,00-3,50

No. DE GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO DE CAPS	w %
<b>1.- CONT. DE AGUA</b>				
	51.04	44.39	18.43	25.62
	52.36	45.30	18.12	25.97
			w% =	25.80
<b>2.- LIMITE LIQUIDO</b>				
32	33.65	29.62	18.62	36.64
21	35.24	30.42	18.20	39.44
13	35.55	30.56	18.83	42.54
			LL =	38.27
<b>3.- LIMITE PLASTICO</b>				
	13.97	13.06	9.25	23.88
	11.92	10.94	6.93	24.44
	13.11	12.32	9.07	24.31
			LP =	24.21



TAMIZ	PESO RET.	% RET	% PASA
3"		0.00	100.00
2"		0.00	100.00
1.5"		0.00	100.00
1"		0.00	100.00
3/4"		0.00	100.00
1/2"		0.00	100.00
3/8"		0.00	100.00
No. 4	0.00	0.00	100.00
No. 10	9.20	11.28	88.72
No. 40	23.76	29.14	70.86
No.200	45.00	55.20	44.80



5.- CLASIFICACION.-	
GRAVA	0
ARENA	55
FINOS	45

LL =	38.0
LP =	24.0
IP =	14.0
w% =	25.8

SUCS :	SC
AASHTO:	A-6
IG(86):	3
IG(45):	3

**ENSAYO DE POZO No AP-3 (1.00-1.50)**

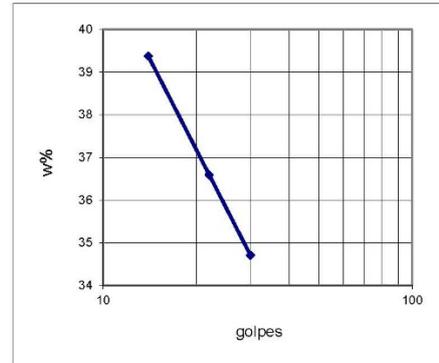


**ENSAYOS DE CLASIFICACION**

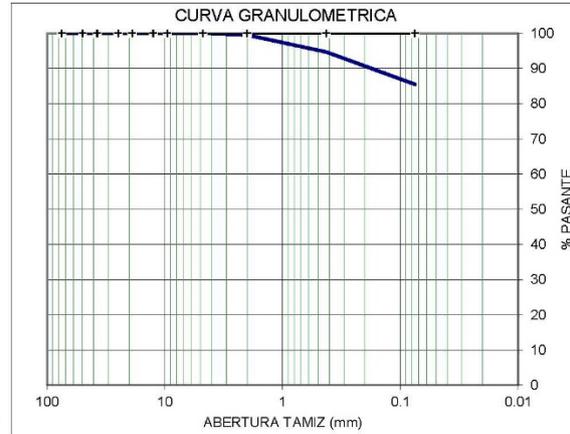
NORMA ASTM D 2487 - 06

PROYECTO: AEROPUERTO CUENCA	POZO No. AP-3	COORDENADAS N 9680244 E 723756
SECTOR: CHARLI		MUESTRA: 1
FECHA : nov-2018	REALIZO: G. SANTILLAN	PROF.(m) 1.00-1.50

No. DE GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO DE CAPS	w %
<b>1.- CONT. DE AGUA</b>				
	50.24	43.20	20.56	31.10
	53.28	45.20	19.30	31.20
			w% =	31.15
<b>2.- LIMITE LIQUIDO</b>				
30	34.62	30.24	17.62	34.71
22	35.92	31.20	18.30	36.59
14	35.62	30.67	18.10	39.38
			LL =	35.82
<b>3.- LIMITE PLASTICO</b>				
	14.62	13.27	6.65	20.39
	14.16	12.86	6.42	20.19
	13.72	12.54	6.80	20.56
			LP =	20.38



TAMIZ	PESO RET.	% RET	% PASA
3"		0.00	100.00
2"		0.00	100.00
1.5"		0.00	100.00
1"		0.00	100.00
3/4"		0.00	100.00
1/2"		0.00	100.00
3/8"		0.00	100.00
No. 4	0.00	0.00	100.00
No. 10	0.42	0.52	99.48
No. 40	4.34	5.35	94.65
No.200	11.78	14.52	85.48



5.- CLASIFICACION.-	
GRAVA	0
ARENA	15
FINOS	85

LL =	36.0
LP =	20.0
IP =	16.0
w% =	31.1

SUCS :	CL
AASHTO:	A-6
IG(86):	13
IG(45):	10

**ENSAYO DE POZO No AP-3 (2.00-2.50)**

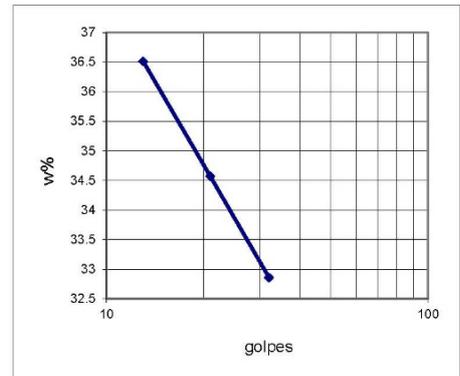


**ENSAYOS DE CLASIFICACION**

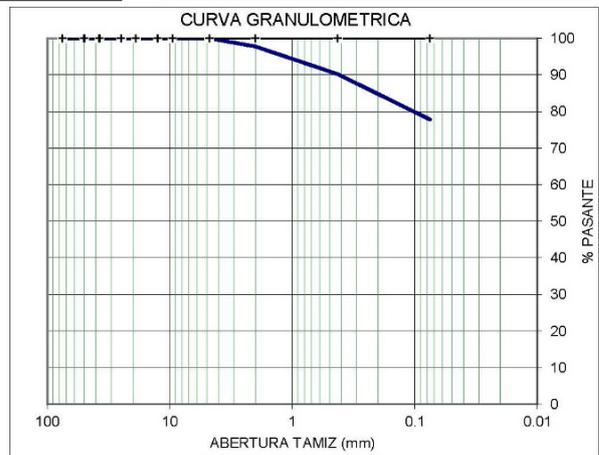
NORMA ASTM D2487 - 06

PROYECTO: AEROPUERTO CUENCA	POZO No. AP-3	COORDENADAS N 9680244 E 723756
SECTOR: CHARLI		MUESTRA: 2
FECHA : nov-2018	REALIZO: G. SANTILLAN	PROF.(m) 2,00-2,50

No. DE GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO DE CAPS	w %
<b>1.- CONT. DE AGUA</b>				
	55.72	47.00	20.00	32.30
	58.52	48.30	17.28	32.95
			w% =	32.62
<b>2.- LIMITE LIQUIDO</b>				
32	35.96	31.58	18.25	32.86
21	35.06	30.58	17.62	34.57
13	36.25	32.62	17.20	36.51
			LL =	33.86
<b>3.- LIMITE PLASTICO</b>				
	15.85	14.20	7.25	23.74
	14.68	13.12	6.38	23.15
	13.82	12.46	6.67	23.49
			LP =	23.46



4.- GRANULOMETRIA			
PESO INIC. 101.3		(H/S) H	
PESO INICIAL DE CALCULO: 76.4			
TAMIZ	PESO RET.	% RET	% PASA
3"		0.00	100.00
2"		0.00	100.00
1.5"		0.00	100.00
1"		0.00	100.00
3/4"		0.00	100.00
1/2"		0.00	100.00
3/8"		0.00	100.00
No. 4	0.00	0.00	100.00
No. 10	1.74	2.28	97.72
No. 40	7.50	9.82	90.18
No.200	16.96	22.21	77.79



5.- CLASIFICACION.-	
GRAVA	0
ARENA	22
FINOS	78

LL =	34.0
LP =	23.0
IP =	11.0
w% =	32.6

SUCS :	CL
AASHTO:	A-6
IG(86):	8
IG(45):	8

**ENSAYO DE POZO No AP-3 (3.00-3.50)**

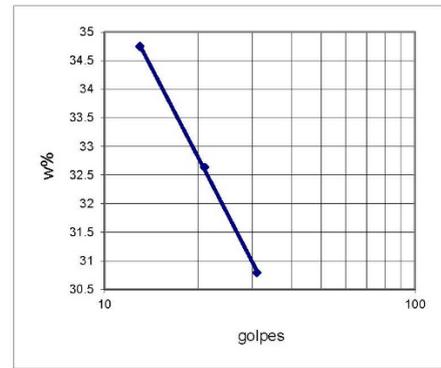


**ENSAYOS DE CLASIFICACION**

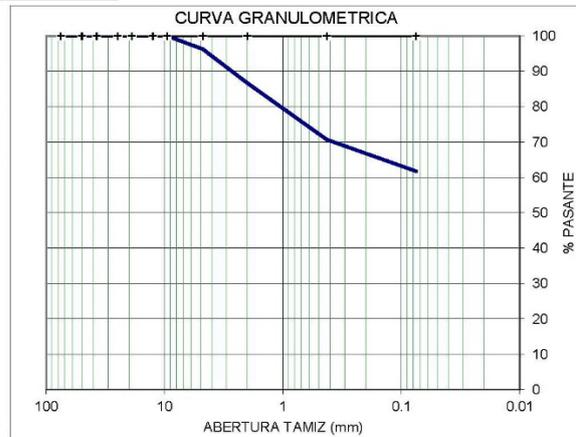
NORMA ASTM D 2487 - 06

PROYECTO: AEROPUERTO CUENCA	POZO No. AP-3	COORDENADAS N 9680244 E 723756
SECTOR: CHARLI		MUESTRA: 3
FECHA : nov-2018	REALIZO: G. SANTILLAN	PROF.(m) 3,00-3,50

No. DE GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO DE CAPS	w %
<b>1.- CONT. DE AGUA</b>				
	50.95	45.50	18.50	20.19
	52.00	46.20	18.30	20.79
			w% =	20.49
<b>2.- LIMITE LIQUIDO</b>				
31	33.52	29.32	15.68	30.79
21	34.65	30.12	16.24	32.64
13	34.62	29.87	16.20	34.75
			LL =	31.80
<b>3.- LIMITE PLASTICO</b>				
	15.06	13.20	6.52	27.84
	15.46	13.52	6.48	27.56
	16.68	14.52	6.63	27.38
			LP =	27.59



4.- GRANULOMETRIA			
PESO INIC.	102.3	(H/S)	H
PESO INICIAL DE CALCULO:			84.9
TAMIZ	PESO RET.	% RET	% PASA
3"		0.00	100.00
2"		0.00	100.00
1.5"		0.00	100.00
1"		0.00	100.00
3/4"		0.00	100.00
1/2"		0.00	100.00
3/8"	0.00	0.00	100.00
No. 4	3.18	3.75	96.25
No. 10	11.34	13.36	86.64
No. 40	24.88	29.30	70.70
No.200	32.48	38.25	61.75



5.- CLASIFICACION.-	
GRAVA	4
ARENA	34
FINOS	62

LL =	32.0
LP =	28.0
IP =	4.0
w% =	20.5

SUCS :	ML
AASHTO:	A-4
IG(86):	1
IG(45):	5

**ENSAYO DE POZO No AP-4 (1.00-1.50)**

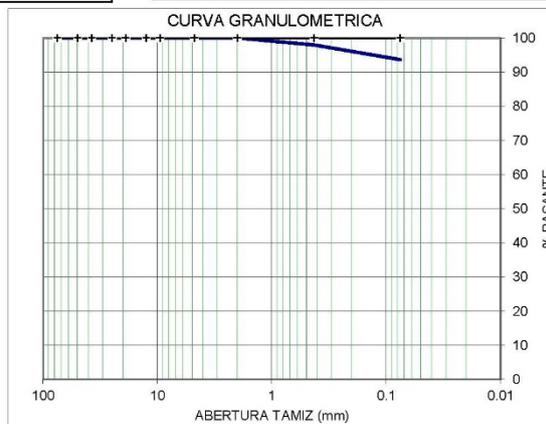
<b>PMV</b> CONSULTING CIA. LTDA. <small>PROMANVAL</small>		<b>ENSAYOS DE CLASIFICACION</b>			<small>NORMA ASTM D 2487 - 06</small>	
PROYECTO: AEROPUERTO CUENCA		POZO No. AP-4		COORDENADAS N 9680040 E 723434		
SECTOR: PISTA DELTA				MUESTRA: 1		
FECHA : nov-2018		REALIZO: G. SANTILLAN		PROF.(m) 1,00-1,50		

No. DE GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO DE CAPS	w %
<b>1.- CONT. DE AGUA</b>				
	52.36	45.70	19.40	25.32
	54.82	47.20	17.32	25.50
			w% =	25.41
<b>2.- LIMITE LIQUIDO</b>				
32	36.20	30.67	16.20	38.22
22	37.12	31.20	16.28	39.68
14	36.24	30.42	16.32	41.28
			LL =	39.16
<b>3.- LIMITE PLASTICO</b>				
	14.28	12.68	6.32	25.16
	14.80	13.08	6.33	25.48
	14.92	13.27	6.84	25.66
			LP =	25.43

4.- GRANULOMETRIA			
TAMIZ	PESO RET.	% RET	% PASA
PESO INIC. 104.8 (H/S) H			
PESO INICIAL DE CALCULO: 83.5			
3"		0.00	100.00
2"		0.00	100.00
1.5"		0.00	100.00
1"		0.00	100.00
3/4"		0.00	100.00
1/2"		0.00	100.00
3/8"		0.00	100.00
No. 4		0.00	100.00
No. 10	0.00	0.00	100.00
No. 40	1.72	2.06	97.94
No.200	5.32	6.37	93.63



5.- CLASIFICACION.-	
GRAVA	0
ARENA	6
FINOS	94

LL =	39.0
LP =	25.0
IP =	14.0
w% =	25.4

SUCS :	CL
AASHTO:	A-6
IG(86):	15
IG(45):	10

**ENSAYO DE POZO No AP-4 (2.00-2.50)**

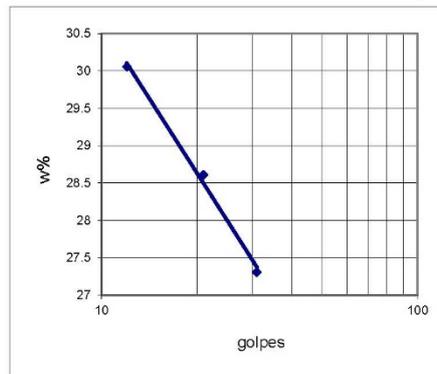


**ENSAYOS DE CLASIFICACION**

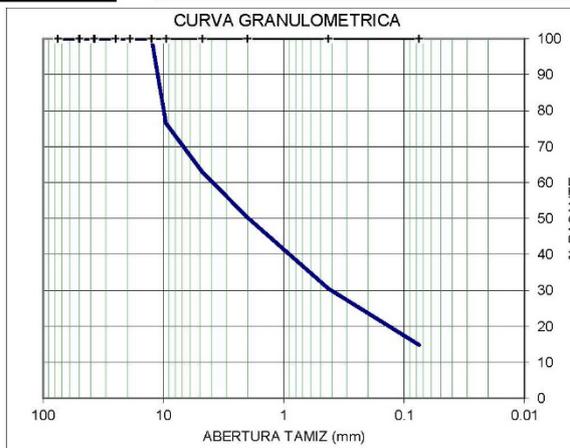
NORMA ASTM D 2487 - 06

PROYECTO: AEROPUERTO CUENCA	POZO No. AP-4	COORDENADAS N 9680040 E 723434
SECTOR: PISTA DELTA		MUESTRA: 2
FECHA : nov-2018	REALIZO: G. SANTILLAN	PROF.(m) 2,00-2,50

No. DE GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO DE CAPS	w %
<b>1.- CONT. DE AGUA</b>				
	56.59	50.15	20.66	21.84
	56.12	49.68	19.32	21.21
			w% =	21.53
<b>2.- LIMITE LIQUIDO</b>				
31	35.60	31.25	15.32	27.31
21	34.75	30.65	16.32	28.61
12	36.58	31.87	16.20	30.06
			LL =	27.99
<b>3.- LIMITE PLASTICO</b>				
	15.00	13.24	6.16	24.86
	14.92	13.25	6.30	24.03
	15.36	13.67	6.75	24.42
			LP =	24.44



4.- GRANULOMETRIA			
PESO INIC.	106.4	(H/S)	H
PESO INICIAL DE CALCULO:		87.6	
TAMIZ	PESO RET.	% RET	% PASA
3"		0.00	100.00
2"		0.00	100.00
1.5"		0.00	100.00
1"		0.00	100.00
3/4"		0.00	100.00
1/2"	0.00	0.00	100.00
3/8"	20.56	23.47	76.53
No. 4	32.48	37.08	62.92
No. 10	43.56	49.73	50.27
No. 40	60.90	69.53	30.47
No.200	74.60	85.17	14.83



5.- CLASIFICACION.-	
GRAVA	37
ARENA	48
FINOS	15

LL =	28.0
LP =	24.0
IP =	4.0
w% =	21.5

SUCS :	SM
AASHTO:	A-1-b
IG(86):	0
IG(45):	0

**ENSAYO DE POZO No AP-5 (1.00-1.50)**

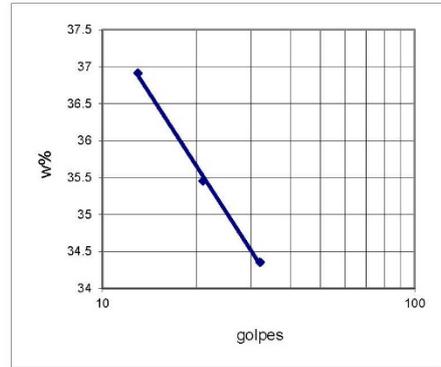


**ENSAYOS DE CLASIFICACION**

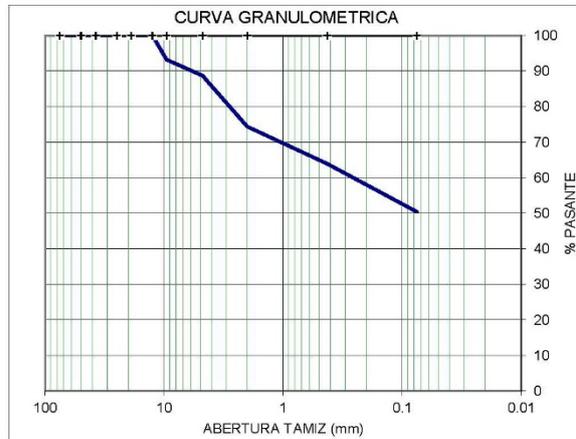
NORMA ASTM D 2487 - 06

PROYECTO: AEROPUERTO CUENCA	POZO No. AP-5	COORDENADAS N 9680156 E 723568
SECTOR: PISTA DELTA		MUESTRA: 1
FECHA : nov-2018	REALIZO: G. SANTILLAN	PROF.(m) 1.00-1.50

No. DE GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO DE CAPS	w %
<b>1.- CONT. DE AGUA</b>				
	51.86	44.64	20.29	29.65
	53.68	45.78	18.62	29.09
			w% =	29.37
<b>2.- LIMITE LIQUIDO</b>				
32	35.62	30.68	16.30	34.35
21	35.80	30.67	16.20	35.45
13	36.60	31.20	16.57	36.91
			LL =	35.02
<b>3.- LIMITE PLASTICO</b>				
	12.60	11.45	6.78	24.63
	13.22	12.40	9.10	24.85
	14.70	13.58	9.02	24.56
			LP =	24.68



4.- GRANULOMETRIA			
PESO INIC.	105.4	(H/S) H	
PESO INICIAL DE CALCULO:	81.5		
TAMIZ	PESO RET.	% RET	% PASA
3"		0.00	100.00
2"		0.00	100.00
1.5"		0.00	100.00
1"		0.00	100.00
3/4"		0.00	100.00
1/2"	0.00	0.00	100.00
3/8"	5.54	6.80	93.20
No. 4	9.22	11.32	88.68
No. 10	20.88	25.63	74.37
No. 40	29.42	36.12	63.88
No.200	40.42	49.62	50.38



5.- CLASIFICACION.-	
GRAVA	11
ARENA	39
FINOS	50

LL =	35.0
LP =	25.0
IP =	10.0
w% =	29.4

SUCS :	ML
AASHTO:	A-4
IG(86):	3
IG(45):	3

**ENSAYO DE POZO No AP-5 (2.00-2.50)**

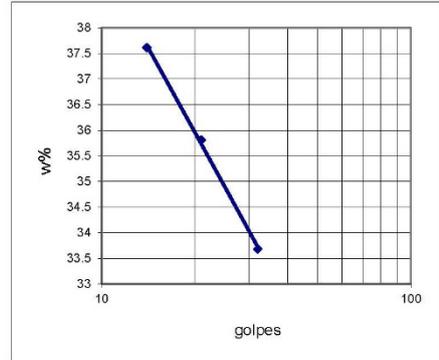


**ENSAYOS DE CLASIFICACION**

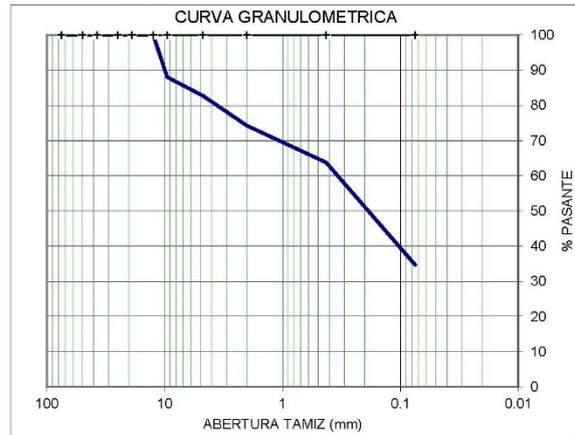
NORMA ASTM D 2487 - 06

PROYECTO: AEROPUERTO CUENCA	POZO No. AP-5	COORDENADAS N 9680156 E 723568
SECTOR: PISTA DELTA		MUESTRA: 2
FECHA : nov-2018	REALIZO: G. SANTILLAN	PROF.(m) 2,00-2,50

No. DE GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO DE CAPS	w %
<b>1.- CONT. DE AGUA</b>				
	50.23	43.34	18.52	27.76
	50.10	42.94	17.25	27.87
			w% =	27.82
<b>2.- LIMITE LIQUIDO</b>				
32	35.82	31.25	17.68	33.68
21	35.60	31.17	18.80	35.81
14	34.86	30.38	18.47	37.62
			LL =	34.90
<b>3.- LIMITE PLASTICO</b>				
	14.90	13.80	9.10	23.40
	14.50	13.49	9.25	23.82
	14.52	13.53	9.26	23.19
			LP =	23.47



4.- GRANULOMETRIA			
PESO INIC.	103.5	(H/S) H	
PESO INICIAL DE CALCULO:			80.9
TAMIZ	PESO RET.	% RET	% PASA
3"		0.00	100.00
2"		0.00	100.00
1.5"		0.00	100.00
1"		0.00	100.00
3/4"		0.00	100.00
1/2"	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.74	12.03	87.97
No. 4	14.00	17.30	82.70
No. 10	20.88	25.80	74.20
No. 40	29.32	36.22	63.78
No.200	52.88	65.33	34.67



5.- CLASIFICACION.-	
GRAVA	17
ARENA	48
FINOS	35

LL =	35.0
LP =	23.0
IP =	12.0
w% =	27.8

SUCS :	SC
AASHTO:	A-2-6
IG(86):	0
IG(45):	0

**ENSAYO DE POZO No AP-5 (3.00-3.50)**

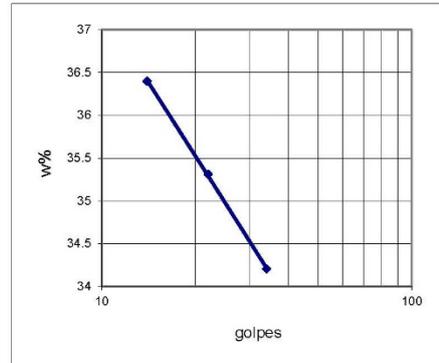


**ENSAYOS DE CLASIFICACION**

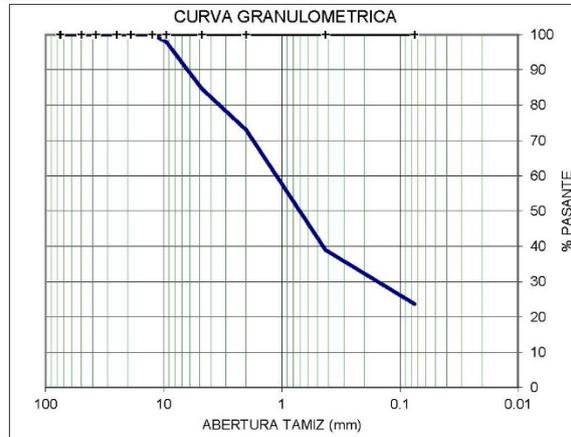
NORMA ASTM D 2487 - 06

PROYECTO: AEROPUERTO CUENCA	POZO No. AP-5	COORDENADAS N 9680156 E 723568
SECTOR: PISTA DELTA		MUESTRA: 3
FECHA : nov-2018	REALIZO: G. SANTILLAN	PROF.(m) 3.00-3.50

No. DE GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO DE CAPS	w %
<b>1.- CONT. DE AGUA</b>				
	56.24	50.46	19.14	18.45
	57.36	51.20	18.67	18.94
			w% =	18.70
<b>2.- LIMITE LIQUIDO</b>				
34	37.62	32.65	18.12	34.21
22	38.40	33.22	18.55	35.31
14	36.85	32.10	19.05	36.40
			LL =	34.97
<b>3.- LIMITE PLASTICO</b>				
	14.80	13.39	6.87	21.63
	21.45	20.12	13.92	21.45
	15.13	14.06	9.17	21.88
			LP =	21.65



4.- GRANULOMETRIA			
PESO INIC.	102.0	(H/S) H	
PESO INICIAL DE CALCULO:			85.9
TAMIZ	PESO RET.	% RET	% PASA
3"		0.00	100.00
2"		0.00	100.00
1.5"		0.00	100.00
1"		0.00	100.00
3/4"		0.00	100.00
1/2"	0.00	0.00	100.00
3/8"	1.76	2.05	97.95
No. 4	13.20	15.37	84.63
No. 10	23.24	27.05	72.95
No. 40	52.44	61.05	38.95
No. 200	65.60	76.37	23.63



5.- CLASIFICACION.-	
GRAVA	15
ARENA	61
FINOS	24

LL =	35.0
LP =	22.0
IP =	13.0
w% =	18.7

SUCS :	SC
AASHTO:	A-2-6
IG(86):	0
IG(45):	0

**ENSAYO DE POZO No AP-6 (1.00-1.50)**

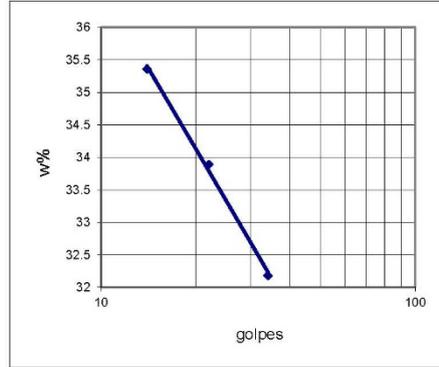


**ENSAYOS DE CLASIFICACION**

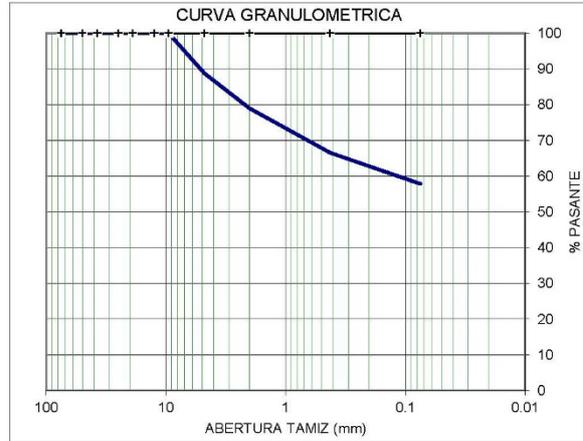
NORMA ASTM D 2487 - 06

PROYECTO: AEROPUERTO CUENCA	POZO No. AP-6	COORDENADAS N 9679891 E 723296
SECTOR: PISTA DELTA		MUESTRA: 1
FECHA : nov-2018	REALIZO: G. SANTILLAN	PROF.(m) 1.00-1.50

No. DE GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO DE CAPS	w %
<b>1.- CONT. DE AGUA</b>				
	57.39	51.92	18.08	16.16
	55.86	50.32	17.62	16.94
			w% =	16.55
<b>2.- LIMITE LIQUIDO</b>				
34	36.25	31.69	17.52	32.18
22	37.48	32.60	18.20	33.89
14	36.65	31.58	17.24	35.36
			LL =	33.33
<b>3.- LIMITE PLASTICO</b>				
	15.00	13.54	6.92	22.05
	15.38	13.84	6.98	22.45
	14.45	12.96	6.24	22.17
			LP =	22.23



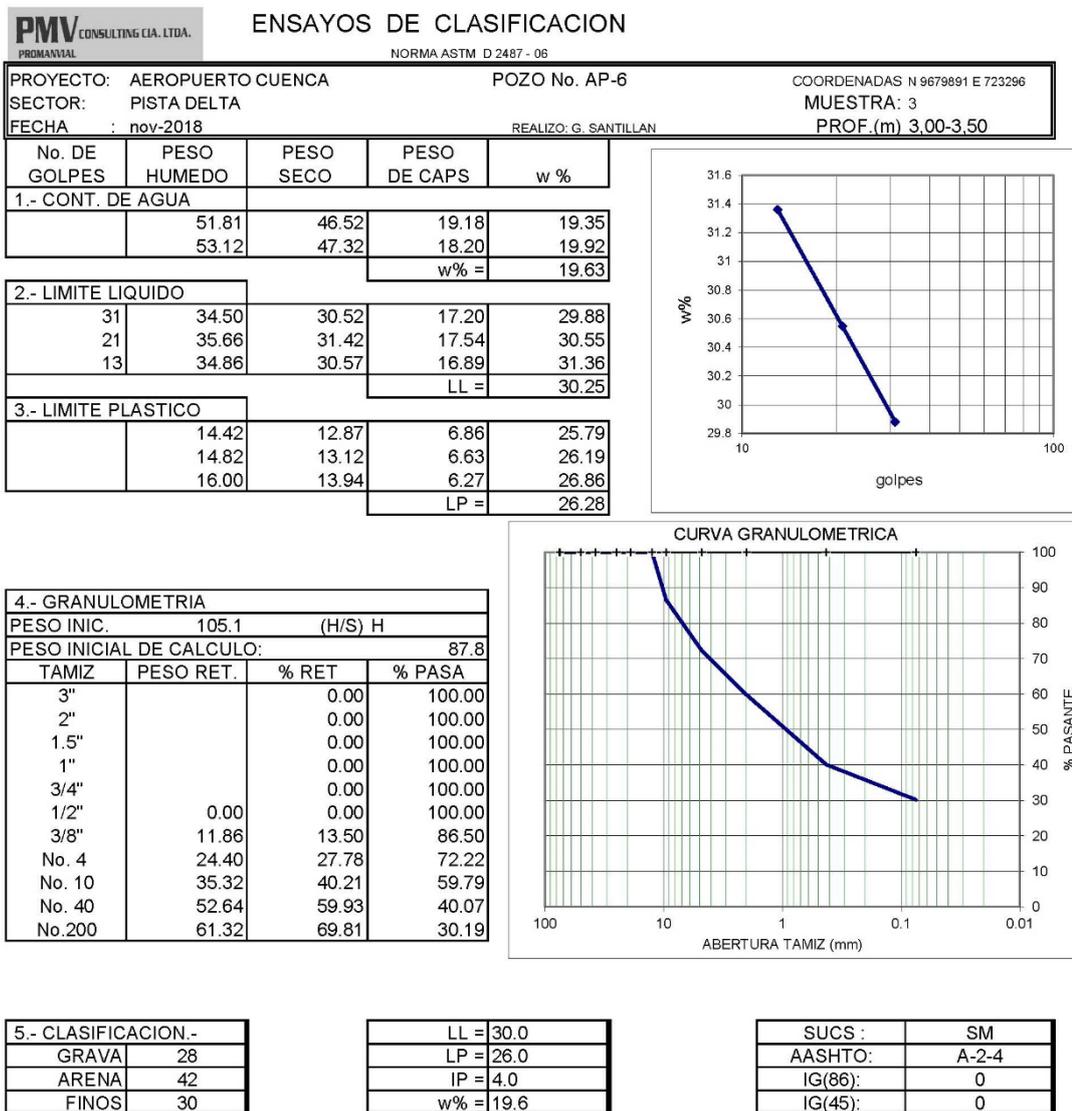
4.- GRANULOMETRIA			
PESO INIC.	102.3	(H/S) H	
PESO INICIAL DE CALCULO:	87.8		
TAMIZ	PESO RET.	% RET	% PASA
3"		0.00	100.00
2"		0.00	100.00
1.5"		0.00	100.00
1"		0.00	100.00
3/4"		0.00	100.00
1/2"		0.00	100.00
3/8"	0.00	0.00	100.00
No. 4	9.88	11.26	88.74
No. 10	18.46	21.03	78.97
No. 40	29.38	33.47	66.53
No.200	37.02	42.18	57.82



5.- CLASIFICACION.-	
GRAVA	11
ARENA	31
FINOS	58

LL =	33.0
LP =	22.0
IP =	11.0
w% =	16.6

SUCS :	CL
AASHTO:	A-6
IG(86):	4
IG(45):	5

**ENSAYO DE POZO No AP-6 (3.00-3.50)**

**ENSAYO DE POZO No AP-7 (1.00-1.50)**

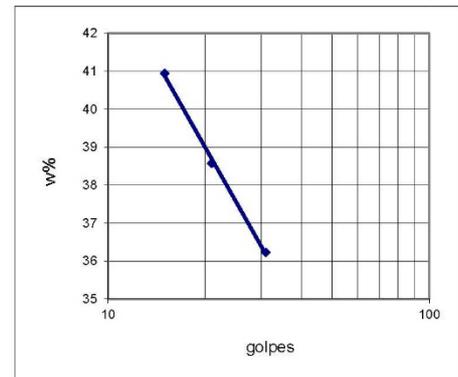


**ENSAYOS DE CLASIFICACION**

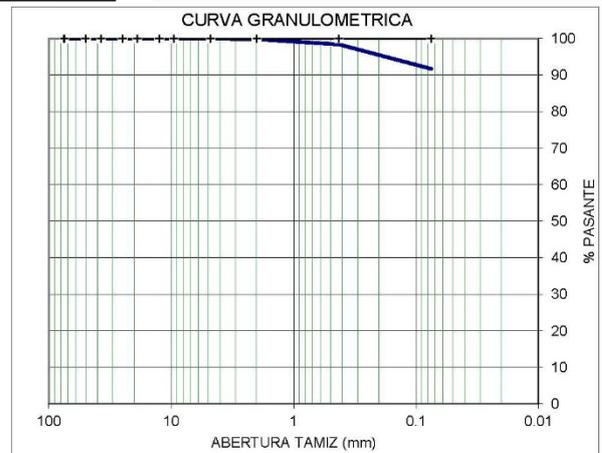
NORMA ASTM D 2487 - 06

PROYECTO: AEROPUERTO CUENCA	POZO No. AP-7	COORDENADAS N 9680269 E 723721
SECTOR: PISTA DELTA		MUESTRA: 1
FECHA : nov-2018	REALIZO: G. SANTILLAN	PROF.(m) 1.00-1.50

No. DE GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO DE CAPS	w %
<b>1.- CONT. DE AGUA</b>				
	56.66	51.82	18.22	14.40
	56.52	51.67	18.20	14.49
			w% =	14.45
<b>2.- LIMITE LIQUIDO</b>				
31	36.12	31.20	17.62	36.23
21	37.82	32.08	17.20	38.58
15	38.20	32.10	17.20	40.94
			LL =	37.57
<b>3.- LIMITE PLASTICO</b>				
	15.64	14.00	6.88	23.03
	15.64	13.92	6.52	23.24
	15.86	14.08	6.62	23.86
			LP =	23.38



4.- GRANULOMETRIA			
PESO INIC.	106.2	(H/S) H	
PESO INICIAL DE CALCULO:	92.8		
TAMIZ	PESO RET.	% RET	% PASA
3"		0.00	100.00
2"		0.00	100.00
1.5"		0.00	100.00
1"		0.00	100.00
3/4"		0.00	100.00
1/2"		0.00	100.00
3/8"		0.00	100.00
No. 4	0.00	0.00	100.00
No. 10	0.20	0.22	99.78
No. 40	1.52	1.64	98.36
No.200	7.70	8.30	91.70



5.- CLASIFICACION.-	
GRAVA	0
ARENA	8
FINOS	92

LL =	38.0
LP =	23.0
IP =	15.0
w% =	14.4

SUCS :	CL
AASHTO:	A-6
IG(86):	15
IG(45):	10

**ENSAYO DE POZO No AP-7 (2.00-2.50)**

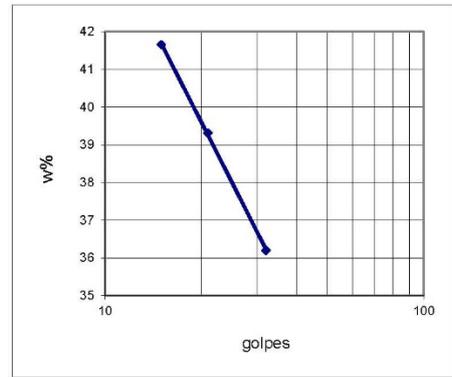


**ENSAYOS DE CLASIFICACION**

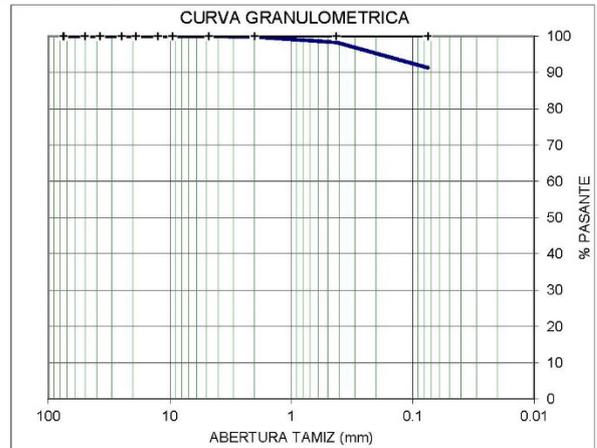
NORMA ASTM D 2487 - 06

PROYECTO: AEROPUERTO CUENCA	POZO No. AP-7	COORDENADAS N 9680269 E 723721
SECTOR: PISTA DELTA		MUESTRA: 2
FECHA : nov-2018	REALIZO: G. SANTILLAN	PROF.(m) 2,00-2,50

No. DE GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO DE CAPS	w %
<b>1.- CONT. DE AGUA</b>				
	50.55	44.89	18.83	21.72
	52.00	45.80	17.33	21.78
			w% =	21.75
<b>2.- LIMITE LIQUIDO</b>				
32	36.80	32.08	19.04	36.20
21	36.80	31.67	18.62	39.31
15	39.68	33.54	18.80	41.66
			LL =	38.00
<b>3.- LIMITE PLASTICO</b>				
	16.12	14.28	7.25	26.17
	15.82	13.82	6.32	26.67
	16.35	14.26	6.42	26.66
			LP =	26.50



4.- GRANULOMETRIA			
TAMIZ	PESO RET.	% RET	% PASA
3"		0.00	100.00
2"		0.00	100.00
1.5"		0.00	100.00
1"		0.00	100.00
3/4"		0.00	100.00
1/2"		0.00	100.00
3/8"		0.00	100.00
No. 4	0.00	0.00	100.00
No. 10	0.20	0.23	99.77
No. 40	1.52	1.72	98.28
No.200	7.70	8.71	91.29



5.- CLASIFICACION.-	
GRAVA	0
ARENA	9
FINOS	91

LL =	38.0
LP =	26.0
IP =	12.0
w% =	21.7

SUCS :	ML
AASHTO:	A-6
IG(86):	12
IG(45):	9

**ENSAYO DE POZO No AP-7 (3.00-3.50)**

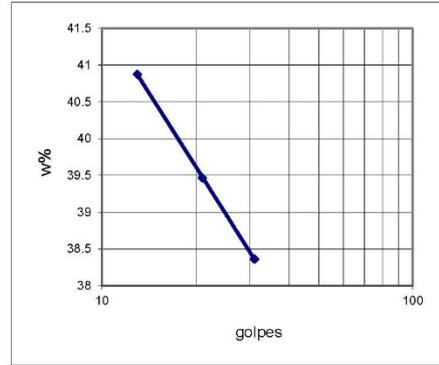


**ENSAYOS DE CLASIFICACION**

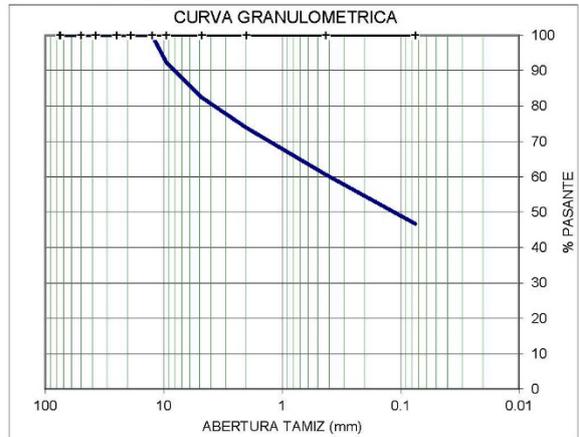
NORMA ASTM D 2487 - 06

PROYECTO: AEROPUERTO CUENCA	POZO No. AP-7	COORDENADAS N 9680269 E 723721
SECTOR: PISTA DELTA		MUESTRA: 3
FECHA : nov-2018	REALIZO: G. SANTILLAN	PROF.(m) 3.00-3.50

No. DE GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO DE CAPS	w %
<b>1.- CONT. DE AGUA</b>				
	50.35	43.70	18.82	26.73
	51.62	44.67	18.20	26.26
			w% =	26.49
<b>2.- LIMITE LIQUIDO</b>				
31	36.72	30.87	15.62	38.36
21	37.12	31.20	16.20	39.47
13	37.10	30.94	15.87	40.88
			LL =	38.98
<b>3.- LIMITE PLASTICO</b>				
	14.20	12.57	6.65	27.53
	14.62	12.85	6.52	27.96
	15.00	13.20	6.63	27.40
			LP =	27.63



4.- GRANULOMETRIA			
TAMIZ	PESO RET.	% RET	% PASA
3"		0.00	100.00
2"		0.00	100.00
1.5"		0.00	100.00
1"		0.00	100.00
3/4"		0.00	100.00
1/2"	0.00	0.00	100.00
3/8"	6.32	7.62	92.38
No. 4	14.60	17.61	82.39
No. 10	21.67	26.14	73.86
No. 40	32.68	39.41	60.59
No.200	44.20	53.31	46.69



5.- CLASIFICACION.-	
GRAVA	18
ARENA	35
FINOS	47

LL =	39.0
LP =	28.0
IP =	11.0
w% =	26.5

SUCS:	SM
AASHTO:	A-6
IG(86):	3
IG(45):	3

**ENSAYO DE POZO No AP-8 (1.00-1.50)**

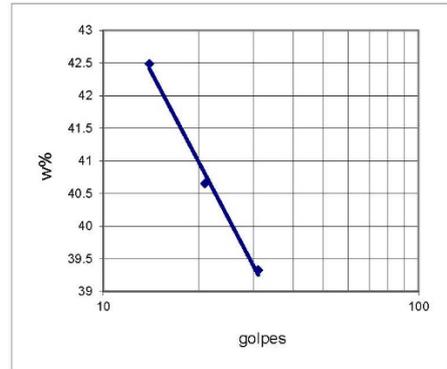


**ENSAYOS DE CLASIFICACION**

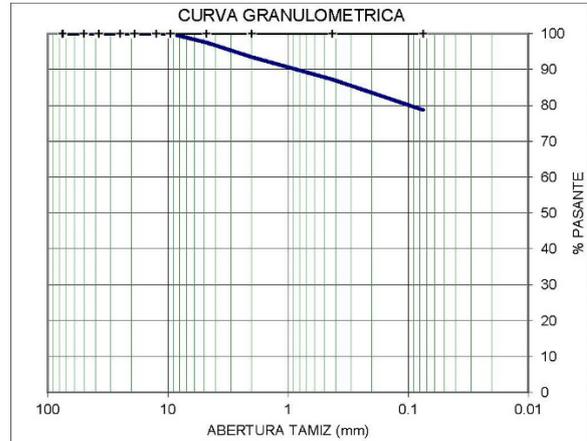
NORMA ASTM D 2487 - 06

PROYECTO: AEROPUERTO CUENCA	POZO No. AP-8	COORDENADAS N 9680666 E 724378
SECTOR: PISTA DELTA		MUESTRA: 1
FECHA : nov-2018	REALIZO: G. SANTILLAN	PROF.(m) 1,00-1,50

No. DE GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO DE CAPS	w %
<b>1.- CONT. DE AGUA</b>				
	53.68	47.47	19.38	22.11
	55.42	48.63	18.24	22.34
			w% =	22.23
<b>2.- LIMITE LIQUIDO</b>				
31	37.20	31.25	16.12	39.33
21	39.25	32.68	16.52	40.66
14	36.52	30.47	16.23	42.49
			LL =	40.11
<b>3.- LIMITE PLASTICO</b>				
	14.86	13.20	6.52	24.85
	15.92	14.06	6.35	24.12
	15.52	13.68	6.28	24.86
			LP =	24.61



TAMIZ	PESO RET.	% RET	% PASA
<b>4.- GRANULOMETRIA</b>			
PESO INIC. 105.4		(H/S) H	
PESO INICIAL DE CALCULO:		86.2	
3"		0.00	100.00
2"		0.00	100.00
1.5"		0.00	100.00
1"		0.00	100.00
3/4"		0.00	100.00
1/2"		0.00	100.00
3/8"	0.00	0.00	100.00
No. 4	2.16	2.50	97.50
No. 10	5.68	6.59	93.41
No. 40	11.06	12.83	87.17
No.200	18.36	21.29	78.71



5.- CLASIFICACION.-	
GRAVA	3
ARENA	18
FINOS	79

LL =	40.0
LP =	25.0
IP =	15.0
w% =	22.2

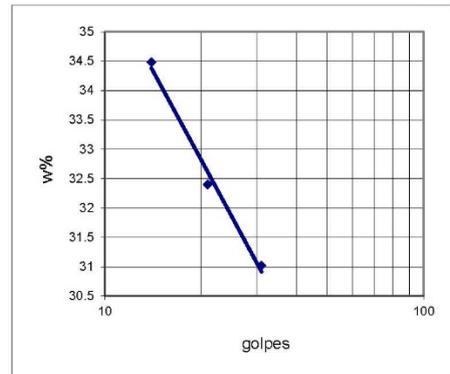
SUCS :	CL
AASHTO:	A-6
IG(86):	12
IG(45):	10

**ENSAYO DE POZO No AP-8 (3.00-3.50)****PMV** CONSULTING CIA. LTDA.  
PRIMANVAL**ENSAYOS DE CLASIFICACION**

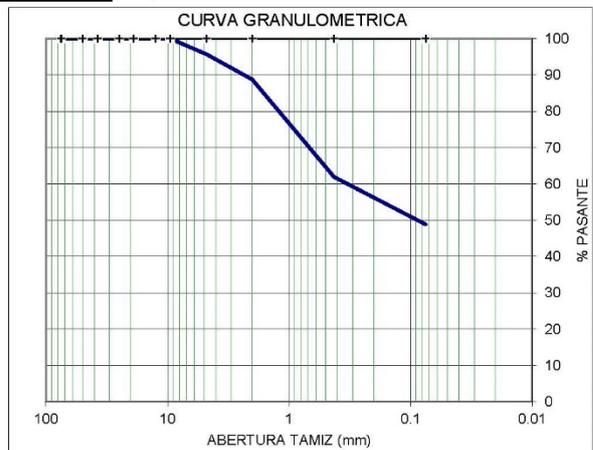
NORMA ASTM D 2487 - 06

PROYECTO: AEROPUERTO CUENCA	POZO No. AP-8	COORDENADAS N 9680666 E 724378
SECTOR: PISTA DELTA		MUESTRA: 3
FECHA : nov-2018	REALIZO: G. SANTILLAN	PROF.(m) 3.00-3.50

No. DE GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO DE CAPS	w %
<b>1.- CONT. DE AGUA</b>				
	52.23	46.22	18.94	22.03
	51.00	44.87	17.65	22.52
			w% =	22.28
<b>2.- LIMITE LIQUIDO</b>				
31	35.12	30.65	16.24	31.02
21	36.10	31.24	16.24	32.40
14	35.00	30.20	16.28	34.48
			LL =	31.85
<b>3.- LIMITE PLASTICO</b>				
	14.36	12.87	6.42	23.10
	14.65	13.08	6.27	23.05
	15.36	13.62	6.27	23.67
			LP =	23.28



TAMIZ	PESO RET.	% RET	% PASA
<b>4.- GRANULOMETRIA</b>			
PESO INIC. 101.3 (H/S) H		PESO INICIAL DE CALCULO: 82.8	
3"		0.00	100.00
2"		0.00	100.00
1.5"		0.00	100.00
1"		0.00	100.00
3/4"		0.00	100.00
1/2"		0.00	100.00
3/8"	0.00	0.00	100.00
No. 4	3.62	4.37	95.63
No. 10	9.38	11.33	88.67
No. 40	31.54	38.09	61.91
No.200	42.40	51.20	48.80



5.- CLASIFICACION.-	
GRAVA	4
ARENA	47
FINOS	49

LL =	32.0
LP =	23.0
IP =	9.0
w% =	22.3

SUCS :	SC
AASHTO:	A-4
IG(86):	2
IG(45):	3

**ENSAYO DE POZO No AP-9 (2.00-2.50)**

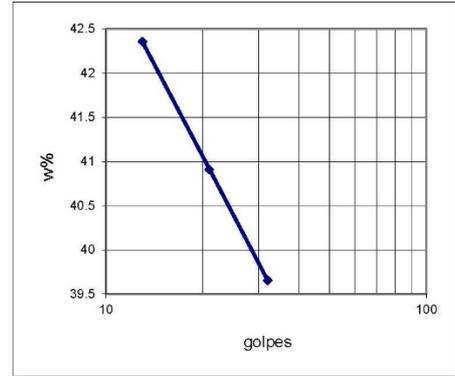


**ENSAYOS DE CLASIFICACION**

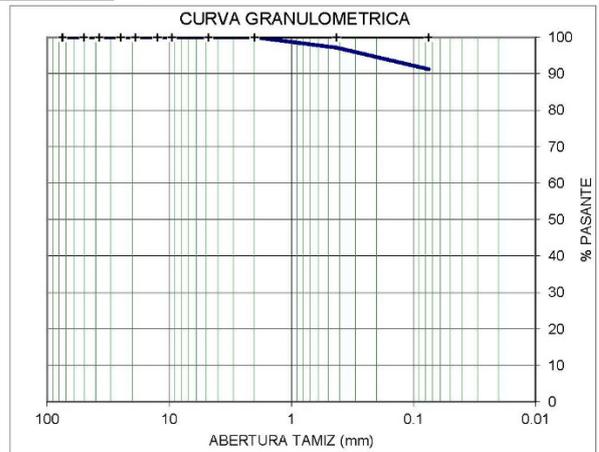
NORMA ASTM D 2487 - 06

PROYECTO: AEROPUERTO CUENCA	POZO No. AP-9	COORDENADAS N 9680588 E 724239
SECTOR: PISTA DELTA		MUESTRA: 2
FECHA : nov-2018	REALIZO: G. SANTILLAN	PROF.(m) 2.00-2.50

No. DE GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO DE CAPS	w %
<b>1.- CONT. DE AGUA</b>				
	53.40	44.70	18.80	33.59
	54.20	45.12	17.98	33.46
			w% =	33.52
<b>2.- LIMITE LIQUIDO</b>				
32	33.80	28.97	16.79	39.66
21	34.72	29.32	16.12	40.91
13	35.10	29.20	15.27	42.35
			LL =	40.39
<b>3.- LIMITE PLASTICO</b>				
	14.39	13.42	8.58	20.04
	13.94	13.08	8.96	20.87
	11.15	10.43	6.89	20.34
			LP =	20.42



4.- GRANULOMETRIA			
PESO INIC.	101.1	(H/S)	H
PESO INICIAL DE CALCULO:		75.7	
TAMIZ	PESO RET.	% RET	% PASA
3"		0.00	100.00
2"		0.00	100.00
1.5"		0.00	100.00
1"		0.00	100.00
3/4"		0.00	100.00
1/2"		0.00	100.00
3/8"		0.00	100.00
No. 4		0.00	100.00
No. 10	0.00	0.00	100.00
No. 40	2.16	2.85	97.15
No.200	6.64	8.77	91.23



5.- CLASIFICACION.-	
GRAVA	0
ARENA	9
FINOS	91

LL =	40.0
LP =	20.0
IP =	20.0
w% =	33.5

SUCS :	CL
AASHTO:	A-6
IG(86):	19
IG(45):	12

**ENSAYO DE POZO No AP-10 (1.00-1.50)**

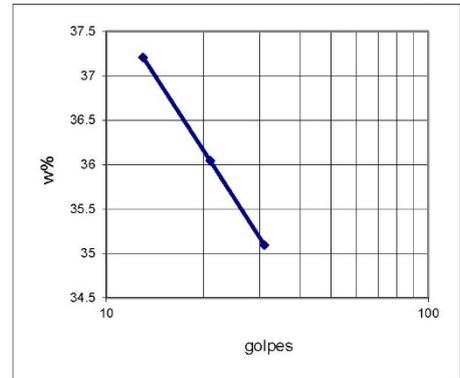


**ENSAYOS DE CLASIFICACION**

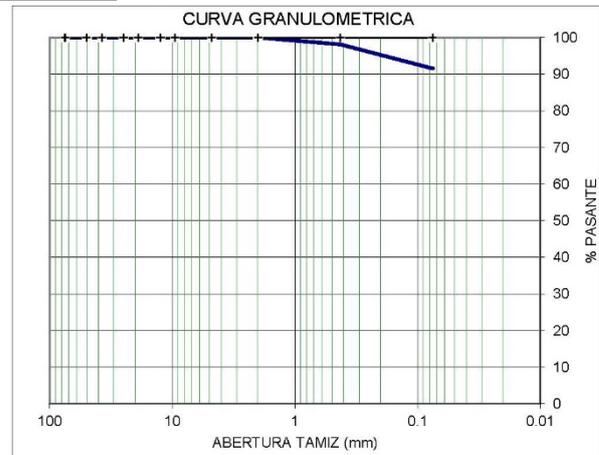
NORMA ASTM D 2487 - 06

PROYECTO: AEROPUERTO CUENCA	POZO No. AP-10	COORDENADAS N 9680442 E 723905
SECTOR: PISTA DELTA		MUESTRA: 1
FECHA : nov-2018	REALIZO: G. SANTILLAN	PROF.(m) 1,00-1,50

No. DE GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO DE CAPS	w %
<b>1.- CONT. DE AGUA</b>				
	56.10	48.27	17.62	25.55
	57.24	49.20	18.24	25.97
			w% =	25.76
<b>2.- LIMITE LIQUIDO</b>				
31	36.45	31.20	16.24	35.09
21	35.80	30.52	15.87	36.04
13	37.25	31.52	16.12	37.21
			LL =	35.62
<b>3.- LIMITE PLASTICO</b>				
	14.85	13.25	6.52	23.77
	15.92	14.08	6.32	23.71
	15.90	14.10	6.37	23.29
			LP =	23.59



4.- GRANULOMETRIA			
TAMIZ	PESO RET.	% RET	% PASA
3"		0.00	100.00
2"		0.00	100.00
1.5"		0.00	100.00
1"		0.00	100.00
3/4"		0.00	100.00
1/2"		0.00	100.00
3/8"		0.00	100.00
No. 4		0.00	100.00
No. 10	0.00	0.00	100.00
No. 40	1.52	1.87	98.13
No.200	6.89	8.46	91.54



5.- CLASIFICACION.-	
GRAVA	0
ARENA	8
FINOS	92

LL =	36.0
LP =	24.0
IP =	12.0
w% =	25.8

SUCS :	CL
AASHTO:	A-6
IG(86):	12
IG(45):	9

**ENSAYO DE POZO No AP-10 (3.00-3.50)**

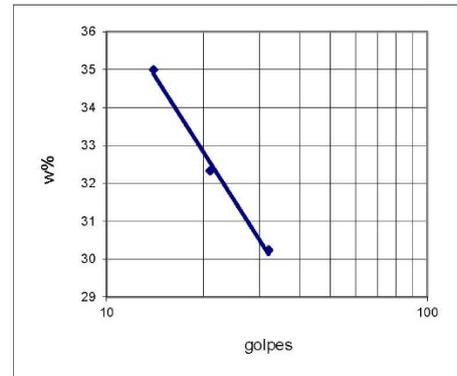


**ENSAYOS DE CLASIFICACION**

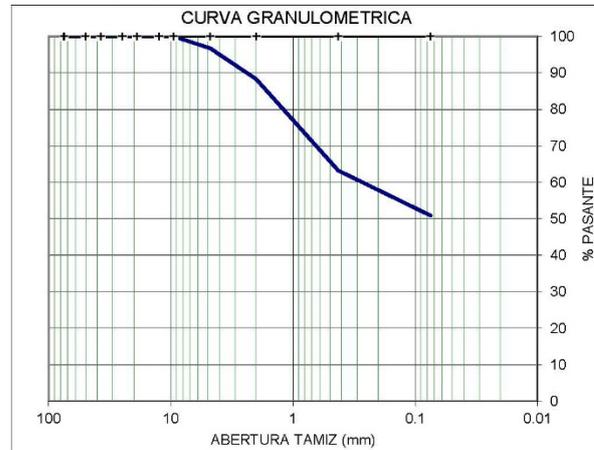
NORMA ASTM D2487 - 06

PROYECTO: AEROPUERTO CUENCA	POZO No. AP-10	COORDENADAS N 9680442 E 723905
SECTOR: PISTA DELTA		MUESTRA: 3
FECHA : nov-2018	REALIZO: G. SANTILLAN	PROF.(m) 3,00-3,50

No. DE GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO DE CAPS	w %
<b>1.- CONT. DE AGUA</b>				
	56.85	49.30	18.24	24.31
	55.86	48.20	17.32	24.81
			w% =	24.56
<b>2.- LIMITE LIQUIDO</b>				
32	37.52	32.57	16.20	30.24
21	36.20	31.26	15.98	32.33
14	37.62	32.08	16.25	35.00
			LL =	31.55
<b>3.- LIMITE PLASTICO</b>				
	14.65	12.98	6.42	25.46
	13.78	12.36	6.68	25.00
	15.00	13.27	6.45	25.37
			LP =	25.27



4.- GRANULOMETRIA			
PESO INIC.	102.4	(H/S)	H
PESO INICIAL DE CALCULO:			82.2
TAMIZ	PESO RET.	% RET	% PASA
3"		0.00	100.00
2"		0.00	100.00
1.5"		0.00	100.00
1"		0.00	100.00
3/4"		0.00	100.00
1/2"		0.00	100.00
3/8"	0.00	0.00	100.00
No. 4	2.68	3.26	96.74
No. 10	9.62	11.71	88.29
No. 40	30.25	36.81	63.19
No.200	40.36	49.11	50.89



5.- CLASIFICACION.-	
GRAVA	3
ARENA	46
FINOS	51

LL =	32.0
LP =	25.0
IP =	7.0
w% =	24.6

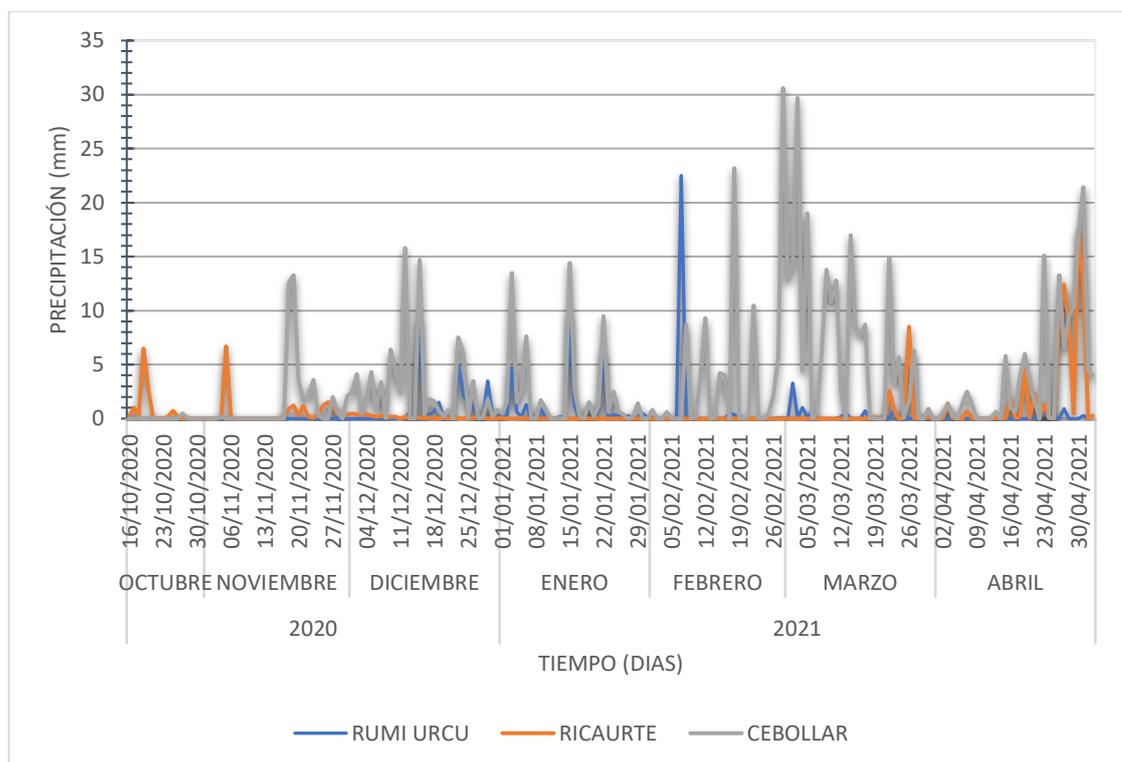
SUCS :	ML
AASHTO:	A-4
IG(86):	1
IG(45):	3

## ANEXO 7: Precipitación media

### PROCESO DE OBTENCIÓN:

#### Comparación de precipitaciones:

Se realizó una comparación del registro de precipitaciones de las estaciones estudiadas obteniendo la siguiente gráfica, para la obtención de una relación para la precipitación a comprar con los niveles piezométricos, se procedió a evaluar distintas metodológicas considerando la extensión de área de estudio, siendo las más adecuadas: Precipitación media método aritmético, distancias inversas y corrección de datos mediante la curva de doble masa.

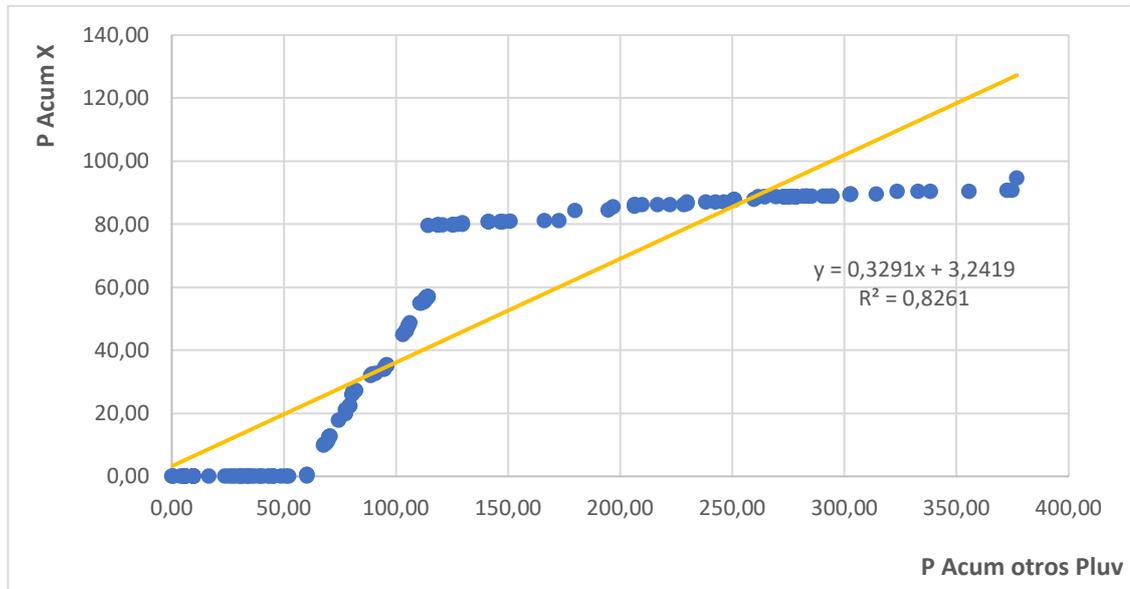


*Ilustración: Precipitación (mm)*

### METODO CURVA DE DOBLE MASA:

La curva de doble masa, correlaciona el valor acumulado del promedio del registro de precipitaciones a comparar con el valor acumulado del registro de precipitaciones estudiado. Se evalúa la tendencia de datos, calculando un factor de corrección para los datos atípicos o que se encuentran dispersos, el método también proporciona la información para considerar el registro de una estación y complementar a la estación

escogida si existieran datos faltantes. En el estudio realizado se obtuvo la siguiente grafica comparando, los datos de la estación Totoracocha con el promedio de las estaciones de Ricaurte y el Cebollar:



*Ilustración: Curva de doble masa.*

La relación presenta variaciones considerables, por lo que se descartó el uso del método.

#### METODO DE DISTANCIAS INVERSAS:

Se debe diseñar un polígono entre las estaciones consideradas y se ubica el centroide del polígono diseñado. El método se enfoca en relacionar la distancia entre las estaciones y el centroide.

$$P_m = \frac{\sum_{i=1}^n \left( \frac{P_i}{d_i^2} \right)}{\sum_{i=1}^n \left( \frac{1}{d_i^2} \right)}$$

Ecuación: Método de distancias inversas

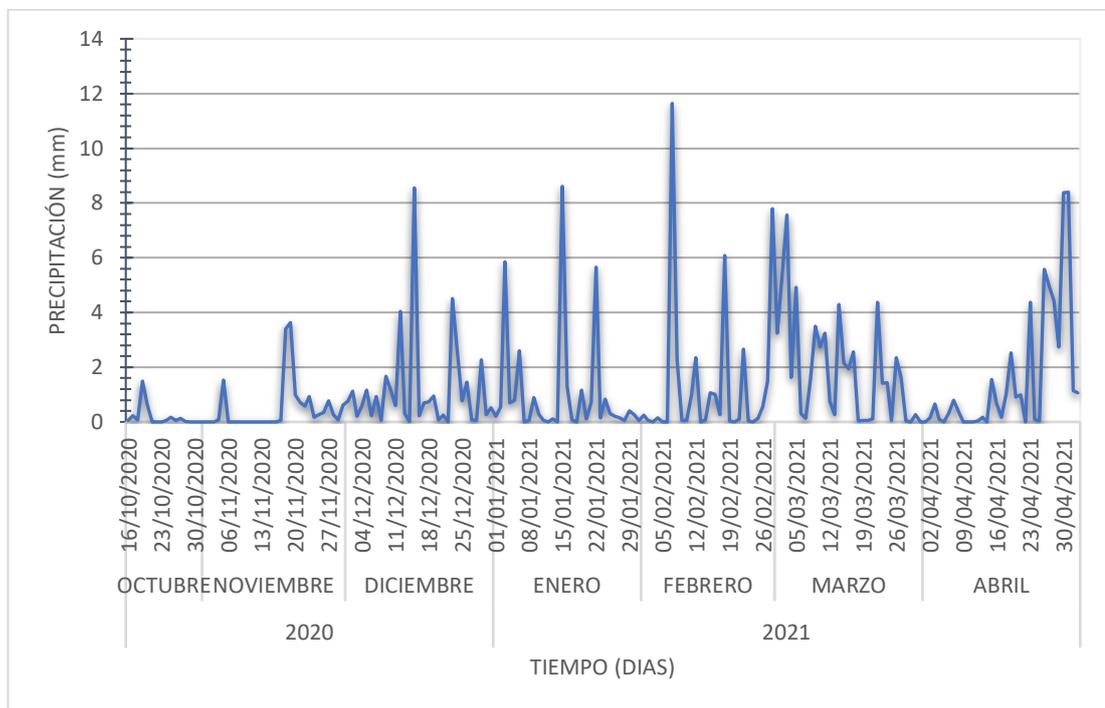
Donde:

$P_i$  = precipitación (mm)

$d_i$  = distancia al punto medio

distancia	P-T	P-R	P-C
	2329,595 m	3496,744 m	3331,697 m

Se realizó la comparación, sin embargo los resultados no se asemejaban a los registros obtenidos en los días de levantamiento de datos. Se registró variaciones en el día 7 de febrero de 2021 que fue el dato de mayor dispersión en la estación de Totoracocho. Se obtuvo la siguiente gráfica:



*Ilustración: Precipitación método de distancias inversas. (mm)*

### **PRECIPITACIÓN MEDIA: METODO ARITMETICO:**

Al culminar el análisis se evaluó el método aritmético, que es el promedio de las estaciones relacionadas. Al relacionar las 3 estaciones; el método considero los valores de cada una. Este promedio se ajustó a cada uno de los registros llevados. Se realizó el método obteniendo los siguientes datos:

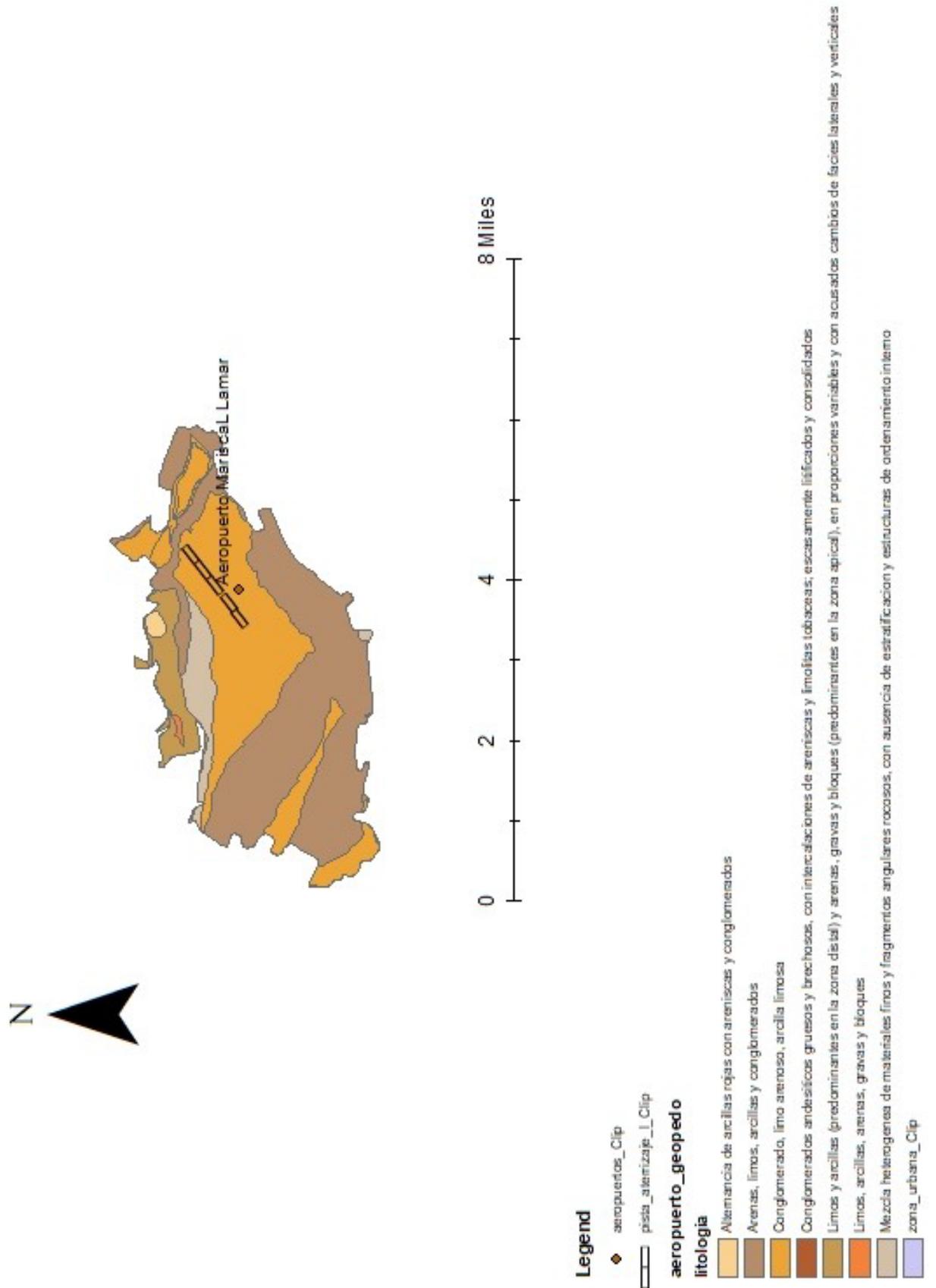
## PRECIPITACIÓN MEDIA

DD-MM-AA	PRECIPIT. (mm)	DD-MM-AA	PRECIPIT. (mm)	DD-MM-AA	PRECIPIT. (mm)	DD-MM-AA	PRECIPIT. (mm)
16-oct.-20	0,2	1-nov.-20	0,0	1-dic.-20	2,5	1-ene.-21	0,2
17-oct.-20	1,0	2-nov.-20	0,0	2-dic.-20	4,1	2-ene.-21	0,6
18-oct.-20	0,1	3-nov.-20	0,0	3-dic.-20	0,3	3-ene.-21	6,1
19-oct.-20	6,5	4-nov.-20	0,1	4-dic.-20	0,8	4-ene.-21	0,7
20-oct.-20	2,7	5-nov.-20	2,2	5-dic.-20	1,5	5-ene.-21	1,0
21-oct.-20	0,0	6-nov.-20	0,0	6-dic.-20	0,3	6-ene.-21	3,0
22-oct.-20	0,0	7-nov.-20	0,0	7-dic.-20	1,2	7-ene.-21	0,0
23-oct.-20	0,0	8-nov.-20	0,0	8-dic.-20	0,1	8-ene.-21	0,0
24-oct.-20	0,2	9-nov.-20	0,0	9-dic.-20	2,2	9-ene.-21	0,9
25-oct.-20	0,7	10-nov.-20	0,0	10-dic.-20	1,5	10-ene.-21	0,3
26-oct.-20	0,2	11-nov.-20	0,0	11-dic.-20	0,8	11-ene.-21	0,0
27-oct.-20	0,5	12-nov.-20	0,0	12-dic.-20	5,3	12-ene.-21	0,0
28-oct.-20	0,0	13-nov.-20	0,0	13-dic.-20	0,2	13-ene.-21	0,1
29-oct.-20	0,0	14-nov.-20	0,0	14-dic.-20	0,0	14-ene.-21	0,0
30-oct.-20	0,0	15-nov.-20	0,0	15-dic.-20	8,0	15-ene.-21	8,0
31-oct.-20	0,0	16-nov.-20	0,0	16-dic.-20	0,2	16-ene.-21	1,3
		17-nov.-20	0,0	17-dic.-20	0,8	17-ene.-21	0,1
		18-nov.-20	4,5	18-dic.-20	0,8	18-ene.-21	0,0
		19-nov.-20	4,8	19-dic.-20	0,7	19-ene.-21	1,0
		20-nov.-20	1,3	20-dic.-20	0,0	20-ene.-21	0,1
		21-nov.-20	1,0	21-dic.-20	0,0	21-ene.-21	0,7
		22-nov.-20	0,8	22-dic.-20	0,0	22-ene.-21	5,3
		23-nov.-20	1,2	23-dic.-20	4,2	23-ene.-21	0,2
		24-nov.-20	0,2	24-dic.-20	2,7	24-ene.-21	1,0
		25-nov.-20	0,4	25-dic.-20	0,5	25-ene.-21	0,3
		26-nov.-20	0,5	26-dic.-20	1,5	26-ene.-21	0,2
		27-nov.-20	1,1	27-dic.-20	0,1	27-ene.-21	0,1
		28-nov.-20	0,4	28-dic.-20	0,1	28-ene.-21	0,1
		29-nov.-20	0,1	29-dic.-20	1,8	29-ene.-21	0,5
		30-nov.-20	0,8	30-dic.-20	0,2	30-ene.-21	0,2
				31-dic.-20	0,5	31-ene.-21	0,0
PROMEDIO MENSUAL	0,758	PROMEDIO MENSUAL	0,648	PROMEDIO MENSUAL	1,387	PROMEDIO MENSUAL	1,027

## PRECIPITACIÓN MEDIA

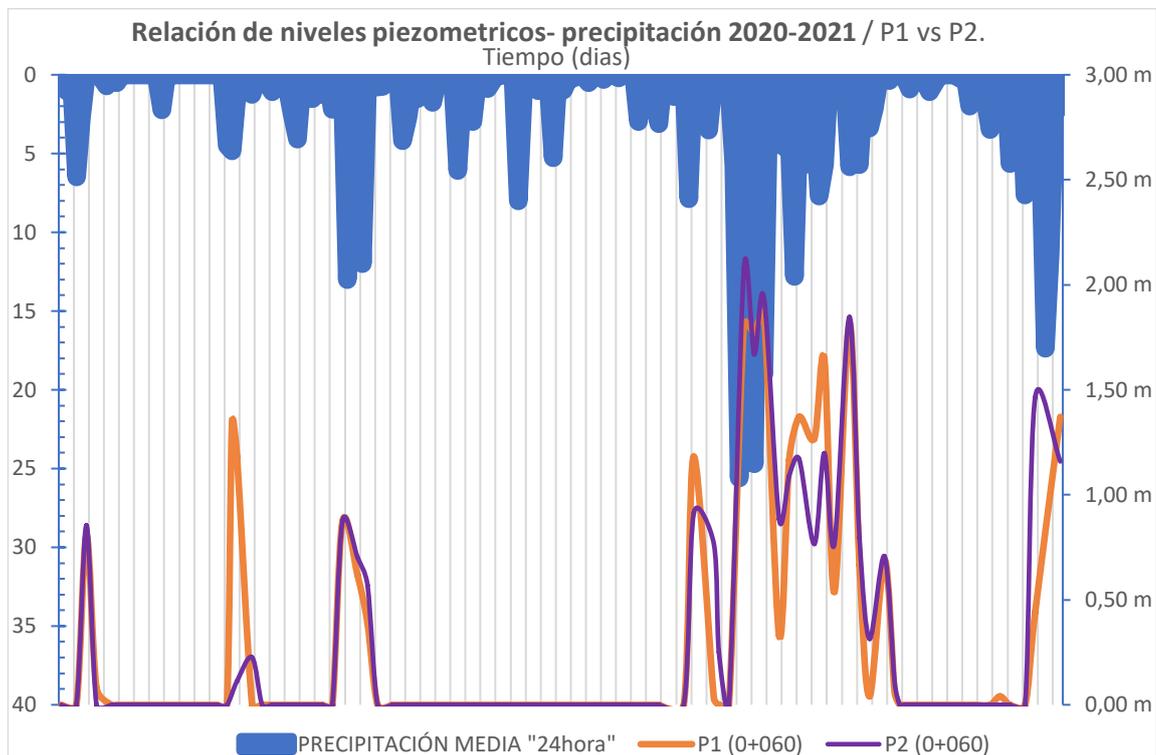
DD-MM-AA	PRECIPIT. (mm)	DD-MM-AA	PRECIPIT. (mm)	DD-MM-AA	PRECIPIT. (mm)	DD-MM-AA	PRECIPIT. (mm)
1-feb.-21	0,3	1-mar.-21	12,8	1-abr.-21	0,0	1-may.-21	11,3
2-feb.-21	0,0	2-mar.-21	14,4	2-abr.-21	0,2	2-may.-21	1,5
3-feb.-21	0,0	3-mar.-21	24,7	3-abr.-21	0,9	3-may.-21	2,1
4-feb.-21	0,2	4-mar.-21	4,4	4-abr.-21	0,1		
5-feb.-21	0,0	5-mar.-21	19,0	5-abr.-21	0,0		
6-feb.-21	0,0	6-mar.-21	0,2	6-abr.-21	0,4		
7-feb.-21	0,0	7-mar.-21	0,2	7-abr.-21	1,1		
8-feb.-21	3,0	8-mar.-21	2,1	8-abr.-21	0,5		
9-feb.-21	0,0	9-mar.-21	4,6	9-abr.-21	0,0		
10-feb.-21	0,1	10-mar.-21	3,6	10-abr.-21	0,0		
11-feb.-21	1,3	11-mar.-21	12,8	11-abr.-21	0,0		
12-feb.-21	3,1	12-mar.-21	2,6	12-abr.-21	0,0		
13-feb.-21	0,0	13-mar.-21	0,2	13-abr.-21	0,2		
14-feb.-21	0,1	14-mar.-21	5,7	14-abr.-21	0,0		
15-feb.-21	1,4	15-mar.-21	2,8	15-abr.-21	2,0		
16-feb.-21	1,3	16-mar.-21	7,7	16-abr.-21	0,9		
17-feb.-21	0,5	17-mar.-21	5,7	17-abr.-21	0,2		
18-feb.-21	7,9	18-mar.-21	0,0	18-abr.-21	1,4		
19-feb.-21	0,1	19-mar.-21	0,1	19-abr.-21	3,5		
20-feb.-21	0,0	20-mar.-21	0,0	20-abr.-21	1,2		
21-feb.-21	0,0	21-mar.-21	0,1	21-abr.-21	1,3		
22-feb.-21	3,5	22-mar.-21	5,8	22-abr.-21	0,0		
23-feb.-21	0,0	23-mar.-21	3,2	23-abr.-21	5,6		
24-feb.-21	0,0	24-mar.-21	5,7	24-abr.-21	0,1		
25-feb.-21	0,2	25-mar.-21	0,1	25-abr.-21	0,0		
26-feb.-21	0,7	26-mar.-21	3,4	26-abr.-21	7,6		
27-feb.-21	5,7	27-mar.-21	2,1	27-abr.-21	6,6		
28-feb.-21	25,6	28-mar.-21	0,0	28-abr.-21	6,1		
		29-mar.-21	0,0	29-abr.-21	3,6		
		30-mar.-21	0,4	30-abr.-21	17,4		
		31-mar.-21	0,0				
PROMEDIO MENSUAL	1,96	PROMEDIO MENSUAL	4,65	PROMEDIO MENSUAL	2,04	PROMEDIO MENSUAL	4,98

## ANEXO 8: Litología Azuay

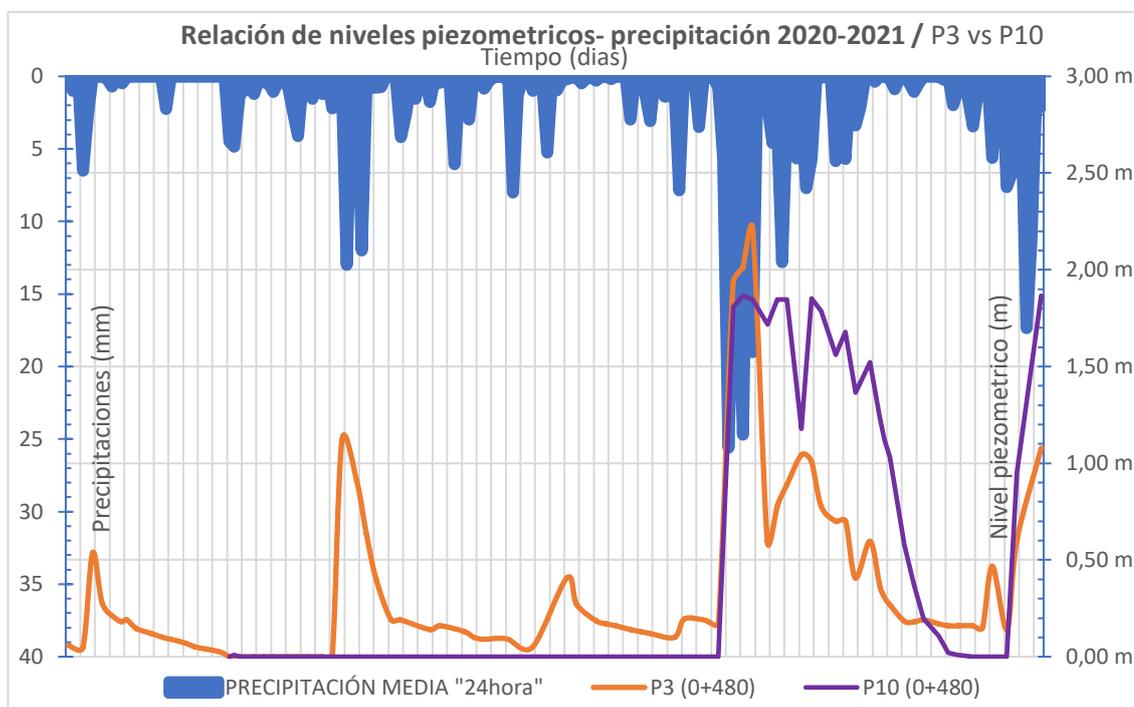


## ANEXO 9: Comparación precipitación-niveles piezométricos de piezómetros paralelos.

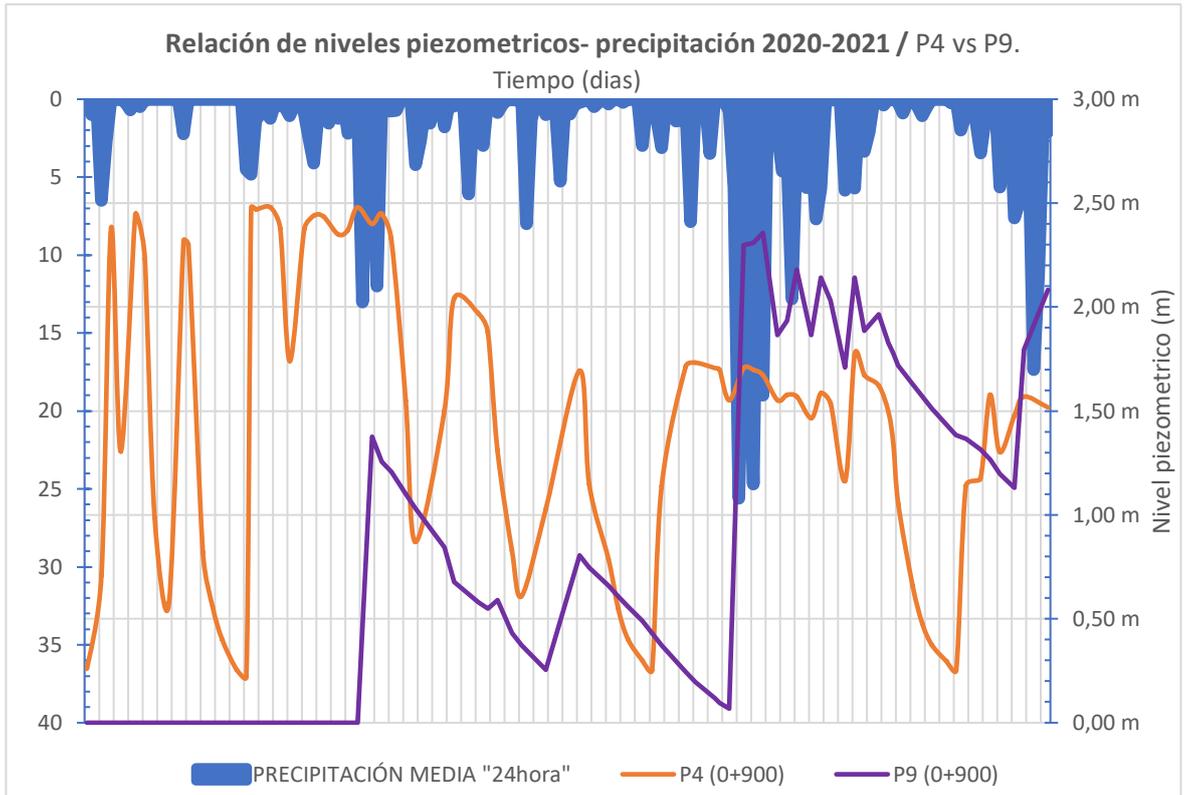
### - Piezómetro P1(0+060 izq.) vs P2(0+060 dere.)



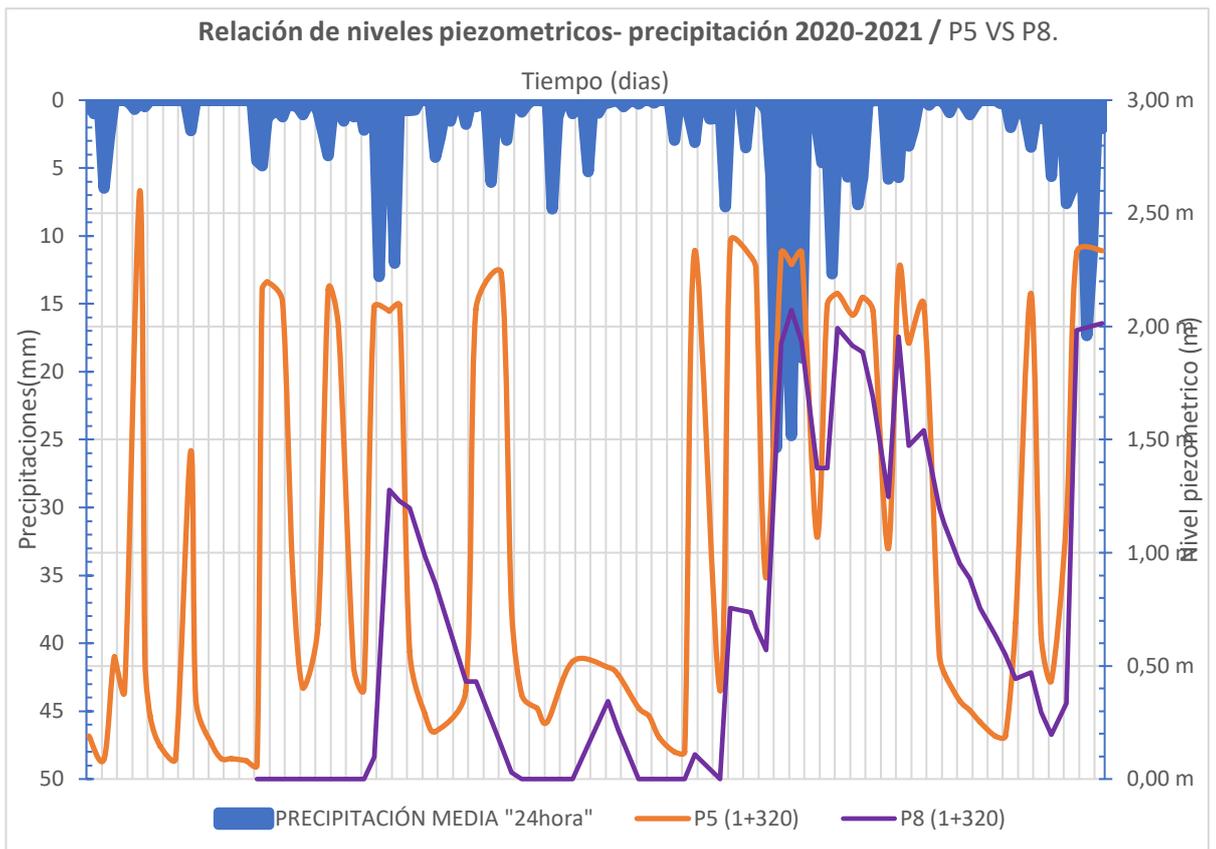
### - Piezómetro P3(0+480)dere. vs P10(0+480)izq.



- **Piezómetro P4(0+900)dere. vs P9(0+900)izq.**



- **Piezómetro P5(1+320)dere. vs P8(1+320)izq.**

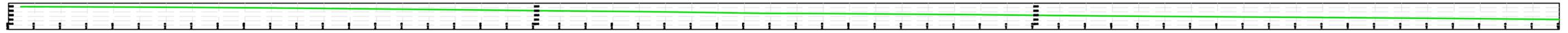


**ANEXO 10: Tabla de Perfil Longitudinal Método Geométrico**

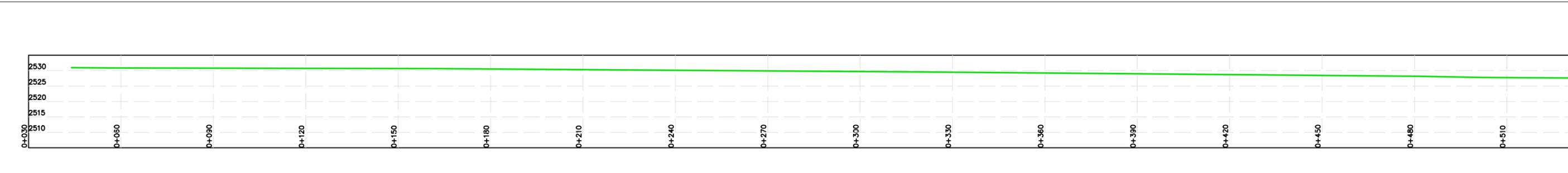
vista atrás	vista intermedia	vista adelante	H+I	Z	DISTANCIAS C/ESTACION
				2.516,45	1.800,00
1,73		1,35	2.518,18	2.516,83	1.758,00
1,72		0,96	2518,55	2517,59	1674,8
1,783		1,145	2519,373	2518,228	1598,7
1,685		1,128	2519,913	2518,785	1519,4
1,71		1,16	2520,495	2519,335	1432,5
1,68		1,06	2521,015	2519,955	1356
1,623		1,02	2521,578	2520,558	1278,9
1,65		0,98	2522,208	2521,228	1199,3
1,52		0,82	2522,748	2521,928	1123,3
1,497		0,85	2523,425	2522,575	1041,9
1,49		0,9	2524,065	2523,165	963,8
1,655	1,409	0,44	2524,82	2523,411	901,6
				2524,38	881,7
1,355		0,68	2525,735	2525,055	779,2
1,765		1,01	2526,82	2525,81	702,5
1,828		0,972	2527,638	2526,666	624,2
1,76		0,87	2528,426	2527,556	542,9
1,675	1,409	1,03	2529,231	2527,822	502,4
				2528,201	481,9
1,805		1,13	2530,006	2528,876	402,9
1,687		0,995	2530,563	2529,568	320,5
1,72		1,142	2531,288	2530,146	239,6
1,669		1,148	2531,815	2530,667	163,4
	0,91			2530,905	56,4
	0,82			2530,995	43,9
<b>Fuente: Elaboración propia</b>					

# PLANOS

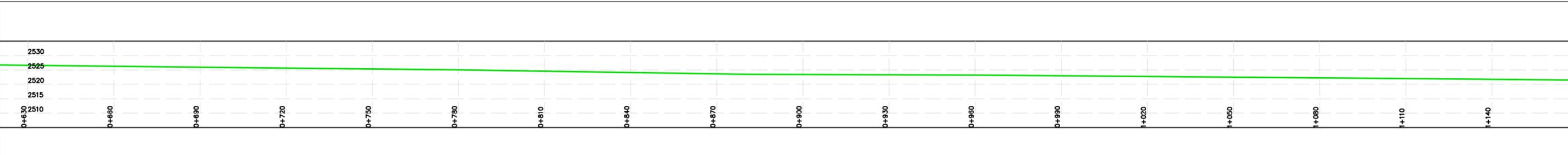
PERFIL LONGITUDINAL DEL LADO IZQUIERO DE LA PISTA DEL AEROPUERTO MARISCAL LA MAR  
MÉTODO GEOMÉTRICO DE 0+030 a 1+800



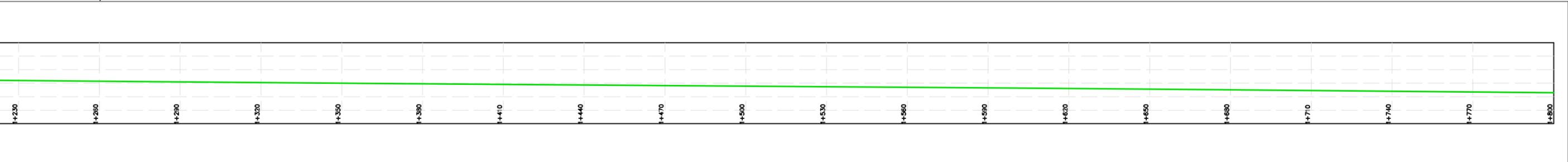
CORTE 1 / 3: Cota 0+060 a 0+600



CORTE 2 / 3: Cota 0+630 a 1+200



CORTE 3 / 3: Cota 1+230 a 1+800



PERFIL LONGITUDINAL DEL LADO IZQUIERDO DE LA PISTA DEL AEROPUERTO MARISCAL LA MAR DE CUENCA – MÉTODO GEOMÉTRICO  
Elevaciones en cada estación, en relación a la distancia

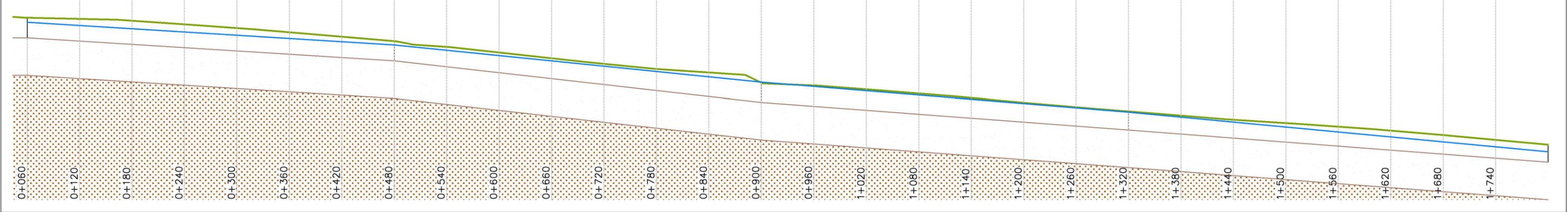
UNIVERSIDAD DEL AZUAY  
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Escala: 1:500

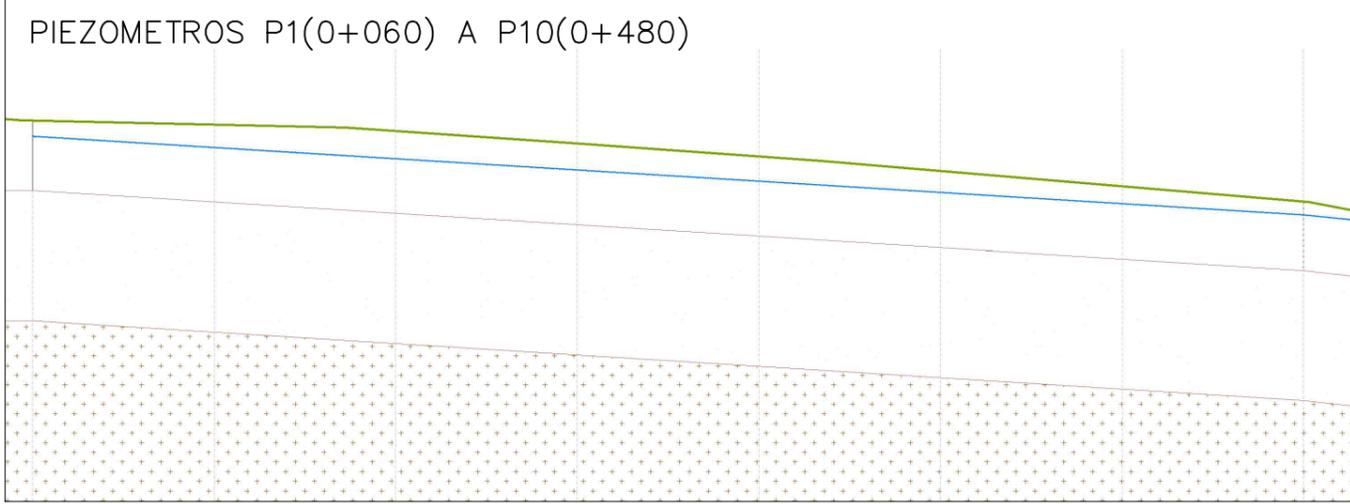
Lamina n:  
1 / 1

Elaborado por:  
Karla Denisse Campoverde Chicaiza  
Tito Jose Vanegas Vasconez

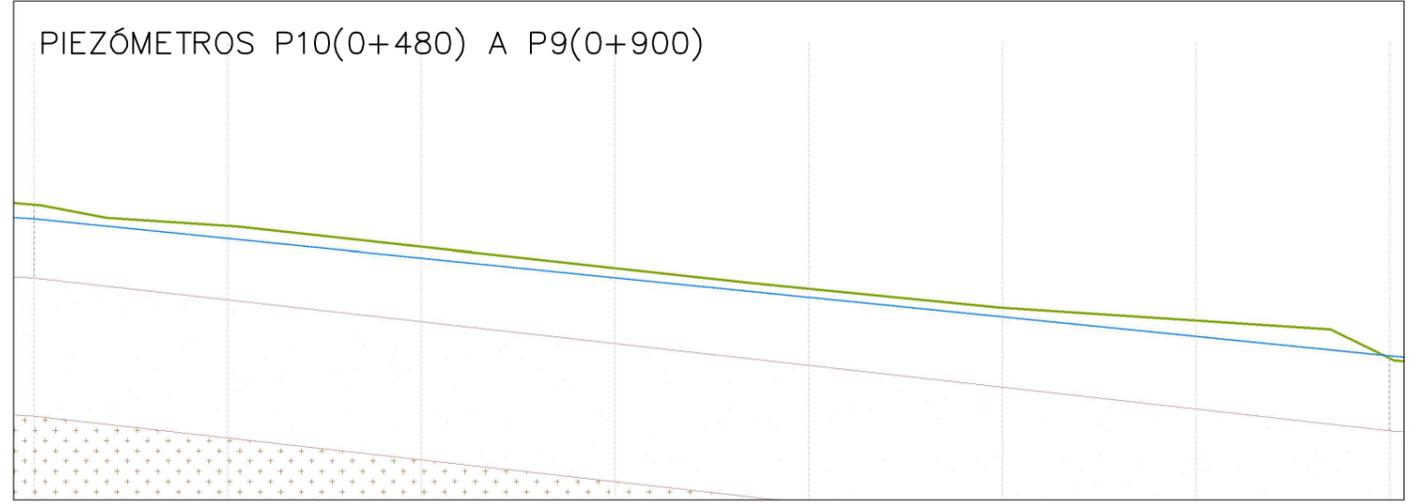
ESCALA LONGITUDINAL 1:10 ESCALA VERTICAL 1:100



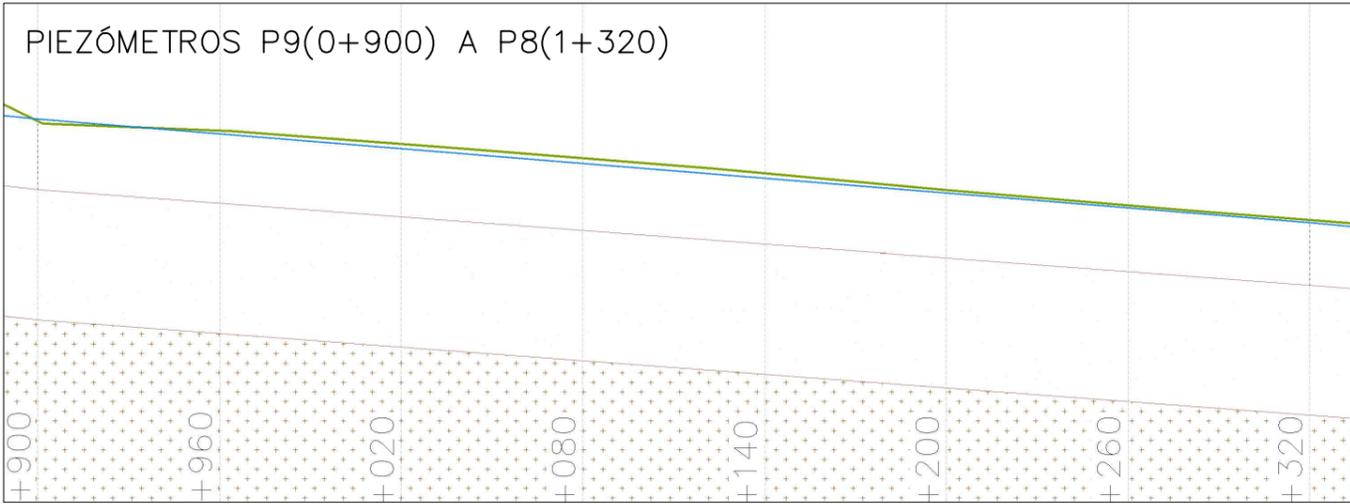
PIEZOMETROS P1(0+060) A P10(0+480)



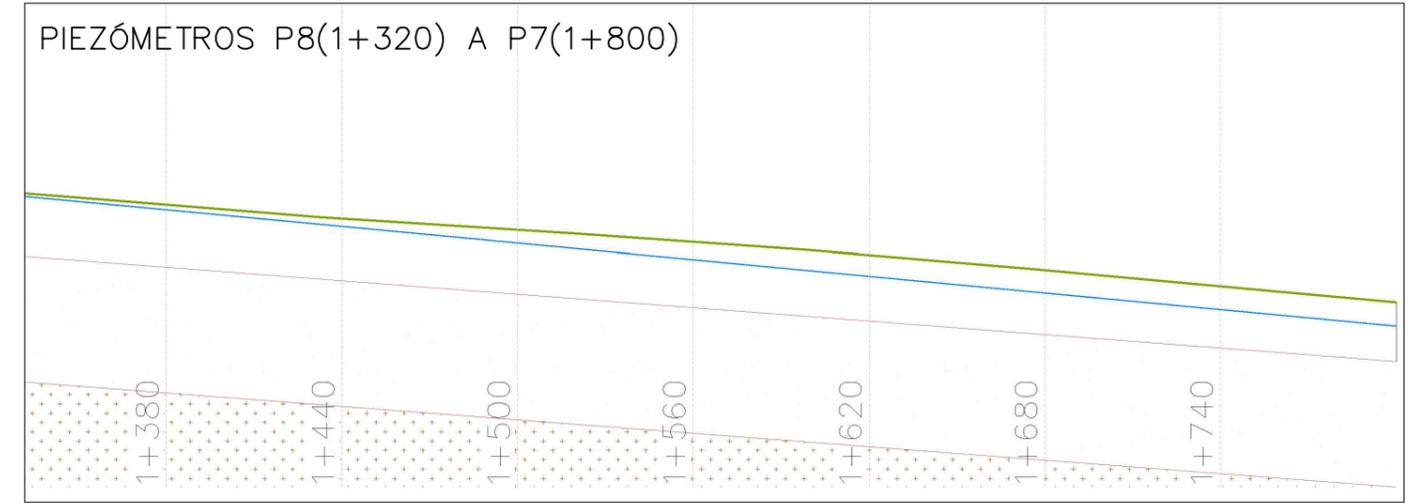
PIEZÓMETROS P10(0+480) A P9(0+900)



PIEZÓMETROS P9(0+900) A P8(1+320)



PIEZÓMETROS P8(1+320) A P7(1+800)



LEYENDA	
	SUELO
	NIVEL PIEZOMETRICO

PERFIL LONGITUDINAL DEL AEROPUERTO MARISCAL LA MAR DE CUENCA		
UNIVERSIDAD DEL AZUAY		
Realizado por:	Fecha: 1 de junio de 2021	
Karla Denisse Campoverde Chicaiza	 UNIVERSIDAD DEL AZUAY	
Tito José Vanegas Vásquez		
ESCALA: 1:500		