



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

**“PREDISEÑO DE UNA PRESA MULTIPROPÓSITO EN LA COMUNA
FEBRES CORDERO, PARROQUIA COLONCHE, CANTÓN SANTA ELENA,
PROVINCIA DE SANTA ELENA”**

PROYECTO DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO CIVIL

Presentado por:

HÉCTOR ABEL DÁVILA GUAMÁN

MARCOS FRANCISCO RIVERA ESPINOZA

GUAYAQUIL-ECUADOR
2018

DEDICATORIA

Al ser que ilumina siempre mi camino, ese Dios grande, poderoso y misericordioso. A mi madre y a mi padre, que son parte de este triunfo, por ustedes hago realidad este sueño.

A mis hermanos y abuelita Mercedes por confiar siempre en mí y darme su apoyo cuando lo necesité. A mi enamorada, Angie, quien fue aquella persona que supo alentarme cuando estuve mal académicamente. A todos los profesores que van más allá que impartir clases en las aulas, hicieron que logre llegar al final de esta carrera.

Héctor Abel Dávila Guamán

DEDICATORIA

A Dios, porque gracias a él he llegado hasta el punto donde me encuentro. A mi abuelito por haber sido mi gran inspiración en esta carrera, sé que estaría orgulloso. A mi madre, el motor de mi vida. Mamá esto va por ti. A mis hermanos por acompañarme en este largo camino. A mis padres por su aporte significativo. A mi abuelita, tías y tíos, por estar ahí siempre que necesité un apoyo, en especial a mi tía Wendy con quien compartí gran parte de mi trayectoria académica. A mis amigos, que más que eso, se han convertido en mi familia.

Marcos Francisco Rivera Espinoza

AGRADECIMIENTO

A Dios por la sabiduría que nos brinda día a día, al Dr. Miguel Ángel Chávez quién nos apoyó en todo instante para la realización de este proyecto, al Ing. Federico Torres por todo el tiempo dedicado a responder nuestras consultas, a nuestros amigos y familiares que fueron nuestra motivación para culminar este trabajo.

Héctor Abel Dávila Guamán

Marcos Francisco Rivera Espinoza

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ph.D. Hugo Egüez Álava
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ph.D. Miguel Ángel Chávez Moncayo
DIRECTOR DE MATERIA INTEGRADORA

Ph.D. Miguel Ángel Chávez Moncayo
MIEMBRO EVALUADOR

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma, a la Escuela Superior Politécnica del Litoral”

(Reglamento de Exámenes y Títulos Profesionales de la
ESPOL)

Héctor Abel Dávila Guamán

Marcos Francisco Rivera Espinoza

RESUMEN

A pesar del constante crecimiento poblacional y desarrollo de los pueblos, aún existen comunidades que carecen de un servicio de agua potable. Es el caso de la Comuna Febres Cordero en la parroquia Colonche, provincia de Santa Elena, que desde el año 2009 cuenta con red de abastecimiento de agua potable, la cual fue instalada por la empresa pública AGUAPEN S.A. Desafortunadamente presenta problemas en su funcionamiento, lo que hace que la mayor parte del tiempo no se disponga de este servicio básico. Bajo esta premisa, resulta imperativo efectuar medidas para solucionar este tipo de problemáticas. El presente trabajo consiste en el prediseño de una presa multipropósito, cuyo fin es el de proveer agua potable a la comunidad, además de agua de riego. Se realizó el estudio geotécnico, hidrológico e hidráulico, además del levantamiento topográfico preexistente para la localización del lugar idóneo para la implantación del sitio de presa. Se propone tres tipos diferentes de presas de tierra, donde se selecciona la más factible bajo diversos criterios. Consecuentemente se aplica la misma metodología para el prediseño del aliviadero correspondiente con todos sus componentes.

Palabras claves: *presa, aliviadero, cimacio, agua potable, riego, núcleo impermeable.*

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO	IV
TRIBUNAL DE GRADUACIÓN	V
DECLARACIÓN EXPRESA	VI
RESUMEN.....	VII
ÍNDICE GENERAL	VIII
ABREVIATURAS	XIII
SIMBOLOGÍA	XIV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XVI
ÍNDICE DE TABLAS	XVIII
CAPÍTULO 1	22
GENERALIDADES.....	22
1.1 Introducción	23
1.2 Objetivos.....	24
1.2.1 Objetivo general	24
1.2.2 Objetivos específicos	24
1.3 Justificación	25

1.4 Alcance.....	25
CAPÍTULO 2	27
DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	27
2.1 Ubicación.....	28
2.1.1 División barrial.....	31
2.2 Organización comunitaria	32
2.3 Aspectos Naturales.....	32
2.3.1 Geología e hidrogeología	32
2.3.2 Relieve.....	34
2.3.3 Topografía.....	36
2.3.4 Hidrografía	37
2.3.5 Hidrología.....	37
2.3.6 Clima.....	39
2.4 Situación económica de la zona	43
2.5 Situación de abastecimiento de agua	44
2.6 Situación sanitaria	45
2.7 Índices poblacionales	48
2.7.1 Población actual.....	48
2.7.2 Actividad productiva	48
2.7.3 Educación	49
2.7.4 Escolaridad	49
2.7.5 Salud.....	50

2.7.6	Servicio de energía eléctrica	51
2.7.7	Recolección de basura	51
CAPÍTULO 3	.....	52
CONSIDERACIONES DE DISEÑO	.....	52
3.1	Delimitación de la cuenca de drenaje	53
3.2	Parámetros de la cuenca de drenaje	53
3.2.1	Parámetros generales	53
3.2.2	Parámetros de forma.....	54
3.2.3	Parámetros de relieve	57
3.2.4	Parámetros de la red de drenaje	57
3.3	Geología de la cuenca de drenaje	59
3.3.1	Análisis hidrológico de la cuenca.....	59
CAPÍTULO 4	.....	94
DISEÑO DE LA PRESA	.....	94
4.1	Determinación del eje de presa	95
4.2	Selección del tipo de presa	96
4.2.1	Selección del tipo de presa de tierra	98
4.3	Diseño de la sección típica	100
4.3.1	Alternativas de diseño	100
4.3.2	Análisis de estabilidad.....	106
4.3.3	Análisis de filtraciones.....	108
CAPÍTULO 5	.....	111

DISEÑO DE LA OBRA DE EXCEDENCIA.....	111
5.1 Diseño de la Obra de excedencia	112
5.2 Establecimiento de la cota del vertedor	113
5.3 Ubicación del eje del vertedor.....	113
5.4 Diseño del aliviadero	114
5.4.1 Canal de aproximación.....	114
5.4.2 Estructura de control	115
5.4.3 Canal de descarga (rápida).....	129
5.4.4 Estructura terminal o dissipador de energía	131
5.4.5 Canal revestido y de descarga excavado	135
CAPÍTULO 6	136
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.....	136
6.1 Antecedentes.....	137
6.2 Descripción del medio físico del área de estudio	138
6.3 Procedimientos generales que se deben seguir en la Constitución de la República.....	138
6.4 Descripción general de impactos	139
6.4.1 Recurso suelo	139
6.4.2 Recurso agua	140
6.4.3 Recurso aire.....	140
6.4.4 Factor socioeconómico	141
6.4.5 Flora y fauna	141

6.5	Descripción de las actividades a evaluar	142
6.6	Metodología de evaluación de impacto ambiental.....	142
6.7	Plan de Manejo Ambiental	153
6.7.1	Encargado de la obra	154
6.7.2	Obreros	155
6.7.3	Perímetro de obra	155
6.7.4	Descripción medidas de mitigación	156
CAPITULO 7	.....	160
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	.....	160
CONCLUSIONES	.....	161
RECOMENDACIONES	.....	162
 BIBLIOGRAFIA		
 ANEXOS		

ABREVIATURAS

AGUAPEN	Agua de la Península
ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
FAE	Fuerza Aérea Ecuatoriana
INAMHI	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
M.s.n.m.	Metros sobre el nivel del mar
OM-TZ	Denominación para formación geológica de conglomerados, areniscas y esquistos.
PVC	Policloruro de vinilo
TULAS	Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario
UTM	Sistema de Coordenadas Universal Transversal de Mercator

SIMBOLOGÍA

cm	Centímetro
Dd	Densidad de drenaje
Fr	Número Froude
Ha	Hectárea
Hr	Hora
j	Pendiente media del cauce
K	Coeficiente de uniformidad
Ka	Factor reductor de caudal
Kc	Índice de Gravelius
Kf	Coeficiente de forma
km	Kilómetro
km ²	Kilómetro cuadrado

Lc	Longitud del cauce
m	Metro
m ³	Metro cúbico
min	Minuto
mm	Milímetro
Pd	Precipitación diaria
s	Segundo
T	Período de retorno
Tc	Tiempo de concentración

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Vista Satelital de la Comuna Febres Cordero, Parroquia Colonche, Santa Elena.	29
Figura 2.2 División Política de la Parroquia Colonche, Santa Elena.....	30
Figura 2.3 Límite de barrios que conforman la comuna Febres Cordero.....	31
Figura 2.4 Formaciones geológicas presentes en la zona de estudio	33
Figura 2.5 Relieve de la comuna Febres Cordero. Curvas de nivel cada 5m.	35
Figura 2.6 Tipos de clima en la provincia de Santa Elena.	40
Figura 2.7 Alcantarilla en la carretera para drenaje de aguas lluvias	47
Figura 2.8 Canal de conducción de aguas lluvias hacia alcantarillado.	47
Figura 3.1 Regresión T=2 años.....	72
Figura 3.2 Regresión T = 5 años.....	73
Figura 3.3 Regresión T = 10 años.....	74
Figura 3.4 Regresión T = 25 años.....	75
Figura 3.5 Regresión T = 50 años.....	76
Figura 3.6 Regresión T = 100 años.....	77
Figura 3.7 Regresión T = 500 años.....	78
Figura 3.8 Regresión Potencial.....	80

Figura 3.9 Curvas IDF de la cuenca.....	83
Figura 4.1 Redes de flujo en el cuerpo de la presa.	110
Figura 5.1 Eje de implantación del aliviadero.	113
Figura 5.2 Eje de implantación del aliviadero.	114
Figura 5.3 Eje de implantación del aliviadero.	132

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I. Principales formaciones geológicas presentes en la Parroquia Colonche.	34
Tabla II. Precipitación histórica total mensual (mm). Datos de la estación meteorológica Colonche	38
Tabla III. Resumen de precipitaciones medias mensuales (mm) de la estación Colonche.	39
Tabla IV. Tipos de clima en la provincia de Santa Elena según el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca.....	39
Tabla V. Temperatura media mensual (°C). Datos de la estación meteorológica Colonche.	41
Tabla VI. Resumen de temperatura media mensual (°C) para los últimos 13 años.....	41
Tabla VII. Humedad relativa mensual (%). Datos de la estación meteorológica Colonche.	42
Tabla VIII. Resumen de humedad relativa mensual (%) para los últimos 13 años.....	42
Tabla IX. Parámetros Generales de la Cuenca del Río Gramador.	54
Tabla X. Datos mensuales de precipitación máxima; E. M780 – Colonche. .	61

Tabla XI. Distribución de probabilidades pluviométricas Gumbel.....	64
Tabla XII. Máximas precipitaciones probables.....	65
Tabla XIII. Coeficientes para las relaciones a la lluvia de duración 24 horas.	66
Tabla XIV. Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias.	67
Tabla XV. Intensidades de lluvia a partir de Pd, acorde a tiempo de duración y frecuencia.	68
Tabla XVI. Regresiones I-D-T (T = 2 años).	72
Tabla XVII. Regresiones I-D-T (T = 5 años).	73
Tabla XVIII. Regresiones I-D-T (T = 10 años).	74
Tabla XIX. Regresiones I-D-T (T = 25 años)	75
Tabla XX. Regresiones I-D-T (T = 50 años).	76
Tabla XXI. Regresiones I-D-T (T = 100 años).	77
Tabla XXII. Regresiones I-D-T (T = 500 años).	78
Tabla XXIII. Resumen de aplicación de regresión potencial.	79
Tabla XXIV. Resumen de aplicación de regresión potencial.....	80
Tabla XXV. Resumen de aplicación de regresión potencial.....	82
Tabla XXVI. Parámetros de la Cuenca del Río Gramador.	85
Tabla XXVII. Comparación método racional vs Método racional modificado.	86

Tabla XXVIII. Número de escorrentía para usos de tierra agrícola, suburbana y urbana.	91
Tabla XXIX. Caudal vs Período de retorno.	93
Tabla XXX. Parámetros de diseño para el aliviadero rectangular.	118
Tabla XXXI. Estimaciones del parámetro u.	119
Tabla XXXII. Estimaciones de caudal, dado un paramento w.	119
Tabla XXXIII. Primer tanteo de espesores de paramento para cálculo de caudal.	122
Tabla XXXIV. Segundo tanteo de espesores de paramento para cálculo de caudal.	122
Tabla XXXV. Tercer tanteo de espesores de paramento para cálculo de caudal.	123
Tabla XXXVI. Propiedades del vertedor.	125
Tabla XXXVII. Resultados de los ábacos para el cálculo de diferentes parámetros.	125
Tabla XXXVIII. Puntos aproximados para la creación del cimacio.	126
Tabla XXXIX. Cálculo para dimensiones de la rápida.	131
Tabla XL. Escala de valoración de la extensión.	144
Tabla XLI. Escala de valoración de la duración en años.	144
Tabla XLII. Escala de valoración de reversibilidad.	146
Tabla XLIII. Escala de valoración de probabilidades de ocurrencia.	147
Tabla XLIV. Escala de valoración de los impactos ambientales.	148

Tabla XLV. Matriz de magnitud.	150
Tabla XLVI. Matriz de Valoración de Impacto Ambiental (VIA).	151
Tabla XLVII. Matriz de Significancia de la Valoración de Impacto Ambiental.	152

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES

1.1 Introducción

El agua es un elemento primordial en la vida, se conoce que es el más abundante en el planeta, pero un dato importante es que nada más un pequeño porcentaje del agua a nivel mundial es dulce, la restante es no tratable para consumo (salada). Al ser un recurso tanpreciado es necesario cuidarla y optimizar su uso.

Una forma de aprovechar el agua, es embalsarla, ya que por medio de las intensas precipitaciones que se pueden presentar en la época invernal en nuestro país, resulta factible la ejecución de proyectos de obra civil como presas. Un punto muy importante es que el recurso agua, cumple un rol preponderante en el desarrollo de la sociedad, más aún al tratarse de comunidades rurales, en las que básicamente su motor económico es el agro.

En el país aún existen poblaciones que carecen de este recurso para su consumo, sin embargo debido a las condiciones geográficas de lugares determinados, resulta topográfica y geotécnicamente realizable la construcción de presas de distintos tipos y funciones.

Después de realizar el estudio respectivo acerca de la cuenca de drenaje próxima a la Comuna Febres Cordero, se determinó un lugar idóneo para

la implementación de una presa multipropósito, el fin de la misma es proveer de agua potable a la comunidad y agua de riego para sus actividades agrícolas.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Realizar el prediseño de una presa multipropósito para proveer de agua potable y agua de riego a la Comuna Febres Cordero.

1.2.2 Objetivos específicos

- Estudiar las características topográficas del sitio para encontrar el lugar idóneo para la presa.
- Calcular el caudal de diseño de la cuenca de drenaje.
- Estudiar las características del suelo en la zona para determinar si es apto para el cuerpo de la presa.
- Ejecutar el respectivo análisis de estabilidad para las diferentes condiciones de la presa.
- Realizar el prediseño del aliviadero de la presa.
- Elaborar los planos detallados de la presa y el aliviadero.

1.3 Justificación

Hace ya algunos años, debido a fuertes eventos de precipitación que toman lugar en la época invernal, la comuna Febres Cordero ha sido afectada por inundaciones ya que sus condiciones topográficas propician el escurrimiento de un gran caudal a través de la gran cuenca de drenaje que posee la zona. No es sorpresa además que dicha problemática no se haya solucionado antes, dado que poblaciones de bajos recursos como lo es ésta en muchas ocasiones no son tomadas como prioridad en planes de gobierno.

Otro de los inconvenientes relacionado al recurso agua en la comuna Febres Cordero es la escasez del mismo, ya sea para uso de la población como agua potable, como para promover el desarrollo social y económico en la zona por medio de agua para riego de áreas donde predomina la agricultura.

1.4 Alcance

El presente trabajo tiene como finalidad proponer la solución técnica de una presa, junto con sus respectivas alternativas de prediseño para resolver la problemática presentada. En una instancia las inundaciones en la temporada invernal y también, la escasez de líquido vital en época

de estiaje, lo cual puede ser aprovechado para dotar de agua potable para la comuna y de riego en las zonas agrícolas adyacentes.

Las alternativas del prediseño están enfocadas en el eje de presa, se proponen tres diferentes para ser analizados desde la óptica ingenieril y también la parte económica.

CAPÍTULO 2

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

2.1 Ubicación

La comuna Febres Cordero se encuentra ubicada en la parroquia Colonche, cantón Santa Elena, provincia de Santa Elena, que se encuentra jurídicamente ubicada en la unidad reconocida como Litoral, y geográficamente se encuentra al suroeste del Ecuador. No posee salida al mar, se ubica al pie de la Cordillera Chongón Colonche, y se encuentra hacia el final del eje de centros poblados conformados por Colonche, Bambil Desecho, Bambil Collao, Rio Seco y Febres Cordero. La comuna limita al norte con Cascarilla y Eloy Alfaro, al sur Rio Seco, al este Salanguillo, y al oeste con Loma Alta (Loor, C., Melendres, J., 2016).

La comuna Febres Cordero se encuentra ubicada en el centro norte de la parroquia Colonche, misma que limita al norte con la parroquia Manglaralto, al sur con las parroquias Santa Elena y Julio Moreno, al este con la Provincia del Guayas y al oeste con el Océano Pacífico.

La jurisdicción político administrativa de la parroquia Colonche comprende las comunas Jambelí, Monteverde, Palmar, Ayangue, Manantial de Colonche, Bambil Collao, Bambil Desecho, Rio Seco, Febres Cordero, Loma Alta, Bajadita de Colonche, San Marcos, Manantial de Guangala, Cerezal Bellavista, Salanguillo, Las Balsas, Aguadita y Alicanto (Loor, C., Melendres, J., 2016).

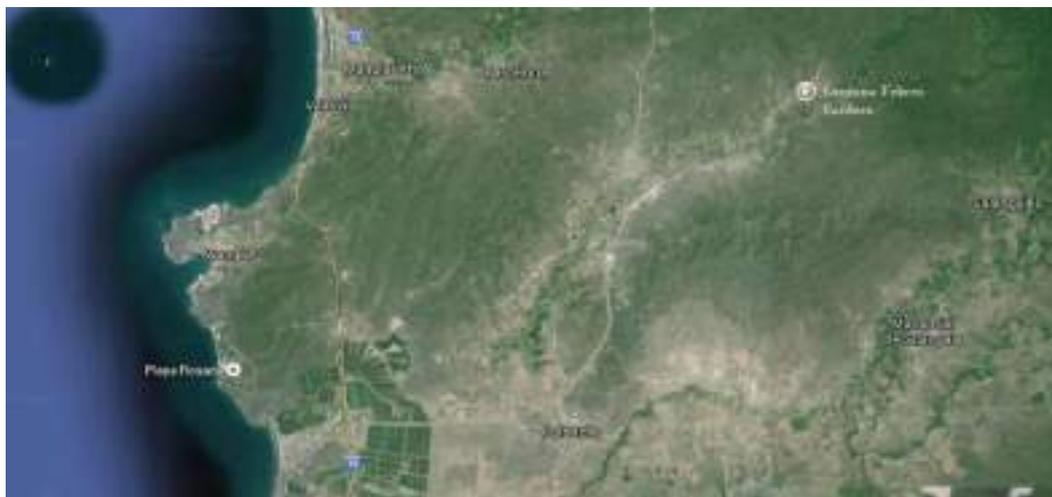


Figura 2.1 Vista Satelital de la Comuna Febres Cordero, Parroquia Colonche, Santa Elena.

Fuente: Google Earth

La parroquia Colonche está localizada al centro y norte de la provincia de Santa Elena y se establece como la parroquia más grande la provincia con una extensión territorial de 1'147,400 ha, lo que significa el 30.45 % de la provincia. (Rivera, 2014). La zona de estudio para este trabajo tiene un área de 38 ha. La misma que incluye zonas comunes como parques, canchas y calles. Las comunas más cercanas son Río Seco y Bambil Desecho. (ESPOL, 2001)

Adicionalmente hay que considerar el área de la cuenca de drenaje, objeto de estudio de este trabajo, la cual representa 1314 ha de terreno, que incluye bosques y alguno cultivos.

2.1.1 División barrial

La Comuna Febres Cordero está conformada por ocho barrios, estos son: 1 de Mayo, 10 de Agosto, 12 de Mayo, 12 de Octubre, 2 Corazones, 2 de Noviembre, 24 de Diciembre y Santa María.

Fuente: Loor, C., Melendres, J., 2016.

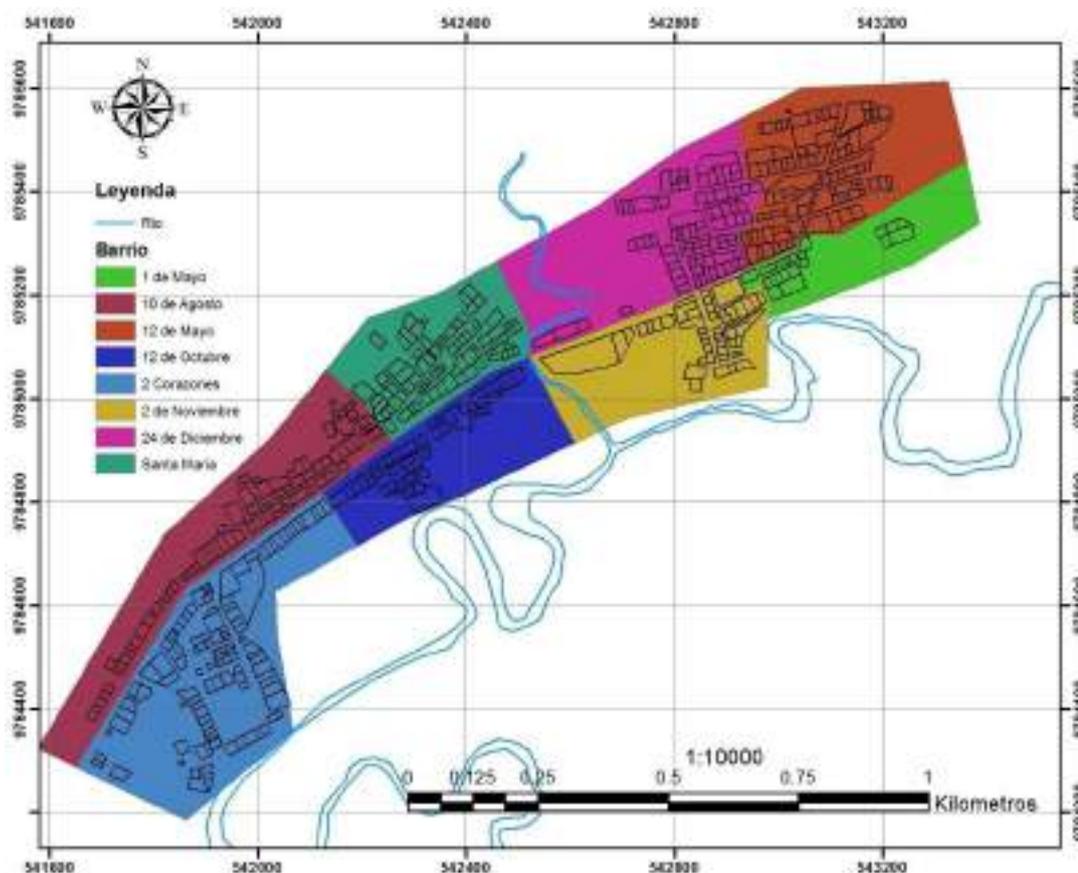


Figura 2.3 Límite de barrios que conforman la comuna Febres Cordero

2.2 Organización comunitaria

La comuna Febres Cordero cuenta con su casa comunal y su junta directiva, que se posiciona cada año. Actualmente está conformada por:

Presidenta:	Sra. María Emelia Caiche Tomalá.
Vicepresidente:	Sr. Ignacio Bautista Tomalá Tomalá.
Tesorera:	Sra. Carmen Tomalá Ramírez.
Síndico:	Sr. Flavio German Tomalá Ramírez.
Secretario:	Lcdo. Johnny Javier Tomalá Pozo.

2.3 Aspectos Naturales

2.3.1 Geología e hidrogeología

La parroquia Colonche se encuentra atravesada por diversas formaciones geológicas (Piñón, Cayo, Zapotal, Santa Elena, Angostura) y zonas con sedimentos marinos y arcillas de antiguos estuarios. La comuna Febres Cordero se encuentra atravesada completamente por la formación Zapotal (OM-TZ), misma que consiste en conglomerados, areniscas y esquistos de la edad geológica Oligoceno.

La comuna Febres Cordero cuenta geomorfológicamente con terrazas altas, terrazas bajas y vertientes regulares. La presencia de estas terrazas permiten zonificar la comuna en dos conos: cono norte (conformado por los barrios 1 de Mayo, 12 de Mayo, 24 de Diciembre y 2 de Noviembre), y cono sur (conformado por los barrios Santa María, 12 de Octubre, 10 de Agosto y 2 Corazones).

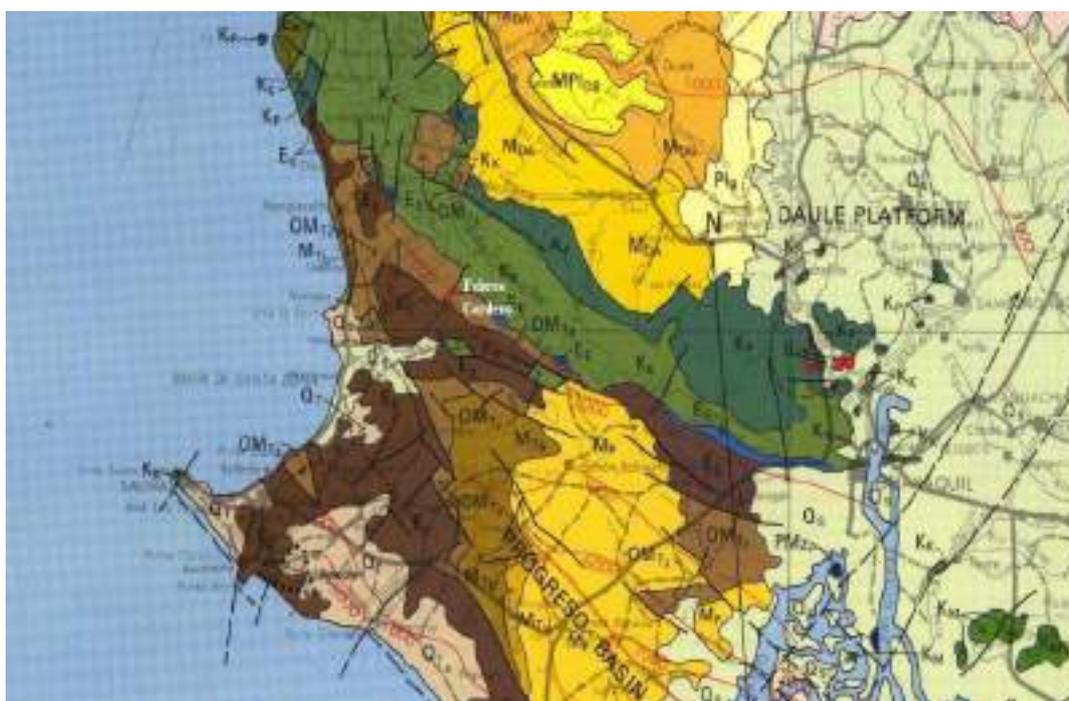


Figura 2.4 Formaciones geológicas presentes en la zona de estudio

Fuente: MAGAP.

Tabla I. Principales formaciones geológicas presentes en la Parroquia Colonche.

Identificación	Formación	Descripción
Q _s		Sedimentos cuaternarios (marinos, arcillas de estuarios). Periodo Cuaternario.
K _K	Cayo	Chert, argilitas, lutitas, pizarras de tobas, brechas y lavas. Periodo Cretáceo.
K _P	Piñón	Lavas basálticas, tobas y brechas. Periodo Cretáceo.
E _s	Santa Elena	Transición entre Cretáceo y eoceno.
OM-TZ	Zapotal	Conglomerados, areniscas y esquistos. Edad oligocena.
M _{DA}	Angostura	Conglomerados, areniscas y barros. Periodo Mioceno.

Fuente: MAGAP.

2.3.2 Relieve

La comuna Febres Cordero corresponde a una zona rural, con cotas de terreno que fluctúan entre 55 m y 112 m sobre el nivel el

mar. Las zonas de mayor elevación se encuentran hacia el cono norte, mientras que en el cono sur las elevaciones son menores. Por encontrarse entre estas cotas, la comuna no sufre de inundaciones; a pesar de que en las cercanías se encuentra el Río Seco y el Río Febres Cordero.

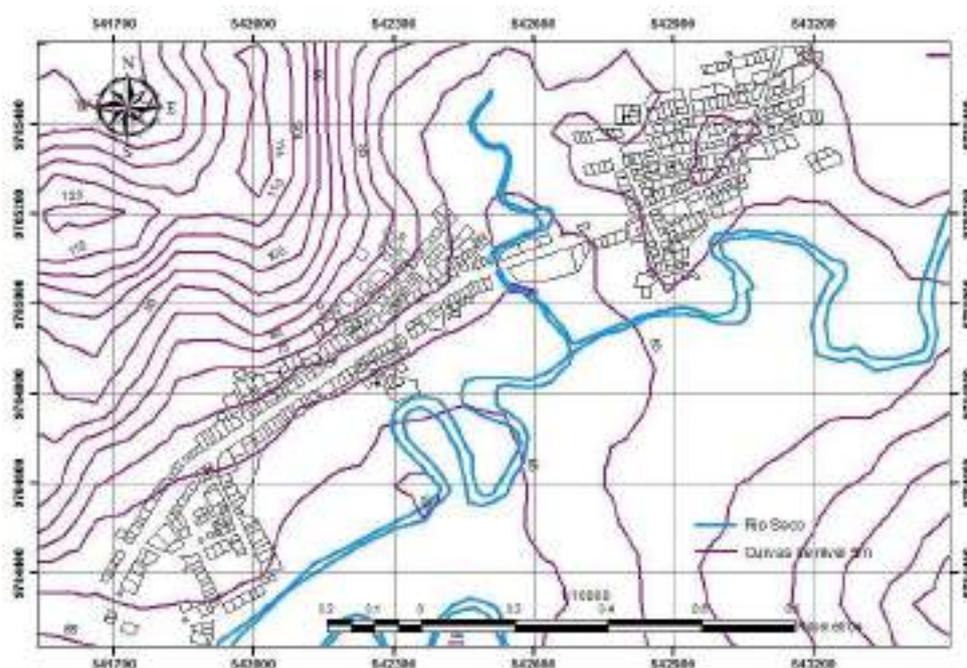


Figura 2.5 Relieve de la comuna Febres Cordero. Curvas de nivel cada 5m.

Fuente: Loor, C., Melendres, J., 2016

Es importante recalcar que estos ríos permanecen la mayor parte del año sin flujo de agua, de ahí su nombre. El cauce de los ríos está bien definido y solo tienen caudal durante la época lluviosa (meses de enero, febrero, marzo y abril).

El río no ha sufrido desbordamientos ante eventos extraordinarios como el fenómeno del niño de 1997.

2.3.3 Topografía

El sistema montañoso del sector posee características de planicie en sitios aledaños al río denominado Río Seco, donde se ubican los barrios 12 de Octubre y 2 Corazones. La comuna Febres Cordero se encuentra al pie de la Cordillera Chongón Colonche. Se presentan elevaciones máximas cercanas a los 115 m en la zona perimetral oeste, donde se encuentran los barrios Santa María y 10 de Agosto (Loor, C., Melendres, J., 2016).

El terreno en general presenta pendientes que oscilan entre 14% y 3%. Pendientes más fuertes se presentan en las zonas cercanas al pie de la Cordillera Chongón Colonche (puede llegar a ser del 21%). La comuna ha crecido a ambos márgenes de la carretera que constituye el desvío Colonche – Febres Cordero. La carretera tiene una cota mayor que el de las viviendas cercanas (en promedio el desnivel es de 1.20 m).

2.3.4 Hidrografía

La comuna Febres Cordero se encuentra ubicada en las cercanías de los ríos Febres Cordero y Río Seco. Según información proporcionada por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), estos ríos forman parte de la cuenca Hidrográfica del Río Zapotal.

Los ríos Febres Cordero y Río Seco son ríos efímeros, esto quiere decir que, fluye caudal en ellos solamente en determinadas épocas del año (temporada invernal).

2.3.5 Hidrología

Se obtuvieron datos de precipitación históricos de precipitación total mensual desde el año de 1952 al 2015 de una estación ubicada en Colonche, cabecera comunal de la parroquia del mismo nombre. Esta información corresponde a la estación meteorológica más cercana a la zona de estudio. Los datos fueron proporcionados por el INAMHI.

Tabla II. Precipitación histórica total mensual (mm). Datos de la estación meteorológica Colonche

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1952	152.2	123.3	203.1	121.9	100.3	84.6	24.3					
1989	104.4	159.8	182.9	16	8.5	11.6						
1990	9.2	0	0	0	2.4	1	2	0	0			
1991	16.4	159.6	7.4	1.1	0.3	0.4	1	3	0	4.1	0	1.1
1992	2.5	30.5	233.5	271.1	12.1	4.1	0.5	1	0	1.5	3.1	0
1993	14.2	199.8	90.2	6.8	3.2							
1995	14.7	56.2	9.9	0	13.5	0	0	2.2	3.1	11.6	5.3	2
1996	14.5	43.2	27.5	4.7	12.7	7.2	9.2	2	0	3.5	6.4	5.2
1999	14.3	168.2	36	36.8	15	11.4	7.5	17.5	0	7.7	10.1	7.2
2002	0	0										
2003	38.1	95.8	34.3	44.6	27.4	0	4.8	0	0	0	0	0
2004	21.1	59.5	4.6	5.9	16	0	0	2.9	0.9	0	0	0.1
2005	0	33	9.5	19.1	0	0	0	0	0.8	0.8	0	0
2006	28.3	86.6	17.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2007	35.4	0	60.4	0	0	0	0	0	0	0	9.2	0
2008	156.5	185.9	37.8	6.7	0	0						
2009	0	0	0	5.5	0	0.8						
2010	42	63	9.1	95.6	106.1	0	7.5	1.5	0	19.3	9.3	20.8
2011	21.9	30.4	0	63.4	0	2.7	2.5	8.9	1.9	3.5	0	0.8
2012	217.5	124.5	101.3	48.5	7	0	0.5	0.9	5.1	2.3	5.9	4.2
2013	68	134.6	221.2	0	0	16.6	0	0	0	11.7	4.2	0
2014	71.5	34.8	4	3.6	5.7	0.2	4.1	3.4	10	7.9	0.5	2.5
2015	14	7.8	41.7	100.6								

Fuente: INAMHI.

Tabla III. Resumen de precipitaciones medias mensuales (mm) de la estación Colonche.

SUM	895.3	1673	1128	733.7	227.5	206.4	160.9	249	145	182	139	69
MED	47.1	88	59.3	36.6	11.9	10.8	8.9	13.8	8	10	7.2	3.6
MIN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MAX	217.5	199.8	233.5	271.1	106.1	152.2	123.3	203	122	100	84.6	24.3

Fuente: INAMHI.

2.3.6 Clima

El clima en la comuna Febres Cordero es preponderantemente caluroso, con humedad un tanto elevada y lluvias poco frecuentes. El Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca ha catalogado al clima de la comuna Febres Cordero como tropical megatérmico seco.

Tabla IV. Tipos de clima en la provincia de Santa Elena según el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca.

Descripción de tipos de clima	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
Tropical megatérmico seco	215,774	57.0
Tropical megatérmico árido	149,428	39.5
Tropical megatérmico semihumedo	13,051	3.5
Total	378,253	100.0

Fuente: INAMHI.



Figura 2.6 Tipos de clima en la provincia de Santa Elena.

Fuente: INAMHI.

Para los últimos 13 años, la temperatura media anual es de 23.7°C (entre 20.4 °C y 27.3 °C), y la humedad relativa es de 82% (entre 74% y 91%), según información proporcionada por el INAMHI.

La distribución de precipitación a lo largo del año tiene valores mayores en los meses de enero a abril, y las precipitaciones medias máximas mensuales ocurren en los meses de febrero y marzo. La precipitación media mensual histórica máxima tiene un valor de 88 mm en el mes de febrero.

Tabla V. Temperatura media mensual (°C). Datos de la estación meteorológica Colonche.

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2002	25.4	26.4	21.8									
2003	25.7	26.3	26.6	25.8	25	22.3	21.2	21.9	20.4	22.4	22.4	24.6
2004	25.1	26.5	26.8	25.8	24.6	21.5	20.9	20.7	21.9	22.4	22.2	23.4
2005	25.5	26.1	26.1	27.3	23.6	21.7	21.6	20.8	21	20.9	22.5	23.4
2006	25.5	26.5	26.6	25.2	24	22.6	21.6	22.6				
2008	24.8	25.6	26.1	25.9	23.6	22.9	22.9	22.5	22.2	21.5	22	23.7
2009	25.3	25.8	26.1	25.7								
2010	25.8	26.5	26.8	26.9	25.2	23.1	22.2	20.9	21.6	21.2	21.5	23.9
2011	26.2	26.4	26.9	27.2	25.7	24.8	23.4	21.6	21.6	20.9	21.9	23.6
2012	25.7	26	27	26.9	26	24.8	22.8	21.7	21.8	21.8	22.4	24.1
2013	26.1	26.2	26.5	25.7	22.2	21.1	21.1	21.6	21.4	21.9	23.1	
2014	25.2	25.6	25.7	26	25.4	24.6	23.1	22.2	21.8	22.5	23	24.3
2015	25.4	26.3	26.3	26.9	26.8							

Fuente: INAMHI.

Tabla VI. Resumen de temperatura media mensual (°C) para los últimos 13 años.

MED	25.5	26.1	26.4	26.2	24.9	23	22	21.4	21.5	21.7	22.2	23.7
MIN	24.8	25.6	25.7	25.2	23.6	21.5	20.9	20.7	20.4	20.9	21.5	23.1
MAX	26.2	26.5	27	27.3	26.8	24.8	23.4	22.5	22.2	22.6	23	24.6

Fuente: INAMHI.

Tabla VII. Humedad relativa mensual (%). Datos de la estación meteorológica Colonche.

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2002	76	88	84									
2003	78	80	78	76	78	81	84	85	86	84	84	79
2004	77	77	75	77	78	82	87	84	84	83	82	78
2005	78	77	78	74	81	84	83	85	84	85	82	79
2006	79	82	81	76	81	84	86	81				
2007	85	81	78									
2008	81	83	83	78	82	82	82	84	83	84	81	78
2009	81	83	80	76								
2010	80	84	83	81	83	89	87	89	88	90	89	87
2011	83	80	76	78	82	82	81	85	83	84	80	76
2012	77	84	79	80	78	80	80	83	83	83	81	78
2013	78	79	84	79	85	88	84	85	86	87	84	
2014	84	81	81	81	83	85	86	86	84	87	83	83
2015	81	81	84	82	82							

Fuente: INAMHI.

Tabla VIII. Resumen de humedad relativa mensual (%) para los últimos 13 años.

MED	79	80	80	78	80	83	84	85	84	84	83	80
MIN	76	77	75	74	78	80	80	83	83	81	80	76
MAX	84	84	88	82	83	89	88	89	88	90	89	87

Fuente: INAMHI.

2.4 Situación económica de la zona

La principal actividad productiva es la agricultura. La mayor parte de la población se dedica a esta actividad, consiste principalmente en cultivos de melón, sandía, tomate y pimiento. Otros que se realizan en menor proporción son cultivos de mango, limones, toquilla y naranja (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Colonche, 2007).

La actividad agrícola tiene un porcentaje del 80% dentro de la comuna. Un 10% de los habitantes se dedica a la actividad comercial que principalmente se fundamenta en el intercambio de los productos cultivados a otras partes de la península. Mayoritariamente estos productos son para el consumo interno.

Un 40% de las mujeres se dedican a trabajar la tagua, también conocida como nuez de marfil, este producto es comercializado y utilizado principalmente para hacer botones y figuras artísticas.

La cría de ganado bovino y vacuno es para el consumo familiar. La migración ha aumentado en la última década debido a la falta de trabajo, siendo los jóvenes los que más interés muestran en migrar hacia ciudades en busca de mejores oportunidades laborales.

2.5 Situación de abastecimiento de agua

La comuna Febres Cordero, desde el año 2009, cuenta con red de abastecimiento de agua potable que fue instalada por la empresa pública AGUAPEN S.A. La red abastece a toda la población consolidada de la comuna, sin embargo esta presenta problemas en su funcionamiento, principalmente debido a la falta de continuidad y múltiples interrupciones en la dotación del líquido vital a los hogares, lo que hace que la mayor parte del tiempo no se disponga de este servicio básico.

Las horas habituales de disponibilidad de agua se dan en la madrugada, desde las 00h00 hasta cerca de las 05h00 y 06h00 de la mañana (6 horas de servicio en promedio por día), aunque estos horarios son variables. Este tiempo es aprovechado por los habitantes de la comuna para llenar recipientes y tanques con agua, para usarla en el transcurso del día. El problema radica en la falta de presión del sistema.

La comuna Febres Cordero se ubica hacia el final del eje central de poblados alrededor del desvío Palmar - Colonche - Febres Cordero, todos los poblados en este tramo de carretera cuentan con su sistema de abastecimiento de agua potable, misma que es llevada desde la ciudad de Santa Elena hasta estos poblados. El consumo más importante de agua es realizado durante el día y, en el trayecto hasta llegar a la comuna Febres Cordero el acueducto se queda sin presión, imposibilitando un

adecuado abastecimiento del líquido vital a la comuna. Durante la madrugada el consumo de agua por parte de los poblados anteriores a Febres Cordero desciende drásticamente lo que hace que el agua llegue con la presión suficiente para permitir el abastecimiento.

Para suplir de alguna manera este déficit en el sistema, en el año 2014, el Ministerio Coordinador de Desarrollo Social y la Secretaria Nacional de Gestión de Riesgos entregaron a la presidenta de la comuna dos tanques de PVC con capacidad de almacenamiento de 3000 litros. Estos tanques son usados como reserva de emergencia para todas las personas de la comuna, y también para actividades que requieran uso de grandes volúmenes de agua como la construcción de viviendas (Loor, C., Melendres, J., 2016).

2.6 Situación sanitaria

La comuna Febres Cordero no cuenta con un sistema de alcantarillado sanitario para la evacuación de excretas y residuos líquidos. Cerca del 42% de los habitantes poseen cámaras sépticas para el tratamiento de aguas servidas y el 58 % posee letrinas con arrastre de agua que descargan hasta pozos ciegos (Perero, 2013). Cada predio cuenta con un pozo. Las personas que habitan el predio son responsables de la

construcción de los mismos, tienen en promedio una profundidad de 6 metros y están hechos de mampostería en su gran mayoría.

Desde el año 2009, luego de que se instaló la red de agua potable, los habitantes han solicitado al gobierno parroquial de Colonche la instalación de un sistema de alcantarillado sanitario. En 2013, hubo conversaciones con la junta directiva de para tratar este problema, sin embargo no se llegó a un acuerdo.

En cuanto al sistema para evacuación de aguas provenientes de la lluvia, si bien la comuna no cuenta con alcantarillado pluvial, esta no ha sido azotada por problemas relacionados a inundaciones, gracias a la topografía de la zona que favorece el drenaje natural de las aguas hacia los ríos Febres Cordero y Río Seco mediante vertientes y quebradas. La comuna se ubica al pie de la Cordillera Chongón Colonche, con una topografía que drena naturalmente hacia los ríos mencionados.

La carretera del desvío Colonche – Febres Cordero, línea de comunicación vehicular principal de la comuna, se ubica a una cota superior que la del terreno natural. Para evitar afectaciones en la vía debido a las lluvias en los meses de mayores precipitaciones, se han colocado canales pequeños que transportan el agua pluvial hasta alcantarillas que conducen el agua a través de la carretera en su sentido

transversal, para finalmente disponerlas en el cauce del Rio Seco (Loor, C., Melendres, J., 2016).



Figura 2.7 Alcantarilla en la carretera para drenaje de aguas lluvias
Fuente: Loor, C., Melendres, J., 2016.



Figura 2.8 Canal de conducción de
aguas lluvias hacia alcantarillado.

Fuente: Loor, C., Melendres, J., 2016.

2.7 Índices poblacionales

2.7.1 Población actual

De acuerdo a información del Instituto Nacional de Estadísticas y Censo (INEC), la población consolidada de la comuna Febres Cordero asciende a los 2100 habitantes, misma que será objeto de nuestro estudio.

La comuna Febres Cordero forma parte de la parroquia Colonche. La parroquia Colonche tiene 31,257 habitantes, distribuidos en 7,259 hogares, con un promedio de 4.15 habitantes por hogar (INEC, 2010).

2.7.2 Actividad productiva

La comuna tiene una vocación productiva sesgada hacia la actividad agrícola, más del 34% de su población se dedica a esta actividad en la que se encierra a más de 50 familias dedicadas al cultivo y procesamiento artesanal de la paja toquilla, sin embargo esta actividad carece de asesoría técnica.

Un 51% de las habitantes no posee un trabajo estable y cerca del 7% no trabaja, además 6 de cada 10 mujeres en edad productiva

no tienen oportunidades laborales, a esto se suma el hecho de que más del 50% de familias que perciben ingresos económicos viven con menos de \$200 mensuales (Perero, 2013).

2.7.3 Educación

En la comuna existe únicamente un establecimiento educativo, la escuela fiscal Miguel de Letamendi. Este establecimiento cuenta con 6 profesores, las clases inician a las 07h30 y culminan a las 12h30.

La escuela funciona desde el año de 1945 y provee de instrucción primaria y secundaria a los pobladores de la comuna Febres Cordero.

El establecimiento cuenta con tres pabellones de aulas, cerramiento de mampostería y un patio de recreación (Loor, C., Melendres, J., 2016).

2.7.4 Escolaridad

La mayor parte de la población de la comuna cuenta con instrucción primaria. Cuando los niños terminan la primaria,

continúan con la instrucción secundaria, sin embargo pocos logran terminarla, la gran mayoría llega hasta segundo año.

Se estima que la población mayor a 15 años es de un 45%, de los cuales cerca del 20% son analfabetos. El mayor número de analfabetos corresponde a personas de género femenino. (ESPOL, 2001).

Del total de la población, solo el 75% ha culminado la instrucción primaria y el 12% no posee ningún grado de formación educativa (Perero, 2013).

2.7.5 Salud

La comuna Febres Cordero cuenta con un subcentro de Salud, además de un botiquín comunitario y tres enfermeras auxiliares que lo manejan. Los hospitales más cercanos son el de Bambil Desecho que es apoyado por la Fuerza Aérea Ecuatoriana (FAE) y el de Bambil Collao que brinda los servicios del seguro Campesino.

Las enfermedades de la piel son las que mayor afectación causa a los pobladores de la comuna. En caso de emergencias importantes los habitantes de la comuna acuden al centro de salud

de Santa Elena. Los muertos son enterrados en el cementerio de la Comuna.

2.7.6 Servicio de energía eléctrica

Este servicio existe desde el año de 1967 (ESPOL, 2001), y actualmente abastece a todos los habitantes de la comuna dentro del área de estudio.

2.7.7 Recolección de basura

La comuna cuenta con un sistema de recolección de basura proporcionado por el Municipio de Santa Elena. La recolección se realiza dos veces por semana. La población está conforme con este servicio.

CAPÍTULO 3

CONSIDERACIONES DE DISEÑO

3.1 Delimitación de la cuenca de drenaje

La orografía presente en la comuna Febres Cordero y sus alrededores.

3.2 Parámetros de la cuenca de drenaje

La cuenca posee los siguientes parámetros morfológicos que sirven para definir el tiempo de concentración (tiempo estimado para que se transporte caudal por el punto de desfogue de la cuenca, después de una precipitación).

3.2.1 Parámetros generales

Estos parámetros han sido calculados mediante un programa de dibujo asistido por ordenador AutoCAD. La cuenca del Río Gramador posee las siguientes características:

Tabla IX. Parámetros Generales de la Cuenca del Río Gramador.

DATOS DE LA CUENCA	
ÁREA	13,14 km ²
PERIMETRO	16,80 km
LONGITUD DEL CAUCE	6834,14 m
DESNIVEL	360,00 m

Fuente: Dávila, H., Rivera, M., 2018.

3.2.2 Parámetros de forma

Tal como se puede apreciar, la cuenca es ensanchada, lo que provoca que durante una precipitación, el tiempo que transcurre para que el caudal fluya por el punto de desfogue de la cuenca de drenaje será relativamente largo. En lo que respecta a la forma de la cuenca, se han establecido varios índices o coeficientes, que se citan a continuación:

3.2.2.1 Índice de Gravelius o Coeficiente de Compacidad

Este parámetro describe la geometría de la cuenca y se define como la relación entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de un círculo de área igual a la de la cuenca.

$$K_c = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}}$$

Donde P es el perímetro (Km) y A el área de la cuenca (Km).

$$K_c = 0,28 \frac{16,80}{\sqrt{13,14}}$$

$$K_c = 1,29$$

El Coeficiente de Compacidad no podrá ser menor a la unidad y, en la medida que éste se acerque a ese valor la forma de la cuenca tenderá a ser circular. La cuenca del Río Chagüe posee un $K_c = 1.29$, valor que está por encima de la unidad, pero al no ser un valor elevado, se refleja en la forma ensanchada y un tanto redondeada de la cuenca.

3.2.2.2 Coeficiente de Forma

Es un parámetro adimensional que evidencia la geometría o forma de la cuenca, es decir si la misma es redondeada o alargada. Está definida como la relación entre el ancho medio de la cuenca (B) y la longitud de su cauce principal (Lc).

$$K_f = \frac{B}{L_c} = \frac{A}{L_c^2}$$

$$K_f = \frac{13,14}{6,834^2}$$

$$K_f = 0,281$$

El coeficiente de forma describe la tendencia de la cuenca de drenaje con respecto a las crecidas, a medida que este valor se incrementa se presentan crecidas rápidas e intensas, por el contrario si el valor disminuye o es pequeño, las crecidas son muy lentas y sostenidas.

El comportamiento de la cuenca de drenaje frente a una determinada precipitación, se expresa brevemente con la ayuda de los parámetros calculados. Debido a la forma un tanto redondeada, el tiempo de concentración será menor que en cuencas alargadas, por lo que la escorrentía superficial se manifiesta de manera más rápida y se puede relacionar directamente a una vulnerabilidad ante crecidas.

3.2.3 Parámetros de relieve

Se puede expresar que a medida que el relieve o pendiente es mayor, la generación de escorrentías se produce en lapsos cortos de tiempo.

3.2.3.1 Pendiente media del cauce

Es la razón existente entre el desnivel altitudinal del cauce principal y su longitud.

$$j = \frac{DA}{L_c}$$

$$j = \frac{0,360 \text{ km}}{6,834 \text{ km}}$$

$$j = 0,056 = 5,6 \%$$

3.2.4 Parámetros de la red de drenaje

3.2.4.1 Número de orden de la cuenca

El número de orden de la cuenca está estrechamente relacionado con el número de ramificaciones del sistema de drenaje. Después de hacer un análisis de la cuenca de

drenaje, tal como se muestra en la Figura 7, se pudo establecer que el orden de la cuenca es del IV orden.

3.2.4.2 Densidad de drenaje

Se define como la relación entre la longitud total de los cursos de agua dentro de la cuenca y el área total de la misma. De manera general, una mayor densidad de escurrimientos, es señal de mayor estructuración de la red fluvial, o bien que existe la probabilidad de un mayor potencial de erosión.

$$D_d = \frac{\sum Lc_i}{A}$$

$$D_d = \frac{19,416 \text{ km}}{13,14 \text{ km}^2}$$

$$D_d = 0,183$$

Este coeficiente es relativamente bajo por lo que no se considera necesario realizar un análisis de arrastre de sedimentos en el cauce del Río Gramador.

3.3 Geología de la cuenca de drenaje

3.3.1 Análisis hidrológico de la cuenca

El análisis hidrológico es uno de los pilares fundamentales para cualquiera que sea el tipo de obra hidráulica, puesto que resulta imperativo establecer parámetros hídricos, que nos permitan conocer la magnitud de los recursos existentes y predecir estocásticamente un futuro evento extremo.

Para este proyecto se analizaron los datos proporcionados por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), organismo encargado de periódicamente contabilizar las precipitaciones existentes en nuestro territorio; el cual está registrado en los anuarios hidrométricos ubicados en su página principal.

3.3.1.1 Análisis de precipitaciones

En un período de 63 años la estación Hidro-meteorológica M780 cuenta con un registro limnigráfico y limnimétrico entre los años 1952 y 2015.

Es necesario procesar los datos de la estación M780 para tener una aproximación de su intensidad, así de manera posterior lograr estimar el caudal que se genera en dicha cuenca de drenaje.

En este estudio se construirá una tabla I.D.F de la estación a analizar. A continuación se muestra la tabla elaborada, en la que se puede visualizar las precipitaciones máximas durante el período 89-15. Para dicha tabla no se ha tomado en consideración las precipitaciones del año 1952, debido a la discontinuidad de registros de lluvia de 37 años. Tampoco se ha incluido en los cálculos al año 2002, puesto que se tienen valores de precipitación de 0 mm durante todo el año, lo que lo convierte en un dato aberrante.

a. Tabla de precipitaciones

Tabla X. Datos mensuales de precipitación máxima; E. M780 – Colonche.

Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Máx.	
1989	104,40	159,80	182,90	16,00	8,50	11,60							182,90	Marzo
1990	9,20	0,00	0,00	0,00	2,40	1,00	2,00	0,00	0,00				9,20	Enero
1991	16,40	159,60	7,40	1,10	0,30	0,40	1,00	3,00	0,00	4,10	0,00	1,10	159,60	Febrero
1992	2,50	30,50	233,50	271,10	12,10	4,10	0,50	1,00	0,00	1,50	1,50	0,00	271,10	Abril
1993	14,20	199,80	90,20	6,80	3,20								199,80	Febrero
1995	14,70	56,20	9,90	0,00	13,50	0,00	0,00	2,20	3,10	11,60	5,30	2,00	56,20	Febrero
1996	14,50	43,20	27,50	4,70	12,70	7,20	9,20	2,00	0,00	3,50	6,40	5,20	43,20	Febrero
1999	14,30	168,20	36,00	36,80	15,00	11,40	7,50	17,50	0,00	7,70	10,10	7,20	168,20	Febrero
2003	38,10	95,80	34,30	44,60	27,40	0,00	4,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	95,80	Febrero
2004	21,10	59,50	4,60	5,90	16,00	0,00	0,00	2,90	0,90	0,00	0,00	0,10	59,50	Febrero
2005	0,00	33,00	9,50	19,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,80	0,80	0,00	0,00	33,00	Febrero

Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Máx.	
2006	28,30	86,60	17,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	86,60	Febrero
2007	35,40	0,00	60,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,20	0,00	60,40	Marzo
2008	156,50	185,90	37,80	6,70	0,00	0,00							185,90	Febrero
2009	0,00	0,00	0,00	5,50	0,00	0,80							5,50	Abril
2010	42,00	63,00	9,10	95,60	106,10	0,00	7,50	1,50	0,00	19,30	9,30	20,80	106,10	Mayo
2011	21,90	30,40	0,00	63,40	0,00	2,70	2,50	8,90	1,90	3,50	0,00	0,80	63,40	Abril
2012	217,50	124,50	101,30	48,50	7,00	0,00	0,50	0,90	5,10	2,30	5,90	4,20	217,50	Enero
2013	68,00	134,60	221,20	0,00	0,00	16,60	0,00	0,00	0,00	11,70	4,20	0,00	221,20	Marzo
2014	71,50	34,80	4,00	3,60	5,70	0,20	4,10	3,40	10,00	7,90	0,50	2,50	71,50	Enero
2015	14,00	7,80	41,70	100,60									100,60	Abril
MAX	217,50	199,80	233,50	271,10	106,10	16,60	9,20	17,50	10,00	19,30	10,10	20,80	271,10	Abril

Fuente: INAMHI

El primer paso consiste en determinar la precipitación máxima diaria, por medio de análisis estocásticos. En este estudio se aplicó el método Gumbel, el cual se muestra a continuación:

b. Distribución de probabilidades

Para lograr estimar la máxima precipitación probable, se construye una tabla en la que en función del período de retorno (T), se conocerá aquel evento extremo (precipitación máxima).

Tabla XI. Distribución de probabilidades pluviométricas Gumbel.

Nº	Año	Mes	Precipitación (mm)	
		Máx. Precip.	xi	(xi - x)^2
1	1989	Marzo	182,90	4726,24
2	1990	Enero	9,20	11015,00
3	1991	Febrero	159,60	2065,49
4	1992	Abril	271,10	24632,56
5	1993	Febrero	199,80	7335,51
6	1995	Febrero	56,20	3358,48
7	1996	Febrero	43,20	5034,24
8	1999	Febrero	168,20	2921,15
9	2003	Febrero	95,80	336,81
10	2004	Febrero	59,50	2986,88
11	2005	Febrero	33,00	6585,71
12	2006	Febrero	86,60	759,13
13	2007	Marzo	60,40	2889,32
14	2008	Febrero	185,90	5147,72
15	2009	Abril	5,50	11805,34
16	2010	Mayo	106,10	64,84
17	2011	Abril	63,40	2575,80
18	2012	Enero	217,50	10680,73
19	2013	Marzo	221,20	11459,19
20	2014	Enero	71,50	1819,23
21	2015	Abril	100,60	183,67
21	Suma		2397,20	118383,03

Fuente: Dávila, H., Rivera, M., 2018.

Tabla XII. Máximas precipitaciones probables.

Periodo Retorno	Variable Reducida	Precip. (mm)	Prob. de no ocurrencia	Corrección intervalo fijo
Años	YT	XT'(mm)	F(xT)	XT (mm)
2	0,37	101,51	0,50	114,71
5	1,50	169,50	0,80	191,54
10	2,25	214,52	0,90	242,41
25	3,20	271,40	0,96	306,68
50	3,90	313,59	0,98	354,36
100	4,60	355,48	0,99	401,69
500	6,21	452,26	1,00	511,06

Fuente: Dávila, H., Rivera, M., 2018.

c. Cálculo de variables probabilísticas

Media

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} = 114,15 \text{ mm}$$

Desviación estándar

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} = 76,94 \text{ mm}$$

Parámetro de forma

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} * s = 59,99 \text{ mm}$$

$$\mu = \bar{x} - 0,5772 * \alpha = 79,53 \text{ mm}$$

De la Tabla XII podemos abstraer información importante, como lo es la precipitación máxima probable para un período de retorno de 25 años, que será de 306,68 mm.

d. Precipitaciones máximas horarias.

Para construir esta tabla, resulta necesario redistribuir las precipitaciones en un período de 24 horas. Se emplearon coeficientes de redistribución (Campos, 1978)

Tabla XIII. Coeficientes para las relaciones a la lluvia de duración 24 horas.

Duraciones, en horas									
1	2	3	4	5	6	8	12	18	24
0,30	0,39	0,46	0,52	0,57	0,61	0,68	0,80	0,91	1,00

Fuente: Dávila, H., Rivera, M., 2018.

Se obtiene la distribución horaria que se muestra a continuación:

Tabla XIV. Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias.

Tiempo de Duración	Coc.	Precipitación máxima Pd (mm) por tiempos de duración						
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	500 años
24 hr	X24	114,71	191,54	242,41	306,68	354,36	401,69	511,06
18 hr	X18 = 91%	104,39	174,30	220,59	245,34	322,47	365,54	465,06
12 hr	X12 = 80%	91,77	153,23	193,93	245,34	283,49	321,35	408,85
8 hr	X8 = 68%	78,00	130,25	164,84	208,54	240,96	273,15	347,52
6 hr	X6 = 61%	69,97	116,84	147,87	187,07	216,16	245,03	311,74
5 hr	X5 = 57%	65,39	109,18	138,17	174,81	201,99	228,96	291,30
4 hr	X4 = 52%	59,65	99,60	126,05	159,47	184,27	208,88	265,75
3 hr	X3 = 46%	52,77	88,11	111,51	141,07	163,01	184,78	235,09
2 hr	X2 = 39%	44,74	74,70	94,54	119,60	138,20	156,66	199,31
1 hr	X1 = 30%	34,41	57,46	72,72	92,00	106,31	120,51	153,32

Fuente: Dávila, H., Rivera, M., 2018.

Tabla en la que se puede notar que para un período de retorno de 25 años y un tiempo de duración de 24 horas, se tiene una precipitación máxima de 306, 68 mm.

e. Tabla de intensidades

Previamente descrito el comportamiento de las precipitaciones registradas en la estación hidrológica en

cuestión, se procede a elaborar una tabla de intensidades correspondientes a las mismas características de tiempo y frecuencia.

La fórmula que describe la Intensidad es la siguiente:

$$I = \frac{P (mm)}{t_{duración} (hr)}$$

Tabla XV. Intensidades de lluvia a partir de Pd, acorde a tiempo de duración y frecuencia.

Tiempo de duración		Intensidad de la lluvia (mm /hr) según el Periodo de Retorno						
Hr	min	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	500 años
24 hr	1440	4,78	7,98	10,10	12,78	14,76	16,74	21,29
18 hr	1080	5,80	9,68	12,26	13,63	17,91	20,31	25,84
12 hr	720	7,65	12,77	16,16	20,45	23,62	26,78	34,07
8 hr	480	9,75	16,28	20,60	26,07	30,12	34,14	43,44
6 hr	360	11,66	19,47	24,64	31,18	36,03	40,84	51,96
5 hr	300	13,08	21,84	27,63	34,96	40,40	45,79	58,26
4 hr	240	14,91	24,90	31,51	39,87	46,07	52,22	66,44
3 hr	180	17,59	29,37	37,17	47,02	54,34	61,59	78,36
2 hr	120	22,37	37,35	47,27	59,80	69,10	78,33	99,66
1 hr	60	34,41	57,46	72,72	92,00	106,31	120,51	153,32

Fuente: Dávila, H., Rivera, M., 2018.

Un dato importante de esta tabla es la determinación de la intensidad de lluvia para un período de retorno de 25 años y un tiempo de duración de 60 min es de 92,00 mm/hr.

No obstante, dado que este valor de intensidad no describe el comportamiento de las precipitaciones registradas, se van a presentar patrones de intensidad más confiables con la ayuda de la generación de curvas I.D.F. (intensidad-duración-frecuencia).

f. Curvas I.D.F.-Intensidad-Duración-Frecuencia

Hay varios métodos para generar curvas I.D.F., dentro de lo cual se presenta un análisis estadístico para la construcción de las mismas, propuesta de Aparicio (1997).

Aparicio plantea la alternativa de obtener una ecuación que genere las curvas I.D.F. producto de un modelo de regresión lineal, de tal manera extrapolar la ecuación resultante a regiones que carezcan de registros pluviográficos y que se encuentren en un área cercana. Por tanto, se analiza el comportamiento de las variables que intervienen en el estudio, enlazando de manera simultánea las tres variables en una familia de curvas. (R. Pizarro, EIAS.

Ecuación de Aparicio:

$$I = \frac{K * T^m}{t^n}$$

Donde:

I= Intensidad (mm/hr)

t= Duración de la lluvia (min)

T= Período de retorno (años)

K, m, n= Parámetros de ajuste

Posteriormente se aplica logaritmos a la fórmula descrita para llegar a la forma de un modelo de regresión lineal múltiple, y modelo que se expresa de la siguiente manera:

$$\log I = \log K + m * \log T - n * \log t$$

$$y = a_0 + a_1 * x_1 + a_2 * x_2$$

Donde:

$$y = \log I \quad a_0 = \log K$$

$$x_1 = \log T \quad a_1 = m$$

$$x_2 = \log t \quad a_2 = n$$

Simplificando el cálculo se descompone la ecuación principal, como sigue:

$$I = \frac{K * T^m}{t^n}$$

$$d = K * T^m$$

$$I = \frac{d}{t^n}$$

Donde:

$$I = d * t^{-n}$$

Empleando los valores obtenidos de la tabla de intensidades de lluvia, se aplica la regresión lineal para cada uno de los períodos de retorno. Como dato adicional se menciona que el método a emplearse en la regresión será el de mínimos cuadrados.

$$\ln d = \frac{\sum \ln t * \sum (\ln t * \ln I) - \sum \ln I * \sum \ln t^2}{\sum \ln t^2 - n * \sum \ln t^2}$$

Donde n es el número de períodos de retorno.

Tabla XVI. Regresiones I-D-T (T = 2 años).

Periodo de retorno para T = 2 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	4,78	7,27	1,56	11,38	52,89
2	1080	5,80	6,98	1,76	12,28	48,79
3	720	7,65	6,58	2,03	13,38	43,29
4	480	9,75	6,17	2,28	14,06	38,12
5	360	11,66	5,89	2,46	14,46	34,65
6	300	13,08	5,70	2,57	14,66	32,53
7	240	14,91	5,48	2,70	14,81	30,04
8	180	17,59	5,19	2,87	14,89	26,97
9	120	22,37	4,79	3,11	14,88	22,92
10	60	34,41	4,09	3,54	14,49	16,76
10	4980	142,00	58,16	24,88	139,28	346,94
Ln (d) =	6,0723	d =	433,6669	n =	-0,6164	

Fuente: Dávila, H., Rivera, M., 2018.

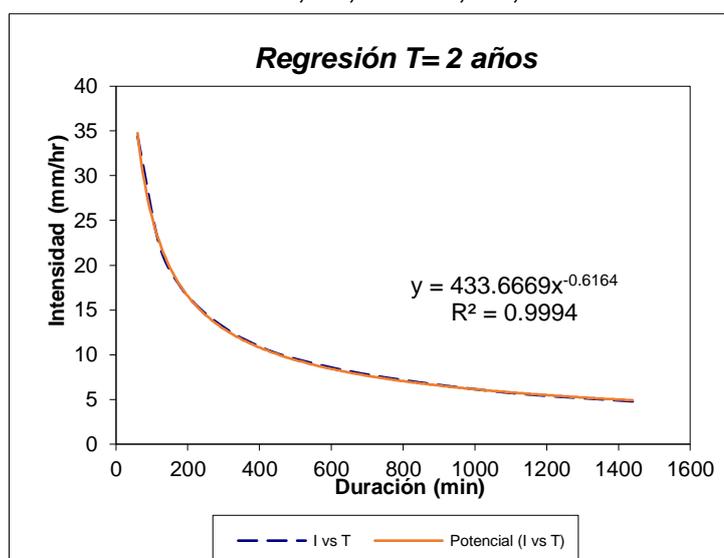


Figura 3.1 Regresión T=2 años
Fuente: Dávila, H., Rivera, M., 2018.

Tabla XVII. Regresiones I-D-T (T = 5 años).

Periodo de retorno para T = 5 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	7,98	7,27	2,08	15,11	52,89
2	1080	9,68	6,98	2,27	15,86	48,79
3	720	12,77	6,58	2,55	16,76	43,29
4	480	16,28	6,17	2,79	17,22	38,12
5	360	19,47	5,89	2,97	17,48	34,65
6	300	21,84	5,70	3,08	17,59	32,53
7	240	24,90	5,48	3,21	17,62	30,04
8	180	29,37	5,19	3,38	17,55	26,97
9	120	37,35	4,79	3,62	17,33	22,92
10	60	57,46	4,09	4,05	16,59	16,76
10	4980	237,11	58,16	30,00	169,10	346,94
Ln (d) =	6,5850	d =	724,1224	n =	-0,6164	

Fuente: Dávila, H., Rivera, M., 2018.

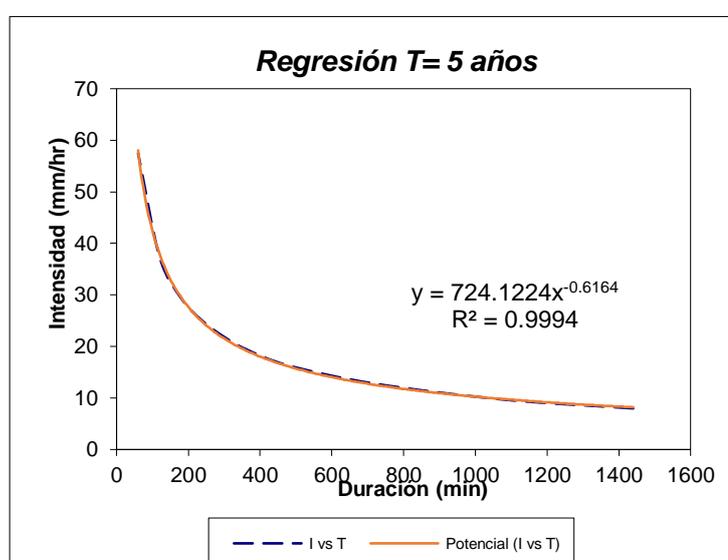


Figura 3.2 Regresión T = 5 años.
Fuente: Dávila, H., Rivera, M., 2018.

Tabla XVIII. Regresiones I-D-T (T = 10 años).

Periodo de retorno para T = 10 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	10,10	7,27	2,31	16,82	52,89
2	1080	12,26	6,98	2,51	17,50	48,79
3	720	16,16	6,58	2,78	18,31	43,29
4	480	20,60	6,17	3,03	18,68	38,12
5	360	24,64	5,89	3,20	18,86	34,65
6	300	27,63	5,70	3,32	18,93	32,53
7	240	31,51	5,48	3,45	18,91	30,04
8	180	37,17	5,19	3,62	18,78	26,97
9	120	47,27	4,79	3,86	18,46	22,92
10	60	72,72	4,09	4,29	17,55	16,76
10	4980	300,07	58,16	32,36	182,80	346,94
Ln (d) =	6,8205	d =	916,4293	n =	-0,6164	

Fuente: Dávila, H., Rivera, M., 2018.

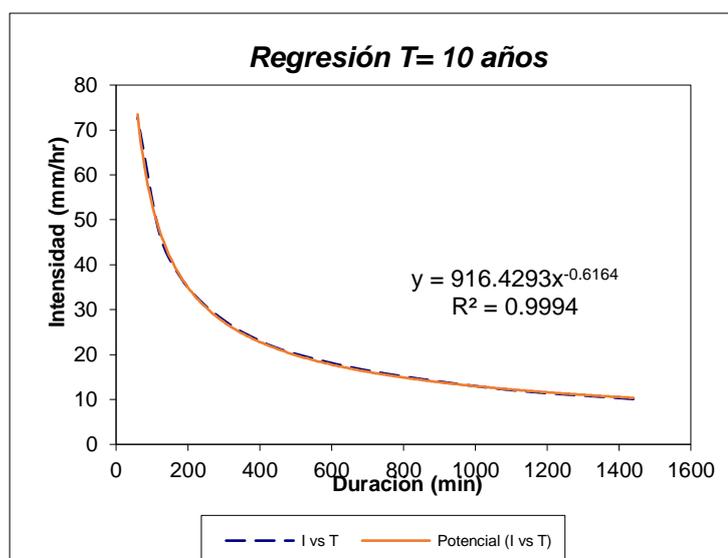


Figura 3.3 Regresión T = 10 años.

Tabla XIX. Regresiones I-D-T (T = 25 años)

Periodo de retorno para T = 25 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	12,78	7,27	2,55	18,53	52,89
2	1080	13,63	6,98	2,61	18,25	48,79
3	720	20,45	6,58	3,02	19,85	43,29
4	480	26,07	6,17	3,26	20,13	38,12
5	360	31,18	5,89	3,44	20,25	34,65
6	300	34,96	5,70	3,55	20,27	32,53
7	240	39,87	5,48	3,69	20,20	30,04
8	180	47,02	5,19	3,85	20,00	26,97
9	120	59,80	4,79	4,09	19,59	22,92
10	60	92,00	4,09	4,52	18,51	16,76
10	4980	377,76	58,16	34,58	195,57	346,94
Ln (d) =	7,1430	d =	1265,2646	n =	-0,6336	

Fuente: Dávila, H., Rivera, M., 2018.

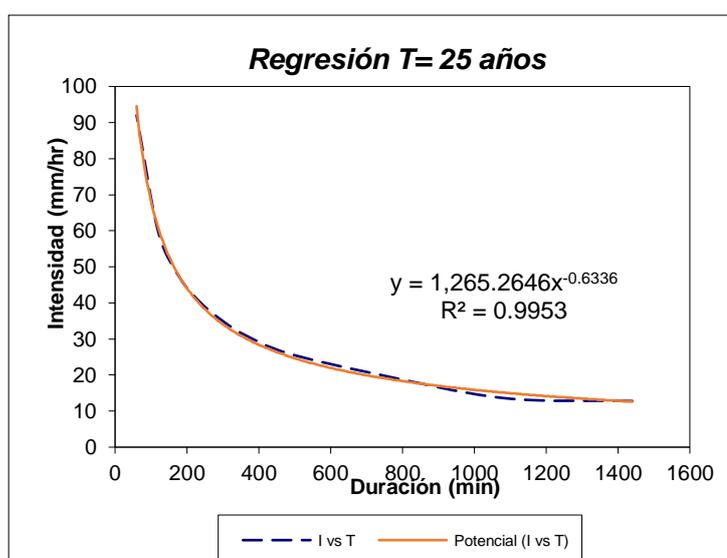


Figura 3.4 Regresión T = 25 años.

Fuente: Dávila, H., Rivera, M., 2018

Tabla XX. Regresiones I-D-T (T = 50 años).

Periodo de retorno para T = 50 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	14,76	7,27	2,69	19,58	52,89
2	1080	17,91	6,98	2,89	20,16	48,79
3	720	23,62	6,58	3,16	20,81	43,29
4	480	30,12	6,17	3,41	21,02	38,12
5	360	36,03	5,89	3,58	21,10	34,65
6	300	40,40	5,70	3,70	21,10	32,53
7	240	46,07	5,48	3,83	20,99	30,04
8	180	54,34	5,19	4,00	20,75	26,97
9	120	69,10	4,79	4,24	20,28	22,92
10	60	106,31	4,09	4,67	19,11	16,76
10	4980	438,66	58,16	36,16	204,88	346,94
Ln (d) =	7,2002	d =	1339,6661	n =	-0,6164	

Fuente: Dávila, H., Rivera, M., 2018.

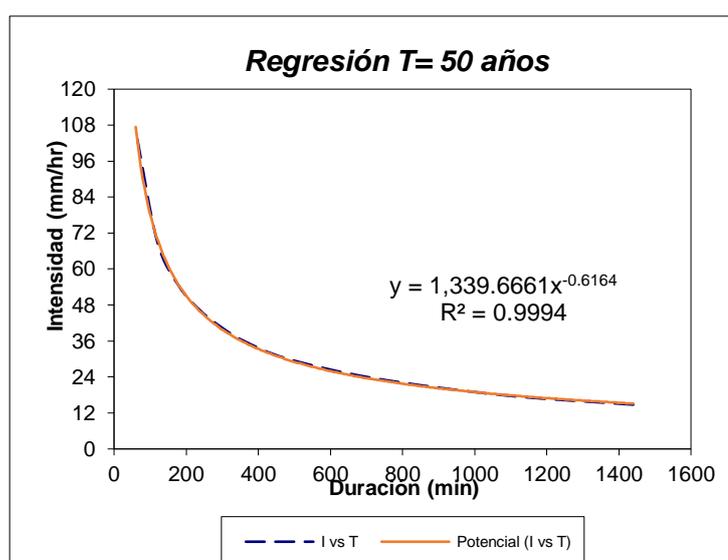


Figura 3.5 Regresión T = 50 años.

Fuente: Dávila, H., Rivera, M., 2018.

Tabla XXI. Regresiones I-D-T (T = 100 años).

Periodo de retorno para T = 100 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	16,74	7,27	2,82	20,49	52,89
2	1080	20,31	6,98	3,01	21,03	48,79
3	720	26,78	6,58	3,29	21,63	43,29
4	480	34,14	6,17	3,53	21,80	38,12
5	360	40,84	5,89	3,71	21,84	34,65
6	300	45,79	5,70	3,82	21,81	32,53
7	240	52,22	5,48	3,96	21,68	30,04
8	180	61,59	5,19	4,12	21,40	26,97
9	120	78,33	4,79	4,36	20,88	22,92
10	60	120,51	4,09	4,79	19,62	16,76
10	4980	497,25	58,16	37,41	212,17	346,94
Ln (d) =	7,3255	d =	1518,5917	n =	-0,6164	

Fuente: Dávila, H., Rivera, M., 2018.

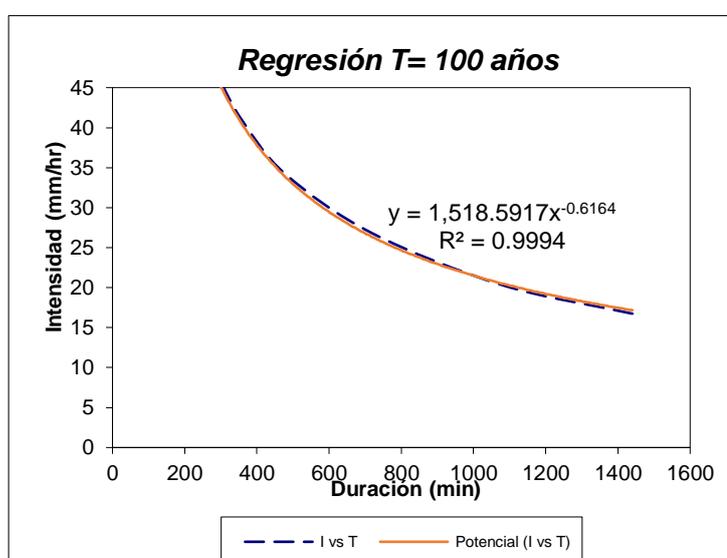


Figura 3.6 Regresión T = 100 años.

Fuente: Dávila, H., Rivera, M., 2018.

Tabla XXII. Regresiones I-D-T (T = 500 años).

Periodo de retorno para T = 500 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	21,29	7,27	3,06	22,24	52,89
2	1080	25,84	6,98	3,25	22,71	48,79
3	720	34,07	6,58	3,53	23,21	43,29
4	480	43,44	6,17	3,77	23,28	38,12
5	360	51,96	5,89	3,95	23,25	34,65
6	300	58,26	5,70	4,06	23,19	32,53
7	240	66,44	5,48	4,20	23,00	30,04
8	180	78,36	5,19	4,36	22,65	26,97
9	120	99,66	4,79	4,60	22,03	22,92
10	60	153,32	4,09	5,03	20,60	16,76
10	4980	632,63	58,16	39,82	226,17	346,94
Ln (d) =	7,5663	d =	1932,0614	n =	-0,6164	

Fuente: Dávila, H., Rivera, M., 2018.

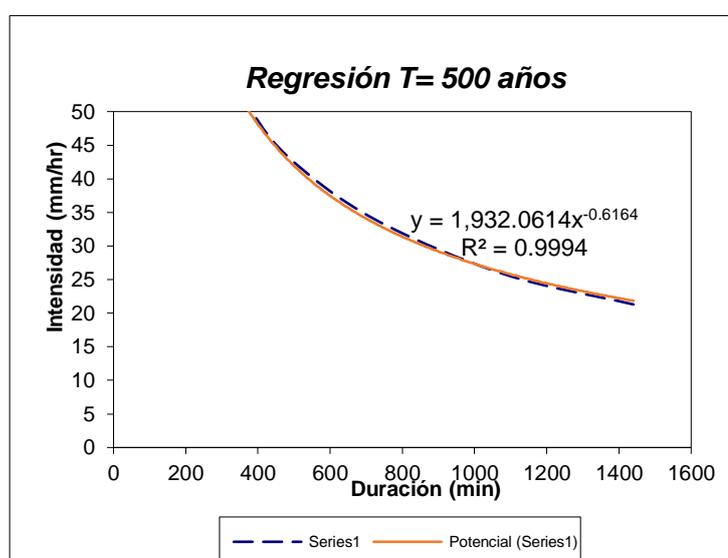


Figura 3.7 Regresión T = 500 años.

Fuente: Dávila, H., Rivera, M., 2018.

De manera resumida:

Tabla XXIII. Resumen de aplicación de regresión potencial.

<i>Resumen de aplicación de regresión potencial</i>		
Periodo de	Término cte. de	Coef. de
Retorno (años)	regresión (d)	regresión [n]
2	433,6669	-0,6164
5	724,1224	-0,6164
10	916,4293	-0,6164
25	1265,2646	-0,6336
50	1339,6661	-0,6164
100	1518,5917	-0,6164
500	1932,0614	-0,6164
Promedio =	1161,4003	-0,6188

Fuente: Dávila, H., Rivera, M., 2018.

g. Valores K y m

En función de del cambio de variable empleado, se aplica otra regresión de potencia entre las columnas del período de retorno (T) y el término constante de regresión (d), para obtener valores de la ecuación 3.1:

$$d = K * T^m$$

Tabla XXIV. Resumen de aplicación de regresión potencial.

Regresión potencial						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	2	433,67	0,69	6,07	4,21	0,48
2	5	724,12	1,61	6,58	10,60	2,59
3	10	916,43	2,30	6,82	15,70	5,30
4	25	1265,26	3,22	7,14	22,99	10,36
5	50	1339,67	3,91	7,20	28,17	15,30
6	100	1518,59	4,61	7,33	33,74	21,21
7	500	1932,06	6,21	7,57	47,02	38,62
7	692	8129,80	22,56	48,71	162,43	93,87
Ln (K) =	6,1280	K =	458,5337	m =	0,2579	

Fuente: Dávila, H., Rivera, M., 2018.

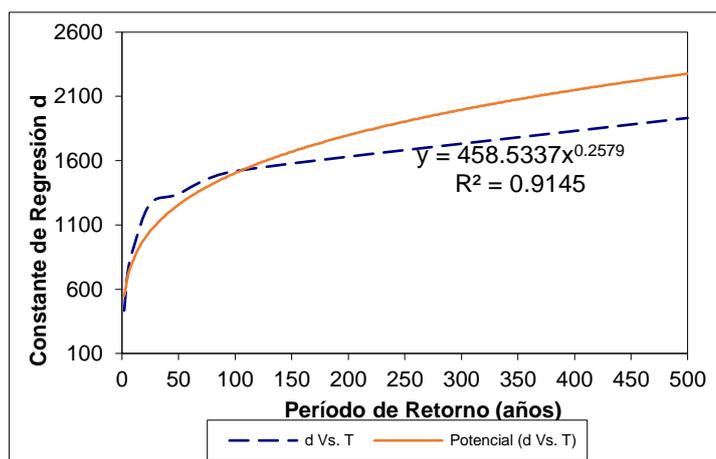


Figura 3.8 Regresión Potencial.

Fuente: Dávila, H., Rivera, M., 2018.

Después de haber establecido todos los parámetros necesarios, se puede generar la ecuación de intensidad para los valores utilizados de la respectiva estación. Cabe acotar que dicha ecuación sólo puede emplearse en esta estación, ya que para cualquier otra los parámetros y valores de precipitación son distintos.

La ecuación de intensidad apropiada para la cuenca de drenaje es la siguiente:

$$I = \frac{458,5337 * T^{0,257875}}{t^{0,61885}}$$

El comportamiento de la intensidad de precipitación puede ser apreciado de una mejor manera en la tabla que se muestra a continuación:

Tabla XXV. Resumen de aplicación de regresión potencial.

Tabla de intensidades - Tiempo de duración												
Frecuencia	Duración en minutos											
años	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	202,51	131,87	102,61	85,87	74,80	66,82	60,74	55,92	51,99	48,71	45,92	43,51
5	256,48	167,02	129,96	108,76	94,73	84,63	76,93	70,82	65,85	61,69	58,16	55,11
10	306,68	199,71	155,39	130,05	113,27	101,19	91,98	84,69	78,73	73,76	69,54	65,89
25	388,43	252,94	196,81	164,71	143,47	128,16	116,50	107,26	99,72	93,42	88,07	83,46
50	464,45	302,44	235,33	196,95	171,55	153,24	139,30	128,25	119,24	111,71	105,31	99,79
100	555,35	361,64	281,38	235,49	205,12	183,23	166,56	153,35	142,57	133,57	125,92	119,32
500	841,03	547,67	426,13	356,64	310,64	277,49	252,24	232,24	215,91	202,28	190,70	180,70

Fuente: Dávila, H., Rivera, M., 2018.

Curvas IDF de la cuenca

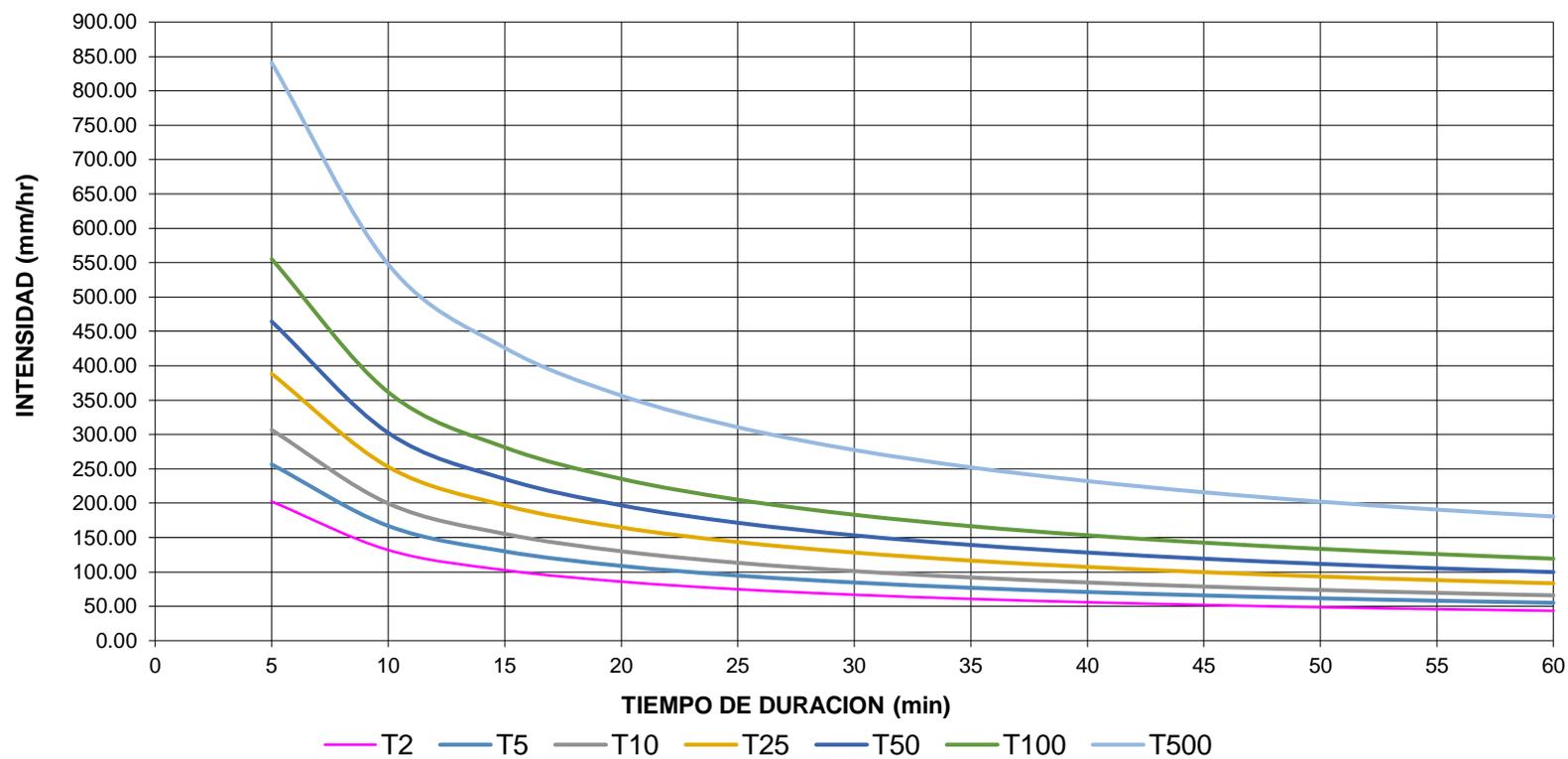


Figura 3.9 Curvas IDF de la cuenca

Fuente: Dávila, H., Rivera, M., 2018.

3.3.1.2 Cálculo de caudal

El caudal que se encuentra en el Río Gramador, es producto del afluente generado por la cuenca de dicho río. Para realizar una estimación de este caudal se requiere un estudio de la cuenca de drenaje, que a más de los parámetros hidrológicos previamente calculados, resulta indispensable conocer ciertos parámetros geofísicos.

La cuenca del Gramador ha sido descrita y estudiada en capítulos previos, y se puede mencionar que debido a la forma ensanchada, podría presentarse un tiempo de concentración con un valor no tan grande. Además cabe indicar que debido a su baja pendiente, consecuencia de su situación geográfica, podría incrementar el tiempo de concentración antes citado.

A continuación se determinará el caudal de salida de la Cuenca del Río Gramador, con base a la estación hidrológica M780. Aun cuando la estación no se ubique en el área de la cuenca de drenaje, será la seleccionada para el cálculo, debido a la ausencia de otras estaciones en la zona.

a estimación del caudal será analítico, por medio del método racional modificado (Temez), dado que las características y parámetros son propicios para la aplicación de esta metodología.

Tabla XXVI. Parámetros de la Cuenca del Río Gramador.

DATOS DE LA CUENCA	
ÁREA	13,14 km ²
PERIMETRO	16,80 km
LONGITUD DEL CAUCE	6834,14 m
DESNIVEL	360,00 m
PARÁMETROS DE FORMA	
FACTOR DE COMPACIDAD	1,29
FACTOR DE FORMA	0,28
PENDIENTE	0,05

Fuente: Dávila, H., Rivera, M., 2018.

Se puede notar que el área que posee la cuenca de drenaje no permite la aplicación del método racional, por lo que se utilizará el método racional modificado (Temez).

Tabla XXVII. Comparación método racional vs Método racional modificado.

MÉTODO RACIONAL MÉTODO TEMEZ	
Tiempo de concentración de la cuenca (Tc) < 6Hr	0,25Hr < Tiempo de concentración de la cuenca (Tc) < 24Hr
	1 km ² < Área de la cuenca < 3.000 km ²

Fuente: HidrojING.

Método racional modificado Temez.

$$Q = 0,278 * C * I * A * K$$

Donde:

Q: caudal

C: coeficiente de escorrentía

I: intensidad

A: área

K: coeficiente de uniformidad

Tiempo de concentración (Tc)

$$T_c = 0,3 \left(\frac{L}{s^{0,25}} \right)^{0,76}$$

Donde:

L: longitud del cauce mayor (km)

s: pendiente promedio (m/m)

$$T_c = 0,3 \left(\frac{6,83}{0,05^{0,25}} \right)^{0,76}$$

$$T_c = 2,23 \text{ hr}$$

OBSERVACIÓN:

Se puede notar que el tiempo de concentración depende únicamente de la topografía.

a. Coeficiente de uniformidad

$$K = 1 + \frac{T_c^{1,25}}{T_c^{1,25} + 14}$$

Donde:

Tc: tiempo de concentración (hr)

$$K = 1 + \frac{2,23^{1,25}}{2,23^{1,25} + 14}$$

$$K = 1,16$$

b. Coeficiente de simultaneidad

$$K_A = 1 - \left(\log_{10} A / 15 \right)$$

Donde:

A: área de la cuenca (km²)

$$K_A = 0,92$$

c. Precipitación máxima corregida (P)

$$P = K_A * P_d$$

Donde:

Ka: factor reductor

Pd: precipitación máxima diaria (mm)

$$P = 282,14 \text{ mm}$$

d. Intensidad de precipitación

$$I = \left(\frac{P}{24}\right) * 11^{\left(\frac{28^{0,1} - Tc^{0,1}}{28^{0,1} - 1}\right)}$$

Donde:

P: precipitación máxima corregida (mm)

Tc: tiempo de concentración (hr)

NOTA:

La metodología propuesta por Temez, recomienda que la fórmula de intensidad sea empleada para el cálculo de la misma, pero dado que en el estudio se determinó una ecuación para la intensidad de precipitación de la zona, con base a los valores de la cuenca de drenaje. Por tanto la ecuación establecida en conjunto con el tiempo de concentración se utilizará para el cálculo de la intensidad de lluvia.

$$I = \frac{458,5337 * T^{0,257875}}{t^{0,61885}}$$

$$I = 50,73 \text{ mm/hr}$$

e. Coeficiente de escorrentía (C)

$$C = \frac{(P_d - P_0) * (P_d + 23P_0)}{(P_d + 11P_0)^2}$$

Donde:

Pd: precipitación máxima diaria (mm)

Po: umbral de escorrentía

$$S = \frac{5000}{CN} - 50 \qquad S = \frac{25400}{CN} - 254$$

Siendo CN el número de curvatura.

Tabla XXVIII. Número de escorrentía para usos de tierra agrícola, suburbana y urbana.

DESCRIPCIÓN DEL USO DE LA TIERRA	GRUPO HIDROLÓGICO DEL SUELO			
	A	B	C	D
Tierra cultivada ¹ : sin tratamientos de conservación	72	81	88	91
con tratamiento de conservación	62	71	78	81
Pastizales: condiciones pobres	68	79	86	89
condiciones óptimas	39	61	74	80
Vegas de ríos: condiciones óptimas	30	58	71	78
Bosques: troncos delgados, cubierta pobre, sin hierbas,	45	66	77	83
cubierta buena ²	25	55	70	77
Áreas abiertas, césped, parques, campos de golf, cementerios, etc.				
óptimas condiciones: cubierta de pasto en el 75% o más	39	61	74	80
condiciones aceptables cubierta de pasto en el 50 al 75%	49	69	79	84
Áreas comerciales de negocios (85% impermeables)	89	92	94	95
Distritos Industriales (72% impermeables)	81	88	91	93
Residencial ³ :				
Tamaño promedio del lote				
Porcentaje promedio impermeable ⁴				
1/8 acre o menos	65			
1/4 acre	38	77	85	90
1/3 acre	30	61	75	83
1/2 acre	25	57	72	81
1 acre	20	54	70	80
		51	68	79
Parqueadores pavimentados, techos, accesos, etc. ⁵	98	98	98	98
Calles y carreteras:				
Pavimentados con cunetas y alcantarillados ⁵	98	98	98	98
Grava	76	85	89	91
Tierra	72	82	87	89

Fuente: Ven T Chow.

Acorde al tipo de vegetación: bosque, y al grupo hidrológico del suelo C; se adopta un CN=77, debido a la existencia de un tipo de cubierta buena.

Por tanto:

$CN = 77$ (Bosque con cubierta buena)

$$CN_{\text{corregido}} = 88,50$$

$$S = \frac{25400}{88,50} - 254 = 32,98 \text{ mm}$$

$$C = \frac{(306,68 - 32,98) * (306,68 + 23 * 32,98)}{(306,68 + 11 * 32,98)^2}$$

$C = 0,65$ Se adopta un $C = 0,66$

Finalmente:

$$Q = 0,278 * C * I * A * K$$

$$Q = 0,278(0,66)(50,73)(13,14)(1,16)$$

$$Q = 142,29 \text{ m}^3/\text{s}$$

Se estima que el caudal máximo que el Río Gramador transporta es de 142,29 m³/s, esta cifra nos da una idea de la gran cantidad de agua que se podría embalsar gracias a la cuenca de drenaje de este río.

Para el diseño de obras de ingeniería resulta indispensable hacer un análisis de los escenarios posibles, inclusive los que

podrían suceder de manera muy remota. Es por tal razón que se ha elaborado una tabla con los períodos de retorno que incluye a 50 y 100 años vs el caudal estimado que transportaría el río. La misma se muestra a continuación:

Tabla XXIX. Caudal vs Período de retorno.

Período de Retorno	Intensidad (mm/hr)	Caudal (m³/s)
25 años	50,73	142,29
50 años	60,66	170,14
100 años	72,53	203,43

Fuente: Dávila, H., Rivera, M., 2018.

CAPÍTULO 4

DISEÑO DE LA PRESA

4.1 Determinación del eje de presa

Después de un análisis minucioso de los estudios previos al diseño, para poder internarse al mismo, el primer paso y de los más importantes es reconocer la ubicación más acertada para colocar la obra hidráulica. Se debe poner atención en varios aspectos, entre los cuales se puede mencionar el tipo de terreno que ofrece la zona para la cimentación, la naturaleza de los sitios de empotramiento que posteriormente contribuirán a la estabilidad de la presa. Otra de las consideraciones es la disponibilidad y ubicación de los bancos de materiales, que de presentarse el caso óptimo, puedan aportar al ahorro de transporte materiales de lugares apartados. Por último y no menos importante, que el embalse a construirse esté optimizado de tal manera que sea el de mayor capacidad posible, con dimensiones de la obra de represamiento mínimas.

Bajo las consideraciones previamente mencionadas, además de criterio, se estableció el lugar para la obra, ubicada a pocos kilómetros de la población. Con una topografía que aporta de buenas características para la implantación de la presa, gracias a la existencia de dos cerros y que en uno de ellos, hay las condiciones aptas para ubicar la obra de excedencia de la presa (aliviadero).

4.2 Selección del tipo de presa

Posterior a haber elegido el sitio más favorable para la presa, se procede a definir el tipo de presa a construir, con base en características geológicas prioritariamente.

Según el objetivo de la obra, el tipo de presa en cuestión está dentro del tipo de presas de embalse, puesto que se busca acumular agua para uso de la población de la comuna Febres Cordero, así como para riego.

Un dato interesante es que, en lo que a la altura de la presa respecta, más del 80% de las presas construidas de menos de 30 m son de materiales sueltos, es decir, presas de tierra. A partir de los 150 m de altura, el 60% de dichas presas son de hormigón, esto se debe a que en los amplios valles se admiten presas de poca altura solamente, porque estos sitios se caracterizan por tener materiales sedimentarios o de pobre resistencia.

Las condiciones de cimentación y de emplazamiento de estructuras auxiliares como el vertedero, son factores que predominan en la elección del tipo de presa. En las presas de hormigón, la obra de excedencia puede estar dentro del cuerpo de la misma, lo que facilita el proceso constructivo y contribuye a la economía. Lo que por el contrario ocurre en las presas de materiales sueltos como son las de tierra o escolleras,

ya que las obras terminales implican mayor complejidad dado que deben encontrarse de manera independiente del cuerpo de la presa. Esto último garantiza la estabilidad de la obra hidráulica.

Con los fundamentos antes expuestos, se descarta la construcción de una presa de hormigón puesto que el terreno se asemeja más a un valle amplio, cabe mencionar que la altura de embalse se encuentra en los 35 m. Por tanto la opción más oportuna es la construcción de una presa de material suelto. En este tipo de presa, la consideración preponderante es la disponibilidad de materiales.

Se puede observar que el entorno en el cual se emplazaría la obra, existen bancos de materiales tanto para conformar los espaldones (material limoso), como el núcleo o dentellón de la presa (arcilla). De manera adicional, a una distancia de menos de 1 km, se encuentra un lugar del cual se puede obtener el material para el filtro de la obra. Como se puede apreciar es un sitio muy favorable, ya que los materiales disponibles se encuentran relativamente cerca del lugar que será el eje de la presa.

Dentro de las presas de materiales sueltos, resulta importante establecer la diferencia entre las características de la cimentación para las presas de tierra y las de pedraplén o escollera. Para el primer tipo, se tiene un comportamiento flexible con una baja transmisión de cargas al suelo, a

pesar de esto, de existir la presencia de suelos aluviales flojos, depósitos de baja resistencia o zonas muy alteradas, no se admiten como terrenos de cimentación. Las presas del segundo tipo (pedraplén o escollera) se comportan de manera más rígida, además de transmitir mayores tensiones a la cimentación.

Por las características de la zona, y los criterios analizados de manera previa, se considera que la presa propicia para este sitio es la de tierra.

4.2.1 Selección del tipo de presa de tierra

Las presas de tierra tienen la particularidad de que la mayor parte del terraplén es construido por medio de compactación mecánica de estratos sucesivos, existen tres tipos de estas presas: de pantalla, homogénea y heterogénea.

De pantalla

Para este tipo de presa, el terraplén se construye con materiales permeables, tales como arenas, gravas o rocas, colocando una pantalla fina de material impermeable que compone una barrera que no permite la infiltración de agua. Acerca de la ubicación de la pantalla, es variada, ya que puede ser desde un manto en el paramento aguas arriba, hasta implicar un núcleo vertical en el

centro de la presa. Dicha pantalla puede ser construida con tierra, hormigón bituminoso, entre otros materiales.

Homogénea

El terraplén de este tipo de presa de tierra se conforma de material de una sola clase. El material mencionado debe ser lo suficientemente impermeable para proveer de estanqueidad suficiente, además los taludes cumplir con la rigurosidad en cuanto a estabilidad se refiere, por lo que generalmente son tendidos.

Heterogénea o zonada

Es el tipo más común de presa de tierra, compactada con una sección en el núcleo central impermeable, cubierto por zonas de material más permeables.

Las zonas más permeables desempeñan la función de proteger el núcleo, en lo que respecta al paramento aguas arriba, la región más permeable del mismo, proporciona estabilidad en los desembalses rápidos. Por otro lado, la zona del paramento aguas actúa como dren para controlar las filtraciones.

Una de las sugerencias principales que nos da el Manual de Diseño de Presas Pequeñas del Bureau of Reclamation en el momento de decidir por un tipo de presa es, con base en registros

estadísticos de obras similares, es decir que las características de la zona sean parecidas y el objetivo del proyecto sea el mismo.

Algunas de las ventajas de emplear presas heterogéneas son:

- Permite un mayor aprovechamiento de los materiales excavados de los yacimientos de la presa, aliviadero, desagüe y otras construcciones anexas.
- Permite la utilización de taludes más inclinados, lo que implica la disminución del volumen total del terraplén.
- Permite disponer de una variedad de materiales.

4.3 Diseño de la sección típica

4.3.1 Alternativas de diseño

Se mencionó anteriormente que para optimizar recursos (costos mínimos), se debe proyectar la presa de tal manera que se aproveche al máximo la mayor parte de los materiales disponibles, incluyendo el material que debe excavarse para realizar la cimentación. En la mayoría de los casos, estos materiales son menos adecuados para utilizar, que los suelos extraídos de zonas de préstamos. La conveniencia económica juega un papel importante, de esta manera, se deben utilizar al máximo.

Por lo general los taludes aguas arriba en las presas de tierra, varían desde 2:1 hasta 4:1 para garantizar la estabilidad. Normalmente se adoptan de 2,5:1 hasta 3:1. En ocasiones los taludes aguas arriba son más suaves con el objetivo de evitar costos de protección excesivos.

Los taludes en el paramento aguas abajo de la presa son generalmente adoptados de 2:1 cuando el terraplén se proyecta con una zona permeable aguas abajo y de 2,5:1 cuando el dique es impermeable.

Cuando se desea qué taludes son los más acertados, existen consideraciones adicionales para este tipo de presa. Dichos parámetros son: tipo de núcleo y tipo de material a utilizar para la construcción de diversas zonas (espaldones, núcleo).

4.3.1.1 Tipo de núcleo

El núcleo de la sección es de tipo mínimo A, cimiento impermeable o poco permeable como es el cimiento rocoso que de manera adicional posee una pantalla inyectada de hormigón.

4.3.1.2 Ancho de corona.-

El ancho de corona depende de varios factores como:

- Altura e importancia de la estructura.
- La probabilidad de su construcción.
- La naturaleza de los materiales empleados en el terraplén.
- Necesidad de adecuar una carretera sobre la misma.

El ancho mínimo de coronación debe ser capaz de proporcionar con un coeficiente de seguridad apropiado, un gradiente de filtración a través del dique a nivel de embalse lleno. Dado que existen dificultades prácticas para determinar el coeficiente mencionado, el ancho de coronación se determina de forma empírica y con base a información verdadera. Se sugiere la fórmula que se muestra:

$$w = \frac{z}{5} + 3$$

Donde;

w: ancho de la corona en metros

z : altura de la presa en metros (tomado desde la parte más baja)

Cálculo:

$$z = 35 \text{ m} \qquad w = \frac{35}{5} + 3$$

$$w = 10 \text{ m}$$

La corona deberá tener un ancho mínimo de 10 m, pero como fue mencionado previamente, entre los factores importantes que influyen en la misma, se encuentra la proyección de una carretera. Tal es el caso de este proyecto. Como para este prediseño se va a tomar una sección típica de presa, por tanto se adopta un ancho de corona de 8 m.

De acuerdo a los criterios expuestos, se determina que la sección del terraplén de la presa es el siguiente:

Tipo de presa: Presa de tierra heterogénea o zonada con núcleo central de arcilla.

- Altura máxima: 35 m.
- Cota de máximo embalse: 112 m.s.n.m.

- Cota de corona: 115 m.s.n.m.
- Longitud: 328,46 m.
- Ancho de corona: 8 m.
- Talud de espaldón aguas arriba: 2:1
- Talud de espaldón aguas abajo: 2:1
- Bermas: 4m

4.3.1.3 Filtro

En algunas ocasiones es necesario un filtro entre la zona impermeable (núcleo) y la semi-permeable (espaldones) aguas abajo, y una capa de drenaje debajo de la capa permeable aguas abajo. Las capas mencionadas de filtro-drenes deben cumplir con ciertas especificaciones.

El Bureau of Reclamation ha experimentado en diversas ocasiones, con lo cual recomienda lo siguiente para satisfacer los criterios de estabilidad del filtro. Además de otorgar un aumento en la permeabilidad entre la base y el filtro, en este caso se hace referencia al filtro horizontal (en el pie de la presa aguas abajo).

$$\frac{D_{15} \text{ del filtro}}{D_{15} \text{ del material de base}} D_{15} \geq 5$$

$$\frac{D_{15} \text{ del filtro}}{D_{85} \text{ del material de base}} \leq 5$$

$$\frac{D_{85} \text{ del filtro}}{\text{m}{\acute{a}}\text{xima abertura del tubo de drenaje}} \geq 2$$

Habitualmente el filtro debe poseer una curva granulom{e}trica uniforme para conceder permeabilidad y evitar segregaci{on} durante el procesamiento, manejo y colocaci{on}.

4.3.1.4 Protecci{on} del paramento aguas arriba

El paramento aguas arriba debe poseer una protecci{on} para el efecto del oleaje que se produce en el embalse por acci{on} del viento. Las clases de protecci{on} para taludes m{a}s usuales son: escolleras vertidas, colocadas a mano y los pavimentos de hormig{on}.

Es preciso que la protecci{on} se extienda desde la coronaci{on} de la presa hasta una distancia apropiada por debajo del nivel m{in}imo de agua.

Acorde a valores estadísticos reportados por el Bureau of Reclamation, se ha encontrado que la protección de escollera vertida muestra un mejor desempeño, además de gozar de un costo de construcción y mantenimiento menor que otras clases de protección.

La escollera vertida radica en verter in situ, piedras o fragmentos de roca en el talud. Esta roca debe tener ciertas características, la más importante, ser resistente a meteorización, además de dura y densa. Un gran porcentaje de las rocas ígneas y metamórficas, calizas y ciertas areniscas resultan en escolleras de excelente calidad. El espesor debe ser el suficiente para alojar adecuadamente el peso y tamaño de la roca, a lo que se ha decidido un espesor de 0,9 a 1m.

4.3.2 Análisis de estabilidad

El análisis de estabilidad de la presa se verifica mediante las corridas del programa geotécnico GALENA Versión 6.10. Este software permite realizar los análisis de estabilidad mediante los métodos de Bishop y de Spencer-Wright.

Se realizaron corridas en diferentes condiciones para el prediseño realizado que comprende la Presa Heterogénea o Zonada con núcleo impermeable.

En la primera corrida, no se considera la presencia de sismos, pero sí el máximo nivel de embalse. El factor de seguridad determinado es de 2.60, valor que refleja gran estabilidad.

Para la segunda corrida, se considera una aceleración sísmica de 0.40g, dadas las indicaciones del software GALENA, se establece como aceleración horizontal el 50% de la máxima aceleración asumida, esto es 0,20g. En las condiciones previamente mencionadas, se tiene una disminución súbita en el factor de seguridad, con un valor de 1.01, lo cual aún conlleva una condición de estabilidad, por tanto la presa no ha sido afectada.

En síntesis se puede mencionar que la solución de presa proyectada en el prediseño es estable, inclusive en las condiciones más críticas.

Todos los gráficos y detalles proporcionados por el programa se encuentran en la sección de Anexos.

4.3.3 Análisis de filtraciones

Se realiza esta clase de análisis para valorar numéricamente el caudal que podría perder el embalse, por el efecto de infiltración del agua a través del cuerpo de la presa y la cimentación.

Para llevar a cabo este análisis se dispuso del método de redes de flujo. Esto es una solución gráfica de la ecuación de escurrimiento de los líquidos a través de los medios porosos para el flujo en el cuerpo de la presa. El análisis de redes de flujo se basa en la ecuación de flujo en medios porosos de Henry Darcy (1856).

$$Q = K * i * A$$

Donde;

K: coeficiente de permeabilidad.

i: gradiente hidráulico.

A: área de drenaje.

La ecuación que se muestra a continuación es una variante de la ecuación de flujo de Darcy que aparece de una modelación del

flujo bidimensional, tomada del libro Mecánica de Suelos Práctica, Ing. Carmen Terreros de Varela.

$$\frac{Q}{L} = kH \frac{Nf}{Nd}$$

Donde;

Q: caudal o gasto (cm³/s).

k: coeficiente de permeabilidad (cm/s).

H: pérdida de carga en el flujo (cm).

Nd: número de líneas equipotenciales.

Nf: número de conductos de flujo.

L: longitud del eje de presa.

Los coeficientes de infiltración para el material tanto de los espaldones, como del núcleo se mencionan a continuación:

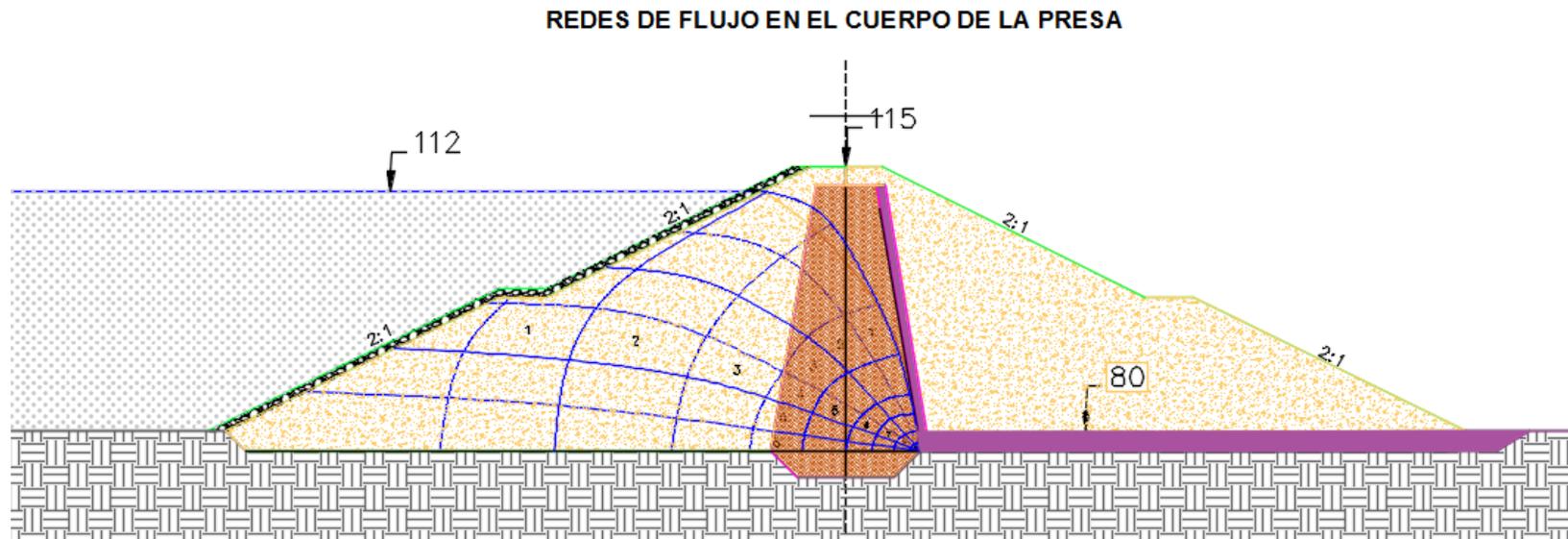


Figura 4.1 Redes de flujo en el cuerpo de la presa.

Fuente: Dávila, H., Rivera, M., 2018.

$$K_{\text{espaldones}}: 1,3 \times 10^{-5} \text{ cm/s}$$

$$\frac{Q}{L} = 0,022 \text{ cm}^3/\text{seg}/\text{cm}$$

$$K_{\text{espaldones}}: 1,5 \times 10^{-8} \text{ cm/s}$$

$$Q = 0,022 * 32846$$

$$\frac{Q}{L} = \left((0,79) 1,3 \times 10^{-5} \right) + \left((0,21) 1,5 \times 10^{-8} \right) (3200) \frac{6}{9}$$

$$Q = 720 \text{ cm}^3/\text{seg}$$

CAPÍTULO 5

DISEÑO DE LA OBRA DE EXCEDENCIA

5.1 Diseño de la Obra de excedencia

Un vertedero hidráulico es una obra civil, cuya función es la de regular el caudal que tiene un embalse cuando existen avenidas que no pueden ser represadas, el exceso de agua que escapa es dirigido posteriormente a un cauce o río.

Esta obra civil se debe de realizar ya que es de mucha importancia, dado a que la mayor parte de las fallas en las presas son de aquellos vertederos mal proyectados o de poca capacidad. El cauce natural que se represará es el conformado de pequeñas cuencas que desembocan en el sitio del proyecto.

En la inspección realizada para el diseño de la obra, se nota que aguas abajo está ubicado el pueblo de Febres Cordero, el cual resultaría severamente afectado si ocurriese una falla de la presa, poniendo en riesgo las vidas de las personas como también las pérdidas materiales.

La avenida de diseño a considerar, será la avenida máxima constatada en un periodo razonable de tiempo, por lo que se ha tomado el valor de 275,69 mm obtenido de cálculos estadísticos con una proyección de 25 años de una lluvia de 271,1 mm registrado en Abril de 1992. Este dato de lluvia fue obtenido a través de los estudios de precipitaciones

máximas diarias mensuales en el periodo de registros constatados de los anuarios meteorológicos del INAMHI.

5.2 Establecimiento de la cota del vertedor

Una vez establecido el nivel máximo de embalse en la cota 115, se pudo estimar la cota del canal de aproximación (parte superior del vertedor) en 113 m.s.n.m. Esta estructura realizará su función cuando el embalse sobrepase la cota 115.

5.3 Ubicación del eje del vertedor

Esta obra civil está ubicada en la cercanía al empotramiento derecho de la Presa, se muestra de manera gráfica la posición del vertedor.



Figura 5.1 Eje de implantación del aliviadero.
Fuente: Dávila, H., Rivera, M., 2018.

5.4 Diseño del aliviadero

El vertedor está compuesto por cinco partes: canal de aproximación, sección de control o aliviadero, sección de descarga o rápida, estructura terminal o dissipador de energía y canal excavado de descarga.

5.4.1 Canal de aproximación

Es un canal elaborado de hormigón armado; sirve para conducir agua desde el embalse hasta el sitio de la obra de control, posee un ancho igual al del aliviadero y una longitud aproximada de 50 metros.

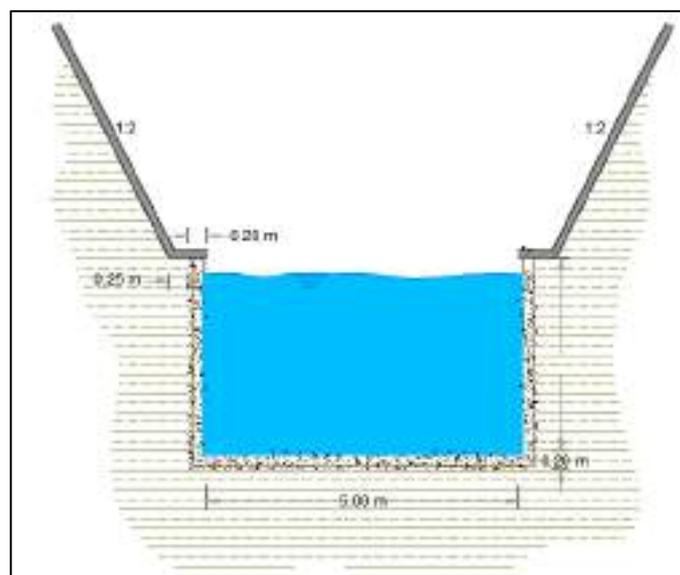


Figura 5.2 Eje de implantación del aliviadero.

Fuente: Dávila, H., Rivera, M., 2018.

5.4.2 Estructura de control

Es uno de los mecanismos más importantes que comprende un vertedero hidráulico, su función es la de controlar la descarga de agua del embalse cuando el nivel de agua cuando ésta sobrepasa el nivel máximo de embalse (NME), de tal forma se protege la estabilidad de la presa cuando el nivel de agua se encuentra bajo del NME.

5.4.2.1 Selección del tipo de Vertedero

Una vez sabiendo los distintos comportamientos del flujo que el agua puede tomar en el vertedero, se muestran diferentes observaciones para la realización de la obra de excedencia, ellos son:

- **Vertedero de Pared Delgada**

Se entiende por vertedero de pared delgada a cualquier placa que posea aristas agudas. Teniendo presente la facilidad con la que se va a construir dadas las circunstancias del terreno, se seleccionó al canal y al vertedero de forma rectangular.

La ecuación representativa del gasto de agua que va a través de la sección transversal del vertedero es la siguiente:

$$Q = \frac{2}{3} \sqrt{2g} \mu b h^{\frac{3}{2}} \text{ o simplemente } Q = \frac{2}{3} C b h^{\frac{3}{2}}$$

En donde:

Q: caudal, expresado en m³/s

g: aceleración de la gravedad

μ: coeficiente de gasto

b: ancho del vertedero

h: carga hidráulica, expresada en metros

A pesar de que la fórmula resulte ser sencilla, existe una complicación en el cálculo del coeficiente de gasto (μ), puesto que es útil únicamente si se garantiza que la superficie inferior de la lámina vertiente tendrá una ventilación apropiada.

Teniendo en cuenta de que la velocidad de llegada es insignificante y además con el afán de no tener presiones negativas por la existencia de contracciones en las paredes, se propone que la cima del vertedero sea del mismo ancho que la del canal de aproximación.

Los parámetros de diseño que se tuvieron en cuenta eran que la cresta del vertedero tiene que estar completamente horizontal, el bisel que lo compone no sea mayor a 20 cm, el plano del vertedero normal al flujo y la cara aguas arriba de manera lisa y vertical.

Para el cálculo del coeficiente de gasto se utiliza la fórmula de Hegly para un b = B Sotelo 1995, Hidráulica General

$$\mu = \left[0.6075 + \frac{0.0041}{h} \right] * \left[1 + 0.55 * \left(\frac{h}{h + w} \right)^2 \right]$$

Donde:

μ : coeficiente de gasto

h: carga hidráulica en metros

w: altura del paramento en metros

En la siguiente tabla se muestran cálculos del diseño del vertedero hidráulico de pared delgada

Tabla XXX. Parámetros de diseño para el aliviadero rectangular.

Parámetros de Diseño	
Caudal (Q)	142.29 m ³ /s
Coefficiente C	2.13 L ^{1/2} T ⁻¹
b = B	8.00 m

Fuente: Dávila, H., Rivera, M., 2018.

Una vez teniendo los datos, procedemos a calcular las dimensiones del vertedero realizando iteraciones, donde hacemos uso del caudal de diseño obtenido en el capítulo 3, una longitud de cresta cuyo ancho es igual al del canal de aproximación ($b = B$) y un coeficiente de gasto C estimado, todo esto para hallar los valores del parámetro y gradiente hidráulico siendo necesarios para el cálculo del coeficiente de gasto μ y por consecuente un C , los cuales deben de generar un caudal mayor o igual al de diseño.

Se adopta un valor conservador de carga hidráulica de 3.75 m que es resultado de las iteraciones obtenidas. Teniendo los valores de altura de las paredes, se debe recalcular el caudal para comprobar las aproximaciones utilizando la ecuación para vertedores de pared delgada.

Tabla XXXI. Estimaciones del parámetro u.

c	b	h	w	u	
2.00	8.00	4.29	3.20	0.6330	intento_1
1.95	8.00	4.37	3.25	0.6331	intento_2
1.90	8.00	4.44	3.35	0.6316	intento_3
1.85	8.00	4.52	3.40	0.6318	intento_4
1.80	8.00	4.60	3.45	0.6322	intento_5

Fuente: Dávila, H., Rivera, M., 2018.

$$Q = Cbh^{\frac{3}{2}}$$

Asignando valores de w en base a los criterios de diseño propuestos por Hegly, se obtiene un factor C apropiado.

Tabla XXXII. Estimaciones de caudal, dado un parámetro w.

w	h	u	C	Q
3	4.15	0.7212	2.13	144.04
3.2	4.15	0.7152	2.11	142.84
3.4	4.15	0.7096	2.09	141.72
3.6	4.15	0.7045	2.08	140.69
3.8	4.15	0.6997	2.07	139.74

Fuente: Dávila, H., Rivera, M., 2018.

Con 3.2m de altura de pared, se obtuvo un valor de caudal muy aproximado al valor de diseño, teniendo esto se podría seleccionar un vertedero de pared delgada con base de 8m. Lamentablemente dadas las circunstancias topográficas no se podría garantizar la ventilación de la lámina vertiente, de esta forma existiría la posibilidad de que se generen problemas en la estabilidad de las paredes del canal y desgaste en las mismas por lo que es preferible realizar un análisis diferente de vertedor el cual se ajuste mejor a las circunstancias del terreno y topografía del lugar.

- **Vertedor de Pared Gruesa.**

Este vertedero no posee una arista afilada, más bien tiene una de espesor grande. Para este tipo de vertedero, se considera la relación e/h (espesor versus gradiente hidráulico), en caso de cumplirse que la relación $e/h < 0.67$, la lámina vertiente se separaría de la cresta de tal forma como ocurriría con un vertedor de pared delgada; por otro lado, si la relación de $e/h > 0.67$ la lámina vertiente se fija a la cresta del vertedor.

Seguidamente se propuso diseñar un vertedor de sección rectangular con el afán de hacer más fáciles los análisis y los cálculos. Utilizaremos el método planteado por Bazin, donde

interviene la ecuación de gasto anteriormente escrita, afectada por un factor de reducción, como se denota a continuación:

$$Q = \varepsilon_1 C b h^{\frac{3}{2}}$$

Bajo estas circunstancias, el coeficiente C es el de un vertedor de pared delgada, sin contracciones laterales con descarga libre, en cambio el factor de reducción ε_1 depende de la relación e/h según la siguiente ecuación:

$$\varepsilon_1 = 0.7 + \frac{0.185}{e/h}$$

Aplica únicamente cuando la relación $e/h \leq 3$. Debido a que en el procedimiento se utilizan los mismos factores de la fórmula para vertederos rectangulares de pared delgada, se procede a comprobar y verificar la relación $e/h > 0.67$ del vertedor de pared gruesa, esto servirá para encontrar un valor de caudal aproximado al caudal de diseño.

Iteración #1**Tabla XXXIII.** Primer tanteo de espesores de paramento para cálculo de caudal.

e	h	e/h	ϵ_1	Q
2.80	4.5	0.622	0.9973	137.093
2.90	4.5	0.644	0.9871	135.684
3.00	4.5	0.667	0.9775	134.369
3.10	4.5	0.689	0.9685	133.138
3.20	4.5	0.711	0.9602	131.985

Fuente: Dávila, H., Rivera, M., 2018.

Iteración #2**Tabla XXXIV.** Segundo tanteo de espesores de paramento para cálculo de caudal.

e	h	e/h	ϵ_1	Q
2.80	4.5	0.622	0.9973	140.902
2.90	4.5	0.644	0.9871	139.453
3.00	4.5	0.667	0.9775	138.101
3.10	4.5	0.689	0.9685	136.836
3.20	4.5	0.711	0.9602	135.651

Fuente: Dávila, H., Rivera, M., 2018.

Iteración #3**Tabla XXXV.** Tercer tanteo de espesores de paramento para cálculo de caudal.

e	h	e/h	ϵ_1	Q
2.80	4.5	0.622	0.9973	144.710
2.90	4.5	0.644	0.9871	143.222
3.00	4.5	0.667	0.9775	141.834
3.10	4.5	0.689	0.9685	140.535
3.20	4.5	0.711	0.9602	139.317

Fuente: Dávila, H., Rivera, M., 2018.

Para la selección del vertedero de pared gruesa se debe de cumplir la condición necesaria de que la relación e/h sea mayor que 0.67, a partir de esto se analizará los caudales más cercanos al de diseño.

Se nota que a través de los tanteos realizados y en algunos casos logrando la condición necesaria, no alcanzamos el caudal de diseño (142.29 m³/s): por lo que, un vertedero de pared gruesa no tiene un desempeño satisfactorio.

- **Cimacio.**

Es un perfil cuya forma peculiar es una S, esta forma hace que la lámina de agua ajuste al perfil, impidiendo la entrada de aire a la cara inferior de la lámina de agua, logrando así una mayor eficacia de descarga.

Este vertedero está comprendido en dos partes:

La primera, una cresta vertedora determinada por una curva circular compuesta; la segunda, se rige a la función dada a continuación:

$$\frac{y}{H_0} = -K \left(\frac{x}{H_0} \right)^n$$

Donde K y n son constantes regidas por la inclinación del paramento aguas arriba y de la velocidad de llegada.

Para el cálculo de la curva, se utilizarán los datos detallados a continuación:

Tabla XXXVI. Propiedades del vertedor.

PROPIEDADES DEL VERTEADOR	
Longitud de cresta (L)	8 m
Tirante de Agua (Ho)	4.5 m
Paramento (P)	2 m

Fuente: Dávila, H., Rivera, M., 2018.

Tabla XXXVII.
Resultados de los
ábacos para el
cálculo de diferentes
parámetros.

RESULTADOS DE ÁBACOS	
Xc	0.968
Yc	0.354
K	0.515
n	1.835
R1	1.995
R2	0.842

Fuente: Dávila, H.,
Rivera, M., 2018.

Datos del cimacio aguas abajo:

Tabla XXXVIII. Puntos aproximados para la creación del cimacio.

X	(metros)	Y	(metros)
0.00		0.000	
0.10		-0.002	
0.20		-0.008	
0.30		-0.017	
0.40		-0.029	
0.50		-0.043	
0.60		-0.061	
0.70		-0.081	
0.80		-0.103	
0.90		-0.128	
1.00		-0.155	
1.10		-0.185	
1.20		-0.217	
1.30		-0.251	
1.40		-0.288	
1.50		-0.326	
1.60		-0.367	
1.70		-0.411	
1.80		-0.456	
1.90		-0.504	
2.00		-0.553	

Fuente: Dávila, H., Rivera, M., 2018.

La descarga sobre la cresta del cimacio se rige a la siguiente ecuación:

$$Q = CLH^{\frac{3}{2}}$$

Donde:

Q: Caudal

C: Coeficiente de descarga

L: Longitud efectiva de la cresta (ancho de cresta)

He: Carga total sobre la cresta (incluye las pérdidas por la velocidad de llegada)

El coeficiente C es variable, se ve afectada por cinco causas; entre ellas:

- Forma de la cresta.
- Profundidad de llegada.
- Pendiente de llegada.
- Interferencia con el canal de descarga.
- Tirante del caudal aguas abajo.

Conforme al Bureau of Reclamation, la curva inversa situada al pie del talud envía el agua hacia la rápida, debe ser de forma

tal que no haya erosión del hormigón resultado de la fuerza centrífuga que produciría la lámina de agua cuando el vertedor esté trabajando, por lo que se recomienda emplear la siguiente ecuación:

$$R = \frac{2qv}{p}$$

Donde:

R: Radio de curvatura mínimo (pies)

q: Descarga en pies cúbicos por segundo por pie de ancho

v: Velocidad en pies por segundo

p: Presión dinámica normal ejercida sobre el piso (lb/pie²)

Resultados del cálculo:

q: 80.29 pies/s/pie

v: 27.19 pies/s

p: 100 lbs/pie²

$$R = \frac{2 (80.29)(27.19)}{100} = 21.83 \text{ pies}$$

$$R = 6.65 \text{ m}$$

Habiendo calculado las dimensiones del vertedor de manera adecuada, se determina la sección del mismo.

5.4.3 Canal de descarga (rápida).

Llamado así porque su función es la de conducir volumen descargado por la sección de control hacia el tanque amortiguador, generalmente el agua que ingresa lo hace en un régimen supercrítico, de esta manera se evitan resaltos hidráulicos cercanos a la estructura de control.

Para la elaboración de las dimensiones de la rápida, se empleó la ecuación de Manning para canales abierto:

$$Q = \frac{1}{n} A R_h^{2/3} S^{1/2}$$

Donde:

Q: caudal (m³/s)

N: coeficiente de rugosidad de Manning (depende del material)

A: área del canal

R_h: radio hidráulico

S: pendiente del canal

Se construye una tabla la cual sirve para encontrar los parámetros óptimos de la rápida; para ello se trata de evitar en lo posible que la velocidad del flujo sea mayor a 5 m/s lo que haría que el revestimiento erosione, se considerará que el ancho de la sección sea el mismo que el ancho de la cresta de la sección y por último, el régimen de flujo sea supercrítico, por lo que se calcula el número de Froude para su comprobación.

$$F = \frac{v}{\sqrt{gd}}$$

Donde:

F: número de Froude

v: velocidad del flujo

g: gravedad

d: tirante de flujo

Debido a las circunstancias topográficas, geológicas y longitud del vertedero; la pendiente a ser utilizada será del 0.05%.

Tabla XXXIX. Cálculo para dimensiones de la rápida.

b	h	n	S	R	A	Q m³/s	Q pies³/s	V m/s	F
5	3.5	0.025	0.0056	12	17.5	279.57	9696.20	15.69	2.68
5	3	0.025	0.0056	11	15	222.08	7842.64	14.81	2.73
5	2.5	0.025	0.0056	10	12.5	173.67	6133.18	13.89	2.81
5	2	0.025	0.0056	9	10	129.51	4573.73	12.95	2.92

Fuente: Dávila, H., Rivera, M., 2018.

5.4.4 Estructura terminal o dissipador de energía

Esta estructura es capaz de disipar la energía de flujo antes de realizar la descarga al cauce. Se tomó como mejor opción colocar un estanque de resalto hidráulico para lograr reducir la velocidad de salida.

El dissipador de energía se encuentra afectado por algunos factores, entre ellos el factor cinético de la descarga del tanque, tirante crítico o el número de Froude.

Bajo esta situación se aplica el principio de continuidad de Bernoulli entre los puntos 1 y 2 detallados en la figura.

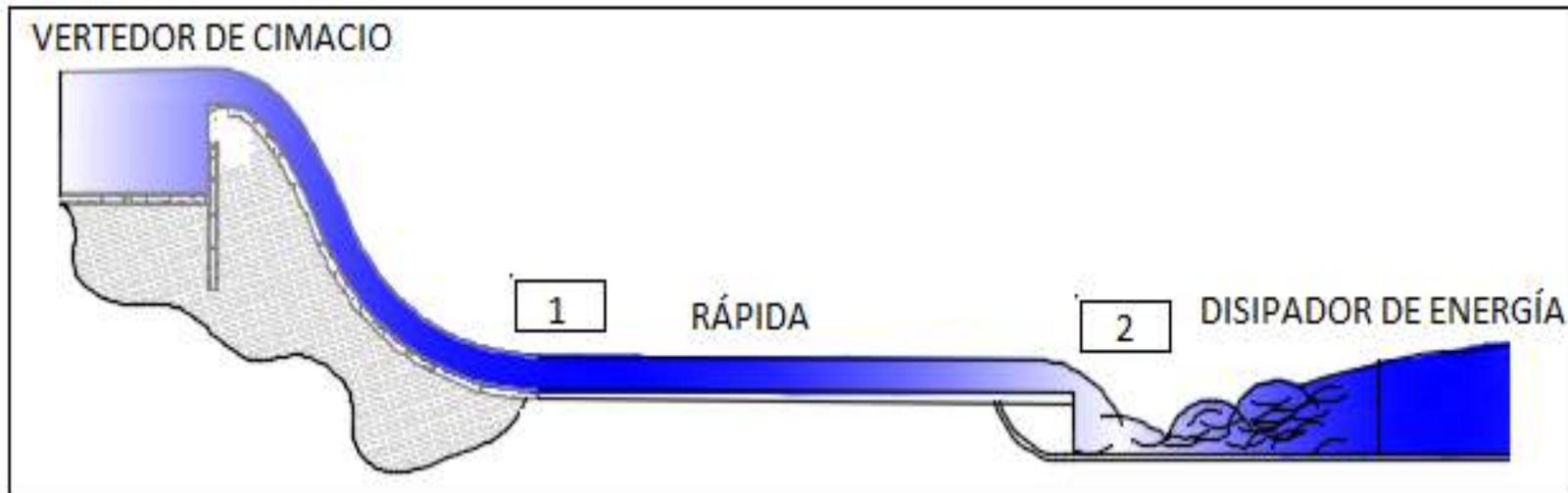


Figura 5.3 Eje de implantación del aliviadero.
Fuente: Dávila, H., Rivera, M., 2018.

$$\frac{V_1^2}{2g} = \frac{V_2^2}{2g} + \Delta_f - \Delta_z$$

Cálculo:

$$L = 328 \text{ m}$$

$$S = \left(\frac{V * n}{1.486 * R^{2/3}} \right)^2$$

$$S = \left(\frac{15.69 * 0.025}{1.486 * (12)^{2/3}} \right)^2 = 0.00253$$

$$\Delta_f = S * L = 0.00253 (328)$$

$$\Delta_f = 0.832 \text{ m}$$

$$\Delta_z = m * L = 0.0056 * 328$$

$$\Delta_z = 1.8368 \text{ m}$$

$$V_2 = \sqrt{V_1^2 + 2g * (\Delta_z - \Delta_f)}$$

$$V_2 = 16.31 \text{ m/s}$$

Realizado los cálculos anteriores, se puede estimar el número de Froude en el dissipador, por lo que se muestran los cálculos a continuación:

$$F = \frac{v}{\sqrt{gd}}$$

$$F = \frac{16.31}{\sqrt{9.81(3.5)}} = 2.78$$

Para esta sección también se calcula el borde libre con la fórmula empírica:

$$\text{borde libre} = 0.1 (V_1 + d_2)$$

Donde:

v1: Velocidad del flujo

d2: Tirante conjugado del resalto hidráulico

Cálculo del tirante conjugado:

$$y_1 = \frac{y_2}{2} (-1 + \sqrt{1 + 8F_r^2})$$

$$y_2 = \frac{2y_1}{(-1 + \sqrt{1 + 8F_r^2})} = \frac{2(3.5)}{(-1 + \sqrt{1 + 8(2.78)^2})}$$

$$y_2 = 1.01 \text{ m}$$

$$\text{borde libre} = 0.1 (16.31 + 1.01) = 1.73 \text{ m}$$

5.4.5 Canal revestido y de descarga excavado

Con todo lo anteriormente calculado se termina la estructura del aliviadero, cuyo canal es rectangular revestido de hormigón armado con una longitud de 321m, 5m de ancho, 3.5 m de alto y taludes 2:1. Seguido de un canal excavado en tierra para el uso de la descarga de flujo al cauce principal, la longitud es de 166m, ancho de solera 5m y taludes 2:1

CAPÍTULO 6

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

6.1 Antecedentes

La sección actual permite anticipar, contemplar y evaluar los efectos en el campo ambiental que el proyecto en cuestión generará mientras se lleva a cabo su construcción en la zona de estudio. Estos efectos o impactos se pueden dar de manera beneficiosa, y en ciertos casos perjudiciales. En lo que a los efectos negativos respecta, se proponen acciones para mitigar el impacto, ya sea gracias al debido control o si es necesaria, la prohibición de actividades en particular.

El objetivo del estudio de impacto ambiental es encontrar los medios necesarios para realizar un acertado manejo ambiental, garantizando la menor afectación posible al entorno en el que se implanta la obra civil. Con esto se busca de igual modo, tomar en consideración a la población que se pudiera ver afectada por su proximidad al sitio del proyecto, y mantenerla libre de nuevos contaminantes que perjudicarían su calidad de vida. Los procedimientos que conllevan a un adecuado manejo ambiental, deben cumplir con lo indicado en el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario (TULAS).

6.2 Descripción del medio físico del área de estudio

Las especificaciones con respecto a la descripción de la obra y su zona de estudio fueron detalladas en el Capítulo 2.

6.3 Procedimientos generales que se deben seguir en la Constitución de la República.

En forma de mejoramiento del Manual de Gestión Ambiental (MGA), y como parte fundamental integrante, se ha desarrollado el Plan de Manejo Ambiental de Obras (PMA). Dicho plan establece la responsabilidad en la protección del ambiente durante la construcción de una obra. La responsabilidad citada, será observada efectuando los siguientes compromisos:

- 1) Efectuar con lo conveniente en el Plan de Manejo Ambiental establecido por la Constitución de la República, por lo cual se derivará entre otras cosas a llevar a cabo una adecuada gestión de todos los residuos sólidos, líquidos y semisólidos generados durante la etapa de construcción.
- 2) Efectuar con las normas vigentes para la protección del medio ambiente y las condiciones ecológicas de los lugares.

- 3) Demandar a todos los contratistas que ejecutan tareas de obras que estén comprometidos y enterados, y den cumplimiento con las exigencias ambientales especificadas en el proyecto durante todas sus actividades de obra.

6.4 Descripción general de impactos

Existen factores en el medio ambiente que ciertamente se verán perjudicados, por las actividades a efectuarse en la etapa de construcción de la presa. Un análisis de los posibles impactos que se puedan generar a los recursos más importantes, se muestra a continuación:

6.4.1 Recurso suelo

- Contaminación por vertido de aguas residuales.
- Derrame de derivados de petróleo, procedente de la maquinaria empleada en la obra.
- Contaminación por residuos sólidos, como envases plásticos.
- Contaminación por residuos de pintura.

6.4.2 Recurso agua

- Contaminación de aguas superficiales o subterráneas por los residuos líquidos derivados del petróleo que contaminan el suelo.
- Contaminación de aguas superficiales por mal manejo y disposición de desechos sólidos producidos en el sitio de estudio.
- Uso en exceso del agua en mezclas de hormigón, humectación, morteros, etc.

6.4.3 Recurso aire

- Contaminación del aire por emisiones incontroladas de gases de combustión, de gases químicos (pinturas, epóxicos, aditivos), etc.
- Contaminación del aire debido a la emisión de material particulado.
- Generación de ruido ocasionado por la presencia y empleo de maquinaria.

6.4.4 Factor socioeconómico

En el componente socioeconómico se consideran los aspectos sociodemográficos, socioculturales, salud y seguridad tanto de la población cercana, como la de los trabajadores de la obra. Entre los principales impactos se puede mencionar:

- Generación de fuentes de trabajo locales y provinciales.
- Crecimiento de riesgo de enfermedades e incomodidad (ruido, polvo, emisiones, vibraciones).
- Complicaciones de salud por vertido de residuos sólidos y líquidos en el agua, y gaseosos en la atmósfera.

6.4.5 Flora y fauna

Debido a la poca intervención humana en el terreno, se presentarán afectaciones importantes, que se detallan a continuación:

- Eliminación de la flora existente en el terreno donde se implantará el proyecto.
- Perturbación a la fauna por el ruido ocasionado por la ejecución de maquinaria y transporte de materiales.

- Afectación a la fauna que tiene como hábitat la flora del terreno en la zona del proyecto.

6.5 Descripción de las actividades a evaluar

Actividades en fase de construcción:

- Topografía.
- Limpieza y desbroce.
- Replanteo.
- Señalización.
- Instalaciones provisionales.
- Batería sanitaria.
- Excavaciones.
- Transporte de material de relleno.
- Rellenos.
- Compactación.

6.6 Metodología de evaluación de impacto ambiental

La evaluación de impacto ambiental cumple con el objetivo de conocer de manera anticipada los efectos, tanto positivos como negativos, que se

provocarán en las variables ambientales. Las que se verán modificadas debido a la ejecución de actividades que intervienen en la obra civil.

La metodología a utilizar se basa en un análisis multi-criterio, cuyo origen está en la idea de que un impacto ambiental se puede valorar a partir de la discusión y estudio de criterios con valoración (Buroz, 1994).

Uno de los requisitos para aplicar la metodología antes mencionada, es conocer las actividades que se llevarán a cabo durante el proyecto, y los efectos que manifiestan en el medio físico, biológico y socio-económico.

El procedimiento que se va a aplicar considera que la valoración de impacto ambiental (VIA) es igual al producto de las siguientes variables (Andrade H. y Solano D., 2016):

- **Intensidad (I):** Cuantificación de la fuerza, peso o rigor con que se manifiesta el impacto debido a las actividades del proyecto. El valor numérico de la intensidad varía de 1 a 10 según sea el nivel de cambio experimentado, el valor de 10 es aquel de mayor cambio, denota un efecto irreversible. En tanto el 1 es el de menor cambio, un impacto muy bajo, que puede ser reversible. Existe el valor de 0 para impactos inapreciables.

- **Extensión (E):** Considera el área o zona afectada por la acción antrópica. Dicho de otro modo, es una medida del ámbito espacial o superficie donde se da la afectación, de manera directa e indirecta.

Tabla XL. Escala de valoración de la extensión.

Extensión	Valoración
Regional	10
Local	5
Puntual	1

Fuente: Dávila, H., Rivera, M., 2018.

- **Duración (D):** Tiempo que permanece el efecto del impacto, período en el que se evidencia la influencia del proyecto.

Tabla XLI. Escala de valoración de la duración en años.

Duración (años)	Plazo	Valoración
>10	Permanente	10
5-10	Periódico	5
0-5	Temporal	1

Fuente: Dávila, H., Rivera, M., 2018.

Después de establecer el valor para las variables que fueron mencionadas, se asigna un factor de ponderación para cada variable, la suma de los 3 factores deben sumar 1.

Los factores se representan por:

- I = Intensidad
- E = Extensión
- D = Duración

Las ponderaciones bajo criterio personal, acorde a la interpretación de los impactos causados por cada variable son los siguientes:

- WI = peso del factor intensidad = 0,3
- WE = peso del factor extensión = 0,3
- WD = peso del factor duración = 0,4

Siguiendo un proceso correcto de caracterización, evaluación y cálculo se encuentran valores que representan la magnitud del impacto. Aquí se encuentra la síntesis de la duración, intensidad y extensión de los mismos y se calcula con la fórmula siguiente:

$$M_i = \sum [(I_i * W_I) + (E_i * W_E) + (D_i * W_D)]$$

Se encuentra finalmente el valor de la magnitud, al cual se le da un signo, acorde al tipo de impacto ocasionado puede ser positivo o negativo

Cuando ya se ha obtenido la matriz de magnitud de los impactos, se realiza la segunda etapa de la valoración:

- **Reversibilidad (Rv):** Denota la facilidad o dificultad del medio (entorno) para restaurarse o regresar a una situación semejante a la presente antes del impacto ocasionado. La evaluación se desarrolla como se muestra a continuación:

Tabla XLII. Escala de valoración de reversibilidad.

Categoría	Capacidad de reversibilidad	Valoración
Irreversible	Baja o irrecuperable. El impacto puede ser recuperable a muy largo plazo (>30 años) y a elevados costos	10
Parcialmente reversible	Media. Impacto reversible a largo y mediano plazo	5
Reversible	Alta. Impacto reversible de forma inmediata o a corto plazo	1

Fuente: Dávila, H., Rivera, M., 2018.

- **Riesgo o probabilidad del suceso (Rg):** Probabilidad de que el impacto ocurra.

Tabla XLIII. Escala de valoración de probabilidades de ocurrencia.

Probabilidad	Rango de Ocurrencia	Valoración
Alta	En caso de que el impacto tenga una probabilidad de ocurrencia mayor al 50%	10
Media	En caso de que el impacto tiene una probabilidad de ocurrencia entre el 10 y 50%	5
Baja	En caso de que el impacto tenga una probabilidad de ocurrencia casi nula en un rango entre el 0 y 10%	1

Fuente: Dávila, H., Rivera, M., 2018.

Luego de determinar los valores recientemente expuestos, se calcula la matriz de valoración de impacto ambiental (VIA). El desarrollo del índice de impacto se consigue a través de una ponderación exponencial, fórmula que se expresa como sigue:

$$VIA = \sum (Rv_i^{WRv} * Rg_i^{WRg} * M_i^{WM})$$

Donde;

WRv: Ponderación del criterio de reversibilidad = 0,4

WRg: Ponderación del criterio riesgo = 0,2

WM: Ponderación del criterio magnitud = 0,4

Como parte final, la matriz de valoración de impacto ambiental se consolida y analiza con respecto a la siguiente clasificación:

Tabla XLIV. Escala de valoración de los impactos ambientales.

Jerarquización	Rango
Bajo	1-3,99
Medio	4-6,99
Alto	7-10

Fuente: Dávila, H., Rivera, M., 2018.

Ahora se exponen las matrices de valoración de impacto ambiental, las mismas que fueron evaluadas e interpretadas con base a la metodología previamente expuesta y el adecuado criterio ingenieril:

a. Matriz de Magnitud para la fase de construcción de la presa

Tabla XLV. Matriz de magnitud.

Actividades	Agua		Suelo		Aire			Factores Socioeconómicos	
	Superficial	Subterránea	Alteraciones	Manejo	Gases	Material Particulado	Ruido	Generación Empleo	Paisaje
Topografía	0	0	-1,3	-1,3	0	0	0	2,5	-1
Limpieza y Desbroce	-1	-0,7	-2,5	-1,6	-2,2	-2,8	-2,8	2,8	-2,8
Replanteo	-0,7	-0,7	-1,3	-0,7	-0,7	-0,7	-1	3,1	-1
Señalización	-0,7	-0,7	-1,3	-1	-0,7	-1	-1,3	2,5	-3,1
Instalaciones Provisionales	-1,9	-1	-1,6	-1,3	-0,7	-1,3	-1,6	3,1	-0,7
Batería Sanitaria	-1,9	-1	-1,3	-1,3	-1,9	-0,7	-0,7	2,5	-1,3
Excavaciones	-5,2	-5,5	-6,4	-1,9	-2,2	-3,1	-2,8	3,1	-5,8
Transporte de material de relleno	-1,9	-1,3	-2,5	-1,9	-2,5	-2,8	-2,8	2,8	-2,5
Rellenos	-5,5	-4,9	-6,1	-2,2	-2,5	-2,8	-2,8	3,4	-5,2
Compactación	-5,2	-4,9	-4,9	-1,3	-2,5	-2,8	-3,1	1,9	-5,2
Hormigonados (aliviadero)	-2,2	-1,3	-1,3	-0,7	-1,9	-1,9	-2,5	2,5	-2,5

Fuente: Dávila, H., Rivera, M., 2018.

b. Matriz de Valoración de Impacto Ambiental (VIA) para la fase de construcción de la presa

Tabla XLVI. Matriz de Valoración de Impacto Ambiental (VIA).

Actividades	Agua		Suelo		Aire			Factores Socioeconómicos		
	Superficial	Subterránea	Alteraciones	Manejo	Gases	Material Particulado	Ruido	Generación Empleo	Paisaje	
Topografía	0,00	0,00	1,08	1,08	0,00	0,00	0,00	1,32	1,00	4,48
Limpieza y Desbroce	3,09	1,71	5,00	2,30	2,53	2,72	2,72	2,21	2,21	24,47
Replanteo	0,90	0,90	1,75	0,90	1,46	1,46	1,62	2,28	1,62	12,88
Señalización	0,90	0,90	1,08	1,00	1,79	1,62	1,75	2,13	2,28	13,45
Instalaciones Provisionales	1,96	1,00	1,87	1,08	1,79	2,16	2,30	2,28	1,46	15,89
Batería Sanitaria	4,60	3,09	1,75	2,22	2,42	1,46	1,79	1,32	1,75	20,40
Excavaciones	6,68	4,19	8,75	1,96	2,53	2,80	2,72	1,40	8,49	39,52
Transporte de material de relleno	1,96	1,08	2,13	1,21	2,63	2,72	2,72	1,36	2,13	17,95
Rellenos	6,79	4,05	8,62	2,05	2,63	2,72	2,72	1,44	6,68	37,69
Compactación	6,68	4,05	6,56	1,08	2,63	2,72	2,80	1,21	2,66	30,38
Hormigonados (aliviadero)	2,05	1,08	1,75	0,90	2,42	2,42	2,63	1,32	5,36	19,93
	35,61	22,04	40,35	15,79	22,81	22,78	23,76	18,26	35,63	

Fuente: Dávila, H., Rivera, M., 2018.

c. Matriz de Significancia para la fase de construcción de la presa

Tabla XLVII. Matriz de Significancia de la Valoración de Impacto Ambiental.

Actividades	Agua		Suelo		Aire			Factores Socioeconómicos	
	Superficial	Subterránea	Alteraciones	Manejo	Gases	Material Particulado	Ruido	Generación Empleo	Paisaje
Topografía	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO
Limpieza y Desbroce	BAJO	BAJO	MEDIO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO
Replanteo	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO
Señalización	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO
Instalaciones Provisionales	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO
Batería Sanitaria	MEDIO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO
Excavaciones	MEDIO	MEDIO	ALTO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	ALTO
Transporte de material de relleno	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO
Rellenos	MEDIO	MEDIO	ALTO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO
Compactación	MEDIO	MEDIO	MEDIO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO
Hormigonados (aliviadero)	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

Fuente: Dávila, H., Rivera, M., 2018.

6.7 Plan de Manejo Ambiental

Se debe acatar normas, políticas y reglamentos que promuevan, y aseguren el bienestar del personal inmerso al desarrollo del proyecto, de tal manera que se cumpla a cabalidad la seguridad industrial.

En torno a la ejecución de actividades se deberá cumplir con las siguientes normas:

- Se tomarán las directrices correspondientes para asegurar que los trabajadores se desenvuelvan en un medio óptimo con relación a higiene, alojamiento, salud y seguridad. Para hacerlo posible, las instalaciones requerirán de equipos para extinción de incendios y botiquines de primeros auxilios, entre otras medidas está la utilización de agua para controlar el polvo y material particulado, control de monitoreo del ruido, además de difusión del proyecto por medio físico (hojas volantes).
- Una de las principales normas, es la utilización de los equipos de protección personal (EPP), todo trabajador dentro de ejecución de la obra deberá portar casco, guantes, botas y dependiendo del área de trabajo, cualquier otro equipo para salvaguardar su integridad física.

- En la construcción de instalaciones provisionales y en lo que respecta a la obra civil de la presa, se va a afectar en el menor grado posible al medio biótico. Únicamente en el caso de los espacios destinados a talleres, bodegas, oficinas, depósitos para combustibles y almacenamiento de materiales se dará cierta permisividad.
- Guardando relación con la extensión del proyecto, y para mantener una comunicación efectiva entre los diferentes sectores de trabajo, se proveerá de equipos de intercomunicación. De esta manera se podrá informar de cualquier observación y problema que surja, para ser atendido a la brevedad posible.

El objetivo primero, es garantizar la seguridad de las personas que se encuentran laborando en la obra, y de manera conjunta, dentro de las posibilidades, proteger la fauna y flora que puedan verse afectadas. Para lograr estas metas se deben seguir los siguientes procedimientos:

6.7.1 Encargado de la obra

Suministrar y monitorear el uso los equipos de protección personal, estos pueden ser, casco, chaleco reflectivo, orejeras, mascarilla, orejeras, guantes, botas. Dentro de la necesidad en el frente de trabajo que se encuentren los obreros.

6.7.2 Obreros

- Uso permanente del equipo de protección personal, y otros implementos de acuerdo al área en que se esté desarrollando.
- Utilización de arnés de seguridad para trabajos en altura, para así evitar posibles accidentes de caída.
- Uso continuo de respiradores (mascarillas) debido a las emisiones de material particulado.
- Utilización de tapones auditivos para reducir a un mínimo, el nivel de afectación proveniente de los ruidos por maquinaria, etc.

6.7.3 Perímetro de obra

- Emplear señalización temporal en obra, para así evitar accidentes con habitantes de la comuna.
- Las acciones que se aplicarán para mitigar los efectos de las actividades del proyecto hacia el ambiente se enuncian a continuación:

6.7.4 Descripción medidas de mitigación

6.7.4.1 Limpieza y desbroce

- Luego de la construcción de la presa, reforestar en el área circundante con plantas endémicas y ornamentales.
- Emplear estrategias para evitar en lo más mínimo, la afectación hacia la fauna autóctona.

6.7.4.2 Excavación

- Garantizar las óptimas condiciones de la maquinaria a emplearse, en relación con el cumplimiento de normas de emisión de gases y generación de ruido.
- Conforme se avance con la excavación del terreno, cada determinada cota, humedecer el suelo para minimizar la generación de polvo.
- Brindar mantenimiento de rutina y correctivo a la maquinaria y equipos, de esta manera evitar posibles derrames de combustible en el sitio.

6.7.4.3 Hormigonado

- Solicitar informe de estado y chequeos mecánicos a los vehículos utilizados para el proyecto.
- Los vehículos empleados por el contratista para distribuir y emplear el hormigón, deberán someterse a las mismas normas de los demás equipos y maquinaria usados en el proyecto, incluyendo la emisión de gases y generación de ruido.
- Se prohíbe verter aguas contaminadas o con residuos, producto del lavado de los vehículos para el hormigonado en zonas vulnerables o que puedan afectar a cuerpos de agua.
- Determinar zonas para lavar los contenedores de hormigón. Mismas que deben cumplir con requisitos de aislamiento, para que el agua sea direccionada al sistema de alcantarillado más próximo.

6.7.4.4 Generación de desechos sólidos

- Aprovechar los terrenos donde no va a estar implantada la obra, para desgastarlos con los desechos por su efecto de descomposición.

- Clasificar los residuos, llevar a cabo una correcta disposición de los mismos, reutilizar en medida de lo posible.
- Prevenir la contaminación del suelo en zonas donde no se empleará ningún tipo de remediación.

6.7.4.5 Generación de aguas residuales

- Prohibido descargar a los cauces naturales de manera directa, previamente se debe realizar el respectivo tratamiento.
- Implementar tanques sépticos, campos de infiltración, lugares de disposición de aguas grises y letrinas. Esto debe ser construido con antelación a la ejecución de la obra.
- Ejecutar medidas de remediación y mitigación inmediatamente, en caso de ocurrir alguna descarga accidental.
- Como estrategia habitual para prevenir los efectos de las actividades de obra en el ecosistema y mitigar los impactos, se persigue el objetivo de realizar capacitaciones antes y mientras se ejecutan las

actividades en el proyecto. Esto va dirigido al personal en general dentro de la obra, tanto en materia ambiental como seguridad industrial, con el fin de la concientización en los temas mencionados.

CAPITULO 7

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

El cauce del río Gramador genera un caudal de 142,29 m³/s en un período de retorno de 25 años.

La presa óptima que se elige para este proyecto es el de tierra con núcleo impermeable debido a los materiales que se encuentran en el sitio del proyecto.

Es factible construir una presa de tierra de 35 m de altura, lo que permite una capacidad de embalse de 32'652.157

El volumen de embalse obtenido en esta zona ayudará a la comuna de Febres Cordero para diferentes propósitos, entre ellos están riego y distribución de agua para los hogares; para este último se debe de realizar un tratamiento previo.

El aliviadero posee una longitud aproximada de 490 m de longitud, incluido el canal de aproximación, ambos con 5 metros de ancho y 3.5 m de altura. Taludes 1:2 y 2:1 respectivamente.

Las características de suelo que se presentan in situ son idóneas para esta obra civil, por lo que se podría extraer material de un sitio cercano al proyecto para ser utilizados en la construcción de la presa.

RECOMENDACIONES

Se requiere realizar un levantamiento topográfico detallado en el sitio de presa, aliviadero y vaso.

Es necesario efectuar un estudio geotécnico detallado en el sitio de cierre mediante perforaciones.

Colocar material de buena calidad para mejorar la cimentación, esto hará que la estructura tenga un tiempo de vida prolongado.

Al ser un prediseño, los planos de detallamiento deben ser revisados previamente por una persona capacitada en el tema.

En caso de construir una vía a futuro, se debe de recalcular nuevamente anchos de corona y estabilizar nuevamente los taludes, para que la presa pueda ser capaz de soportar carga móvil.

BIBLIOGRAFÍA

Bureau of Reclamation. (1987). *Design of small dams*. Washington D.C: Government Printing Office.

Carrión Rodríguez, R., & Gonzáles Zambrano, P. (2009). Estudios y Diseños de la Presa de Embalse del Parque del Conocimiento - ESPOL. Guayaquil, Guayas, Ecuador: Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra (FICT) - ESPOL.

Chow, V. T., Maidment, D., & Mays, L. (1994). *Hidrología Aplicada*. Bogotá: McGraw-Hill Interamericana S.A.

French, R. H. (1993). *Hidráulica de canales abiertos*. McGraw-Hill Interamericana S.A. .

INAMHI. (s.f.). *Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología*. Obtenido de <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/biblioteca/>

Instituto nacional de metereología e hidrología, I. (2014). Anuario hidrológico.

MOPU. (1987). *Calculo hidrometeorológico de caudales máximos en pequeñas cuencas naturales*. Madrid, España: Alanmer S.A.

MVOTMA. (2011). *Manual de diseño y construcción de pequeñas presas*. Montevideo, Montevideo, Uruguay.

Terreros de Varela, I. C. (2007). *Mecánica de Suelos Práctica (2nd. ed.)*.
Guayaquil, Ecuador: Centro de difusión y Publicaciones - ESPOL.

Villamizar C., A. (1989). *Diseño de Presas de Tierra para pequeños Almacenamientos*. HIMAT.

ANEXOS

ANEXO A
Ensayos Geotécnicos de Suelos

Shear Strength by Direct Shear (Small Shear Box)

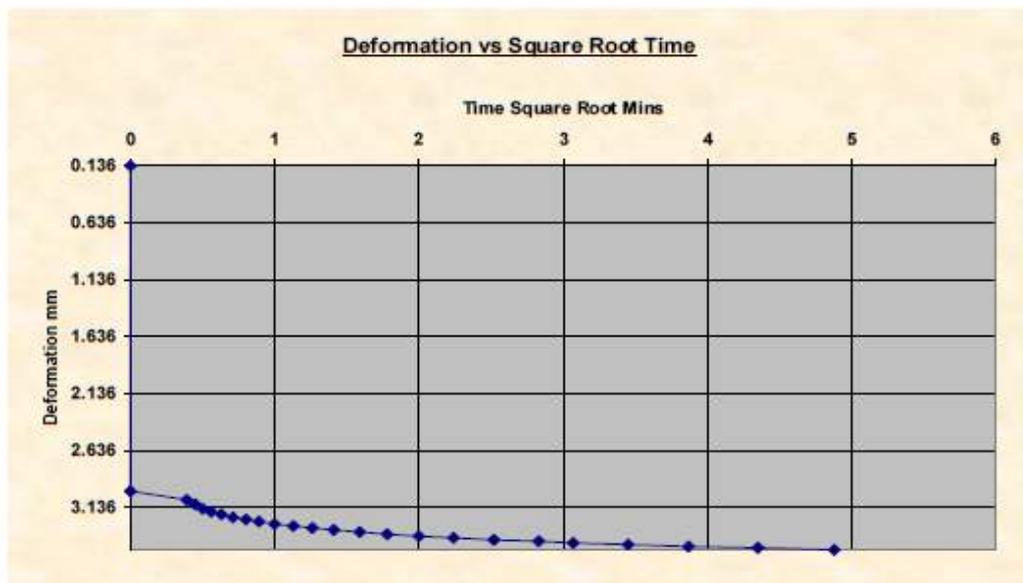


Client	ESPOL	Lab Ref	
Project	SANTA ELENA-RIVERA	Job	11
Borehole		Sample	1

Test Details			
Standard	ASTM D3080-03 / AASHTO T236-92	Particle Specific Gravity	2.65
Sample Type	Small disturbed sample	Single or Multi Stage	Single Stage
Lab. Temperature	0.0 deg.C	Location	
Sample Description			
Variations from procedure	None		

Specimen Details			
Specimen Reference	B	Description	
Depth within Sample	0.00mm	Orientation within Sample	
Initial Height	20.000 mm	Area	3600.00 mm ²
Structure / Preparation	compactado en caja de corte	Initial Water Content*	19.52 %
Initial Wet Unit Weight	15.34 kN/m ³	Degree of Saturation	50.45 %
Initial Dry Unit Weight	12.84 kN/m ³	Initial Voids Ratio	1.025
Final Wet Unit Weight	19.90 kN/m ³	Final Water Content	19.52%
Final Dry Unit Weight	16.65 kN/m ³	Dry Mass	94.21 g
Tested Dry or Submerged	Dry		
Comments			

* Calculated from initial and dry weights of whole specimen



**Unconsolidated-Undrained Triaxial
Compression Test on Cohesive Soils
(Quick Undrained)**

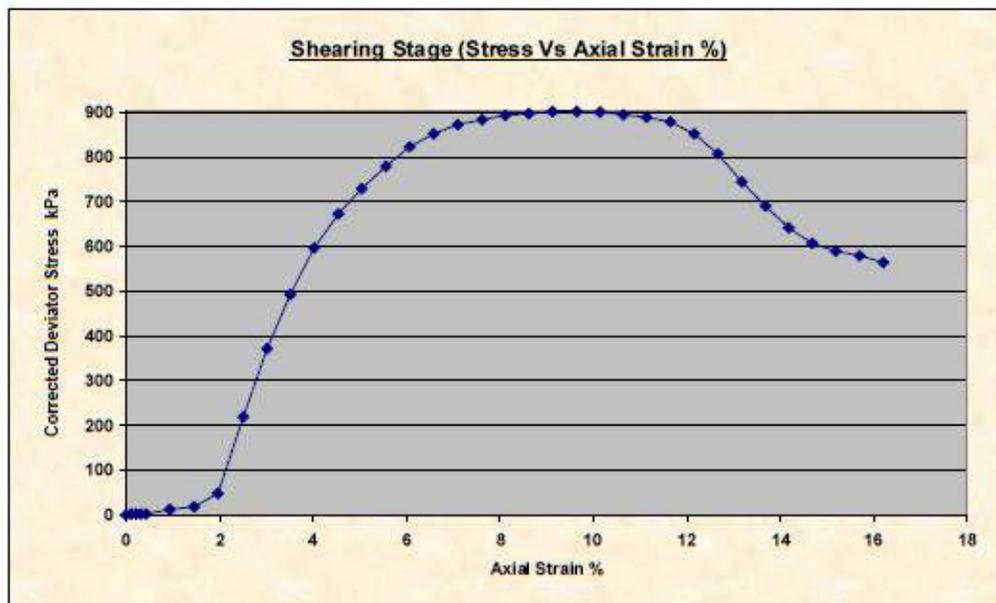


Client	ESPOL	Lab Ref	
Project	SANTA ELENA	Job	10
Borehole		Sample	1

Test Details			
Standard	ASTM D2850-95 / AASHTO T296-94	Specific Gravity of Solids	2.65
Sample Type	CBR mould sample	Lab. Temperature	0.0 deg.C
Sample Description			
Variations from Procedure	None		

Specimen Details			
Specimen Reference	A	Stage Reference	1
Initial Height	70.00 mm	Description	
Initial Diameter	35.00 mm	Depth within Sample	0.00mm
Initial Dry Unit Weight	14.57 kN/m ³	Orientation within Sample	
Initial Moisture Content*	37.2 %	Preparation	
Void Ratio	0.78	Degree of Saturation	125.52%
Comments			

* Calculated from initial and dry weights of whole specimen



**Unconsolidated-Undrained Triaxial
Compression Test on Cohesive Soils
(Quick Undrained)**



Client	ESPOL	Lab Ref	
Project	SANTA ELENA	Job	10
Borehole		Sample	1

Shear Conditions			
Rate of Axial Strain	1.00%/min	Cell Pressure	153.1kPa

Conditions at Failure			
Failure Criterion	Maximum Deviator Stress		
Compressive Strength	901.6 kPa	Major Principal Stress	1054.7 kPa
Axial Strain	9.12%	Minor Principal Stress	153.1 kPa
Deviator Stress Correction Applied	0.00kPa	Final Moisture Content	37.2 %
Final Unit Weight	19.98 kN/m ³		



Mode of Failure

Tested By and Date:	
Checked By and Date:	
Approved By and Date:	

**Unconsolidated-Undrained Triaxial
Compression Test on Cohesive Soils
(Quick Undrained)**

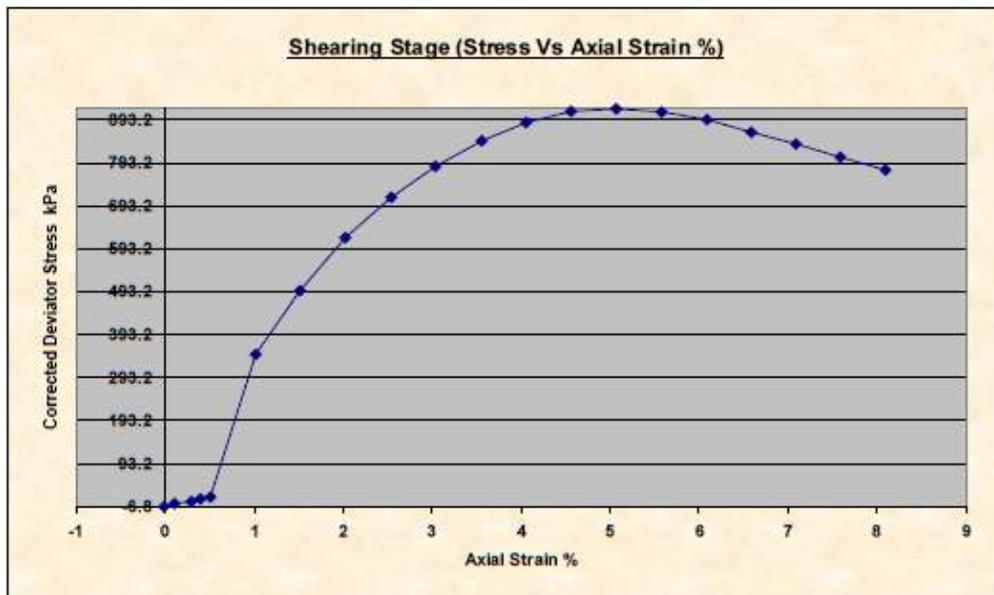


Client	ESPOL	Lab Ref	
Project	SANTA ELENA	Job	10
Borehole		Sample	1

Test Details			
Standard	ASTM D2850-95 / AASHTO T296-94	Specific Gravity of Solids	2.65
Sample Type	CBR mould sample	Lab. Temperature	0.0 deg.C
Sample Description			
Variations from Procedure	None		

Specimen Details			
Specimen Reference	B	Stage Reference	1
Initial Height	70.00 mm	Description	
Initial Diameter	35.00 mm	Depth within Sample	0.00mm
Initial Dry Unit Weight	14.57 kN/m ³	Orientation within Sample	
Initial Moisture Content*	37.6 %	Preparation	
Void Ratio	0.78	Degree of Saturation	126.87%
Comments			

* Calculated from initial and dry weights of whole specimen



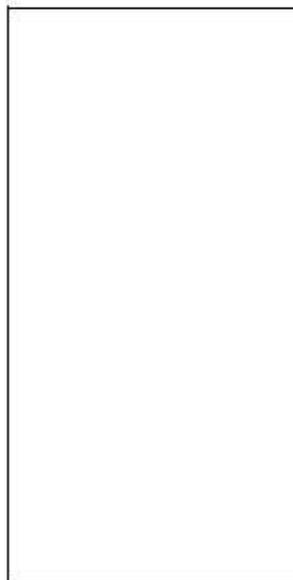
**Unconsolidated-Undrained Triaxial
Compression Test on Cohesive Soils
(Quick Undrained)**



Client	ESPOL	Lab Ref	
Project	SANTA ELENA	Job	10
Borehole		Sample	1

Shear Conditions			
Rate of Axial Strain	1.00%/min	Cell Pressure	51.5kPa

Conditions at Failure			
Failure Criterion	Maximum Deviator Stress		
Compressive Strength	919.4 kPa	Major Principal Stress	970.9 kPa
Axial Strain	5.07%	Minor Principal Stress	51.5 kPa
Deviator Stress Correction Applied	0.00kPa	Final Moisture Content	37.6 %
Final Unit Weight	20.04 kN/m ³		



Mode of Failure

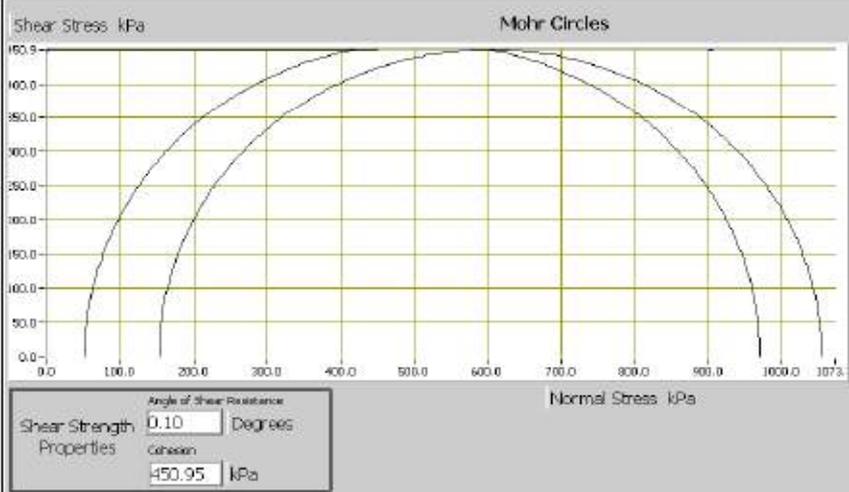
Tested By and Date:	
Checked By and Date:	
Approved By and Date:	

Unconsolidated-Undrained Triaxial Compression Test on Cohesive Soils (Quick Undrained)



SUMMARY

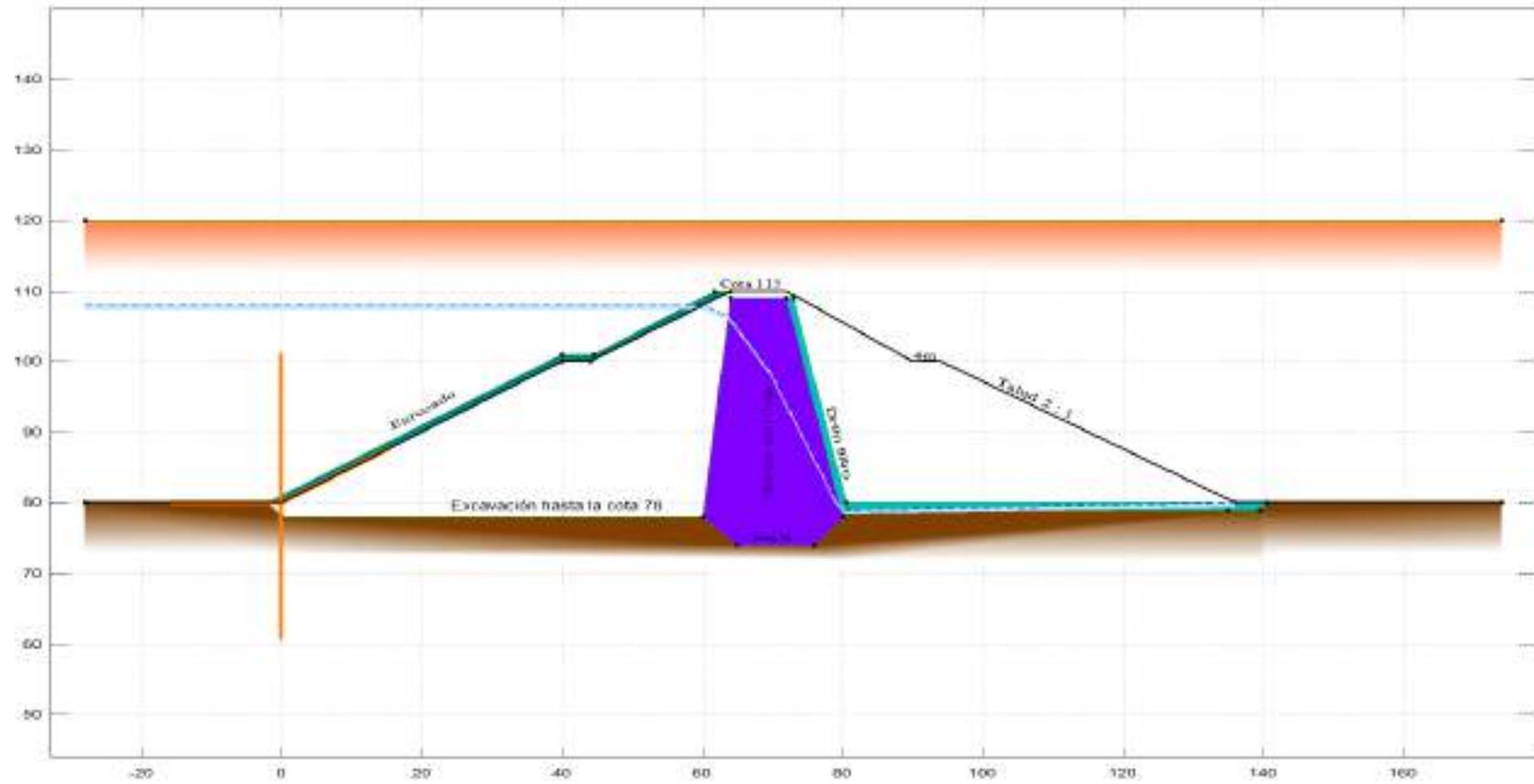
All Stages Conditions at Failure					
Ref	Minor Principal Stress	Major Principal Stress	Compressive Strength (Corrected)	Cumulative Strain	Mode of Failure
Stage1	153.1kPa	1054.7 kPa	901.6 kPa	9.12%	Maximum Deviator Stress
Stage2	51.5kPa	970.9 kPa	919.4 kPa	5.07%	Maximum Deviator Stress



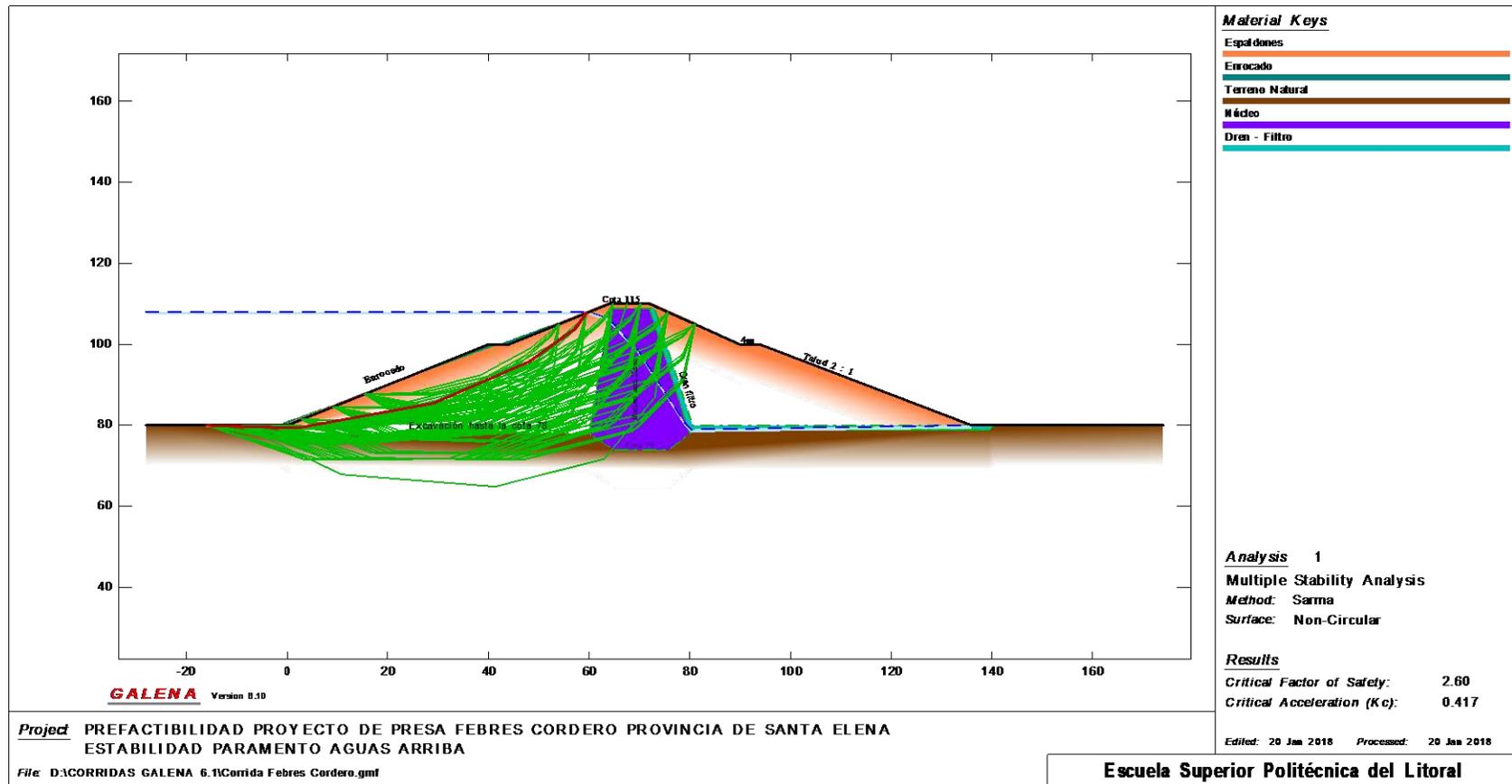
Abs Path to data file (current if none):
 [E:\Program Files\Ds7\Raw Completed Tests\10\Triaxial Quick Undrained Tests]
 [1]10 1 Group Report.dat

ANEXO B
Análisis de Estabilidad con el software GALENA

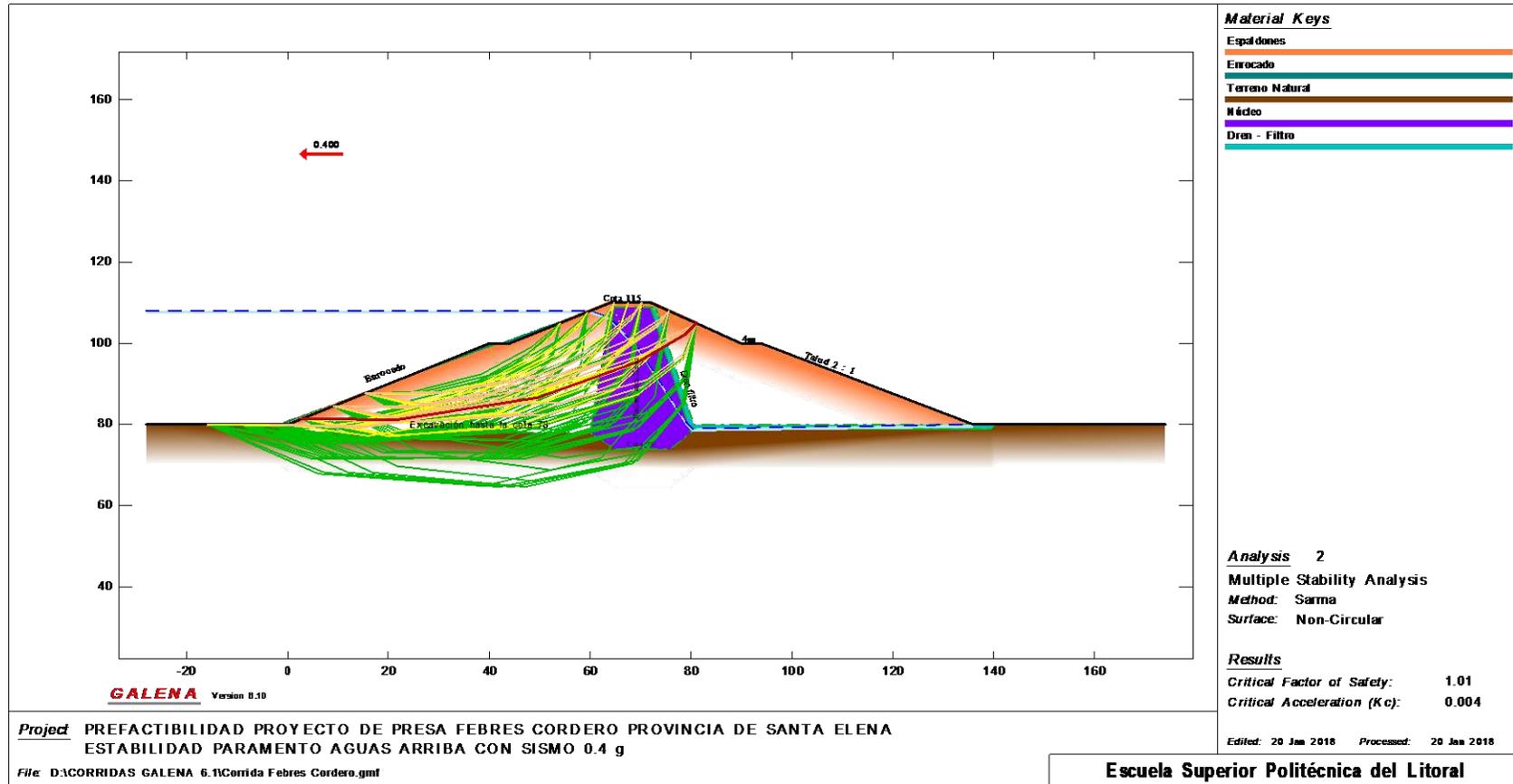
➤ IMAGEN DEL INGRESO ANTES DE LA CORRIDA



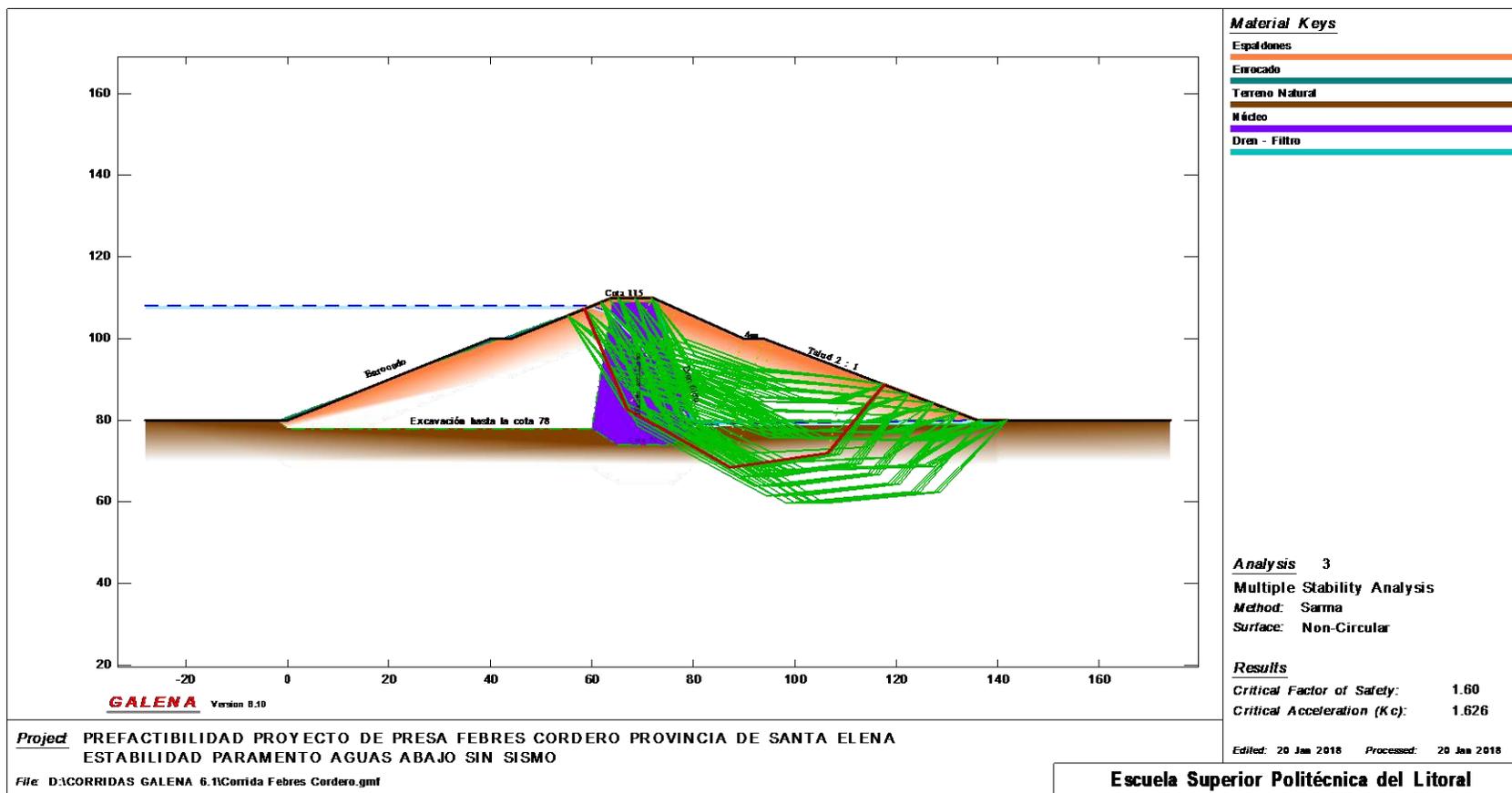
➤ ESTABILIDAD PARAMENTO AGUAS ARRIBA SIN SISMO



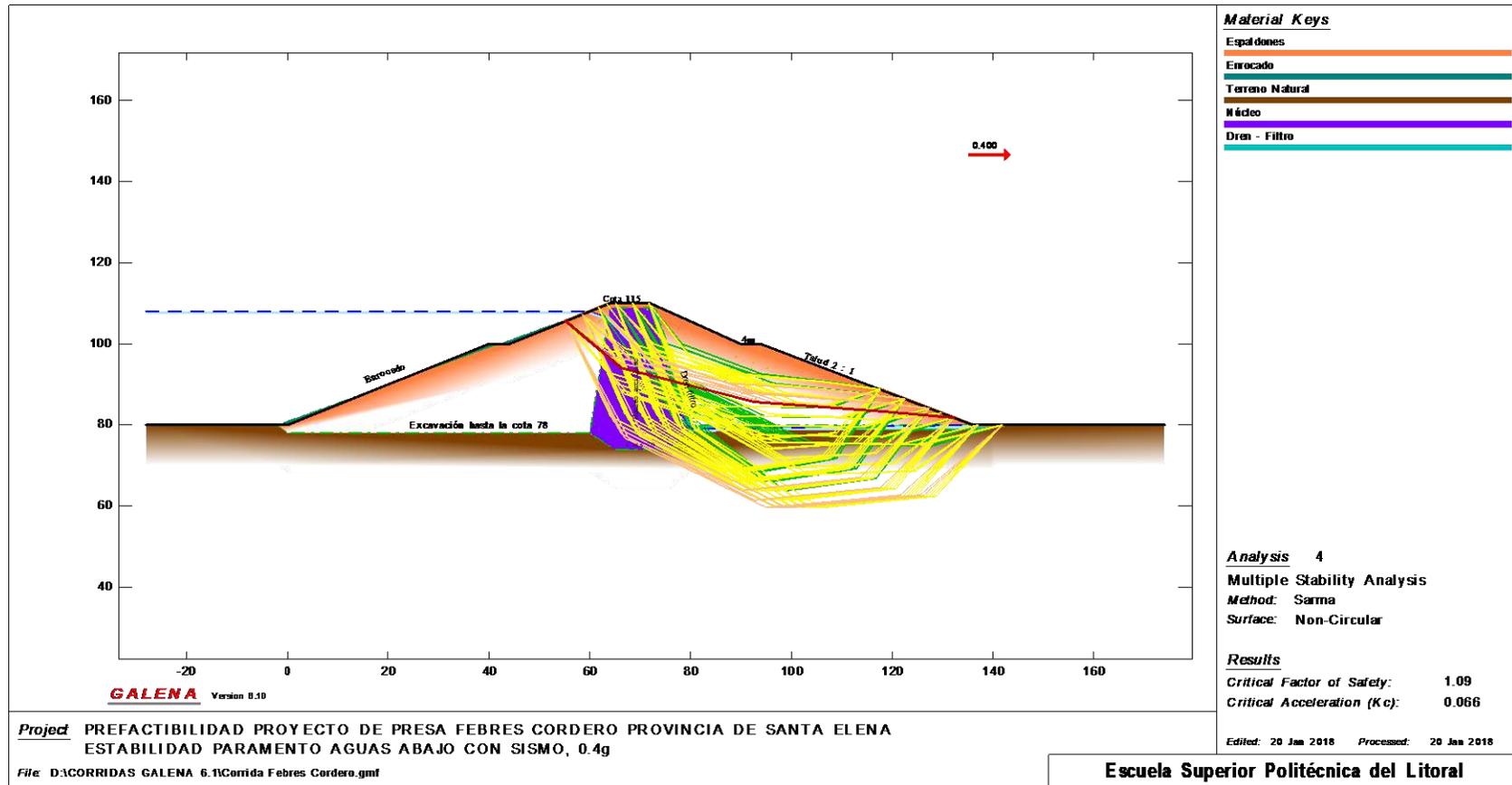
➤ ESTABILIDAD PARAMENTO AGUAS ARRIBA CON SISMO, ACELERACIÓN HORIZONTAL 0.4g



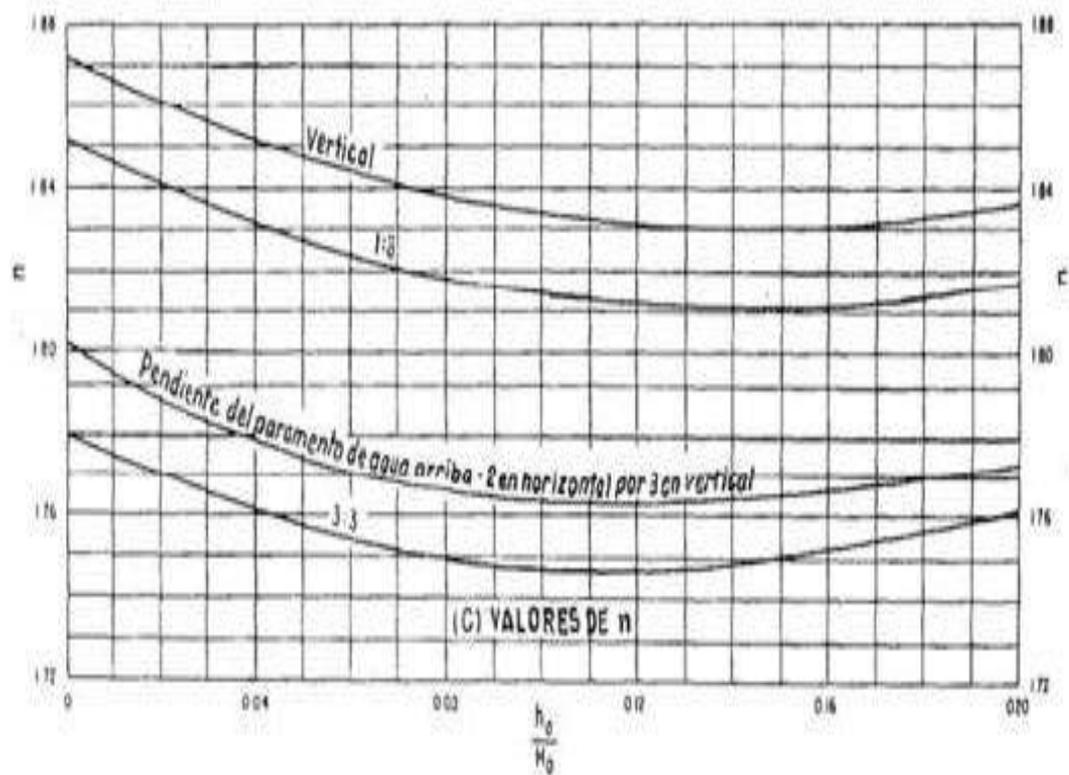
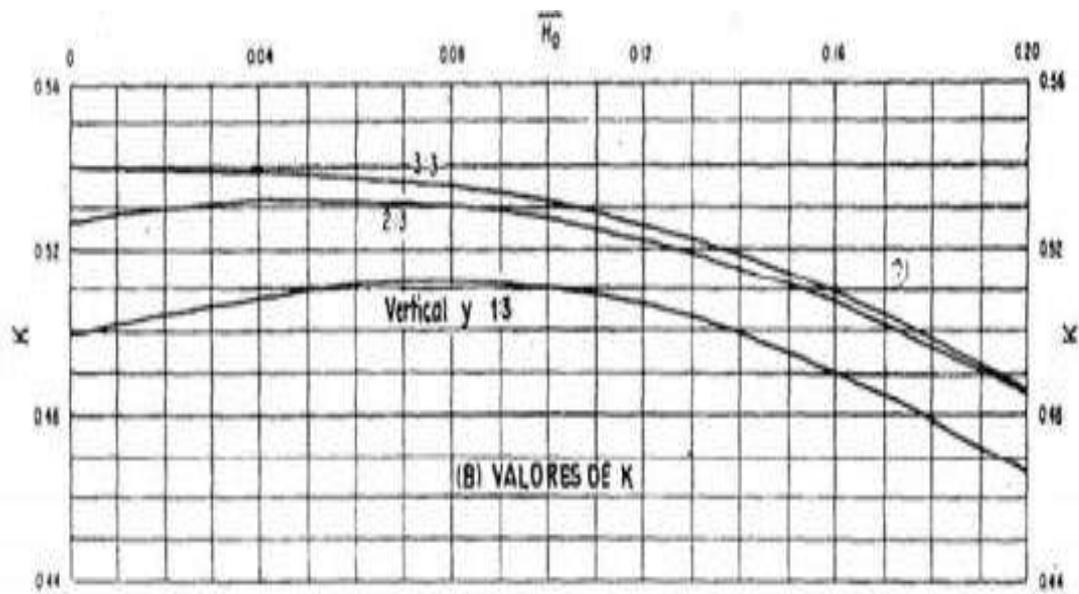
➤ ESTABILIDAD PARAMENTO AGUAS ABAJO SIN SISMO

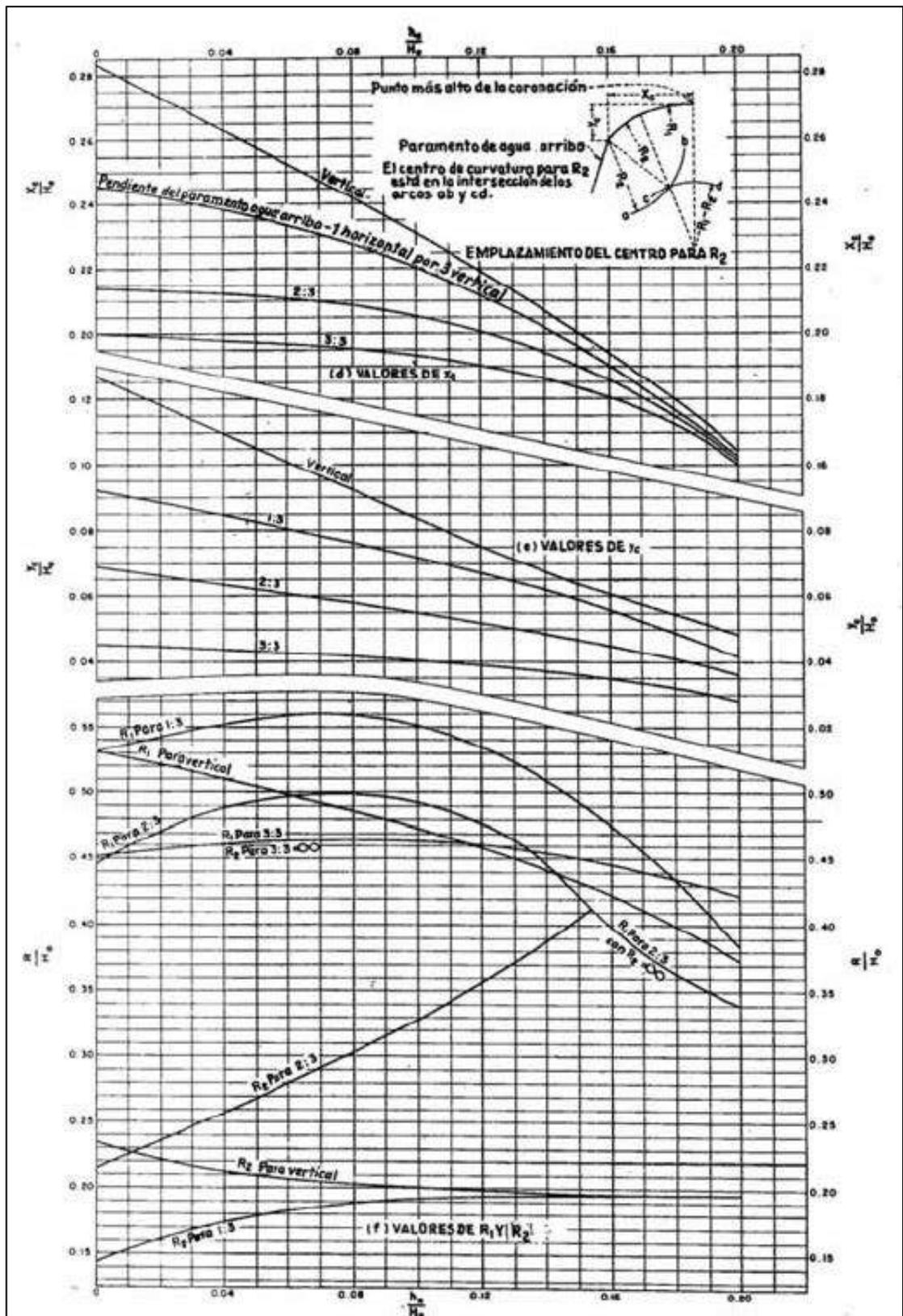


➤ ESTABILIDAD PARAMENTO AGUAS ABAJO CON SISMO, ACELERACIÓN HORIZONTAL 0.4g



ANEXO C
Ábacos para el diseño del aliviadero





ANEXO D
Matrices de Evaluación de Impacto Ambiental

MATRIZ DE INTENSIDAD									
Actividades	Agua		Suelo		Aire			Factores Socioeconómicos	
	Superficial	Subterránea	Alteraciones	Manejo	Gases	Material Particulado	Ruido	Generación Empleo	Paisaje
Topografía	0	0	2	2	0	0	0	2	1
Limpieza y Desbroce	1	0	6	3	5	7	7	3	7
Replanteo	0	0	2	0	0	0	1	4	1
Señalización	0	0	2	1	0	1	2	2	4
Instalaciones Provisionales	4	1	3	2	0	2	3	4	0
Batería Sanitaria	4	1	2	2	4	0	0	2	2
Excavaciones	3	4	7	4	5	8	7	4	5
Transporte de material de relleno	4	2	6	4	6	7	7	3	2
Rellenos	4	2	6	5	6	7	7	5	3
Compactación	3	2	2	2	6	7	8	4	3
Hormigonados (aliviadero)	5	2	2	0	4	4	6	6	2

Factor de intensidad	0,3
Factor de extensión	0,3
Factor de duración	0,4

MATRIZ DE MAGNITUD									
Actividades	Agua		Suelo		Aire			Factores Socioeconómicos	
	Superficial	Subterránea	Alteraciones	Manejo	Gases	Material Particulado	Ruido	Generación Empleo	Paisaje
Topografía	0	0	-1,3	-1,3	0	0	0	2,5	-1
Limpieza y Desbroce	-1	-0,7	-2,5	-1,6	-2,2	-2,8	-2,8	2,8	-2,8
Replanteo	-0,7	-0,7	-1,3	-0,7	-0,7	-0,7	-1	3,1	-1
Señalización	-0,7	-0,7	-1,3	-1	-0,7	-1	-1,3	2,5	-3,1
Instalaciones Provisionales	-1,9	-1	-1,6	-1,3	-0,7	-1,3	-1,6	3,1	-0,7
Batería Sanitaria	-1,9	-1	-1,3	-1,3	-1,9	-0,7	-0,7	2,5	-1,3
Excavaciones	-5,2	-5,5	-6,4	-1,9	-2,2	-3,1	-2,8	3,1	-5,8
Transporte de material de relleno	-1,9	-1,3	-2,5	-1,9	-2,5	-2,8	-2,8	2,8	-2,5
Rellenos	-5,5	-4,9	-6,1	-2,2	-2,5	-2,8	-2,8	3,4	-5,2
Compactación	-5,2	-4,9	-4,9	-1,3	-2,5	-2,8	-3,1	1,9	-5,2
Hormigonados (aliviadero)	-2,2	-1,3	-1,3	-0,7	-1,9	-1,9	-2,5	2,5	-2,5

MATRIZ DE RIESGO									
Actividades	Agua		Suelo		Aire			Factores Socioeconómicos	
	Superficial	Subterránea	Alteraciones	Manejo	Gases	Material Particulado	Ruido	Generación Empleo	Paisaje
Topografía	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Limpieza y Desbroce	5	1	10	10	10	10	10	5	5
Replanteo	1	1	5	1	5	5	5	5	5
Señalización	1	1	1	1	10	5	5	5	5
Instalaciones Provisionales	5	1	5	1	10	10	10	5	5
Batería Sanitaria	10	5	5	11	10	5	10	1	5
Excavaciones	5	1	10	5	10	10	10	1	10
Transporte de material de relleno	5	1	5	1	10	10	10	1	5
Rellenos	5	1	10	5	10	10	10	1	5
Compactación	5	1	5	1	10	10	10	1	5
Hormigonados (aliviadero)	5	1	5	1	10	10	10	1	5

Factor Magnitud	0,3
Factor Reversibilidad	0,4
Factor Riesgo	0,3

MATRIZ DE VALORACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL										
Actividades	Agua		Suelo		Aire			Factores Socioeconómicos		
	Superficial	Subterránea	Alteraciones	Manejo	Gases	Material Particulado	Ruido	Generación Empleo	Paisaje	
Topografía	0,00	0,00	1,08	1,08	0,00	0,00	0,00	1,32	1,00	4,48
Limpieza y Desbroce	3,09	1,71	5,00	2,30	2,53	2,72	2,72	2,21	2,21	24,47
Replanteo	0,90	0,90	1,75	0,90	1,46	1,46	1,62	2,28	1,62	12,88
Señalización	0,90	0,90	1,08	1,00	1,79	1,62	1,75	2,13	2,28	13,45
Instalaciones Provisionales	1,96	1,00	1,87	1,08	1,79	2,16	2,30	2,28	1,46	15,89
Batería Sanitaria	4,60	3,09	1,75	2,22	2,42	1,46	1,79	1,32	1,75	20,40
Excavaciones	6,68	4,19	8,75	1,96	2,53	2,80	2,72	1,40	8,49	39,52
Transporte de material de relleno	1,96	1,08	2,13	1,21	2,63	2,72	2,72	1,36	2,13	17,95
Rellenos	6,79	4,05	8,62	2,05	2,63	2,72	2,72	1,44	6,68	37,69
Compactación	6,68	4,05	6,56	1,08	2,63	2,72	2,80	1,21	2,66	30,38
Hormigonados (aliviadero)	2,05	1,08	1,75	0,90	2,42	2,42	2,63	1,32	5,36	19,93
	35,61	22,04	40,35	15,79	22,81	22,78	23,76	18,26	35,63	

ANEXO E
Análisis de Precios Unitarios (APUS)

PRESA FEBRES CORDERO

Análisis de Precios Unitarios

Unidad: ha						
Fecha:						
Material						
Recurso	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo T. Uni.	
Subtotal=						
Mano de Obra						
Recurso	Trabajador	Número	Jor./h	F.S.R.	Rendimiento	Costo T. Uni.
	Operador Excavador	1	4.18	1	15	62.7000
	chofer	2	5.4	1	15	162.0000
	Ayudante	1	3.8	1	15	57.0000
Subtotal=					281.7000	
Equipo						
Recurso	Descripción	Cant.	Costo Uni.	Rendimiento	Costo T. Uni.	
	Excavadora de orugas	1	45	15	675.0000	
	Volqueta de 8 m3	2	20	15	600.0000	
Subtotal=					1275.0000	
Transporte						
Recurso	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo T. Uni.	
Subtotal=						
Costo Unitario =					1556.700	

PRESA FEBRES CORDERO

Analisis de Precios Unitarios

Rubro : Replanteo						Unidad: m2
						Fecha:
Material						
Recurso	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo T. Uni.	
	Herramienta Menor	dec. %	0.050	0.5000	0.0250	
					Subtotal=	0.0250
Mano de Obra						
Recurso	Trabajador	Número	Jor./h	F.S.R.	Rendimiento	Costo T. Uni.
	Topografo	1	1.78	2.13	0.0800	0.3033
	Cadenero	1	1.21	2.13	0.0800	0.2062
					Subtotal=	0.5095
Equipo						
Recurso	Descripción	Cant.	Costo Uni.	Rendimiento	Costo T. Uni.	
	Estacion Total	1	25	0.0800	2.0000	
					Subtotal=	2.0000
Transporte						
Recurso	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo T. Uni.	
					Subtotal=	
Costo Unitario =						2.534

PRESA FEBRES CORDERO

Análisis de Precios Unitarios

Unidad: m3						
Fecha:						
Material						
Recurso	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo T. Uni.	
Subtotal=						
Mano de Obra						
Recurso	Trabajador	Número	Jor./h	F.S.R.	Rendimiento	Costo T. Uni.
	Operador Excavador	1	4.18	1	0.02	0.0836
	chofer	3	5.4	1	0.02	0.3240
	Ayudante	1	3.8	1	0.02	0.0760
Subtotal=						0.4836
Equipo						
Recurso	Descripción	Cant.	Costo Uni.	Rendimiento	Costo T. Uni.	
	Excavadora de orugas	1	45	0.02	0.9000	
	Volqueta de 8 m3	3	20	0.02	1.2000	
Subtotal=					2.1000	
Transporte						
Recurso	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo T. Uni.	
Subtotal=						
Costo Unitario =					2.584	

PRESA FEBRES CORDERO

Análisis de Precios Unitarios

Rubro : Produccion y transporte de material A						Unidad: m3
						Fecha:
Material						
Recurso	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo T. Uni.	
Subtotal=						
Mano de Obra						
Recurso	Trabajador	Número	Jor./h	F.S.R.	Rendimiento	Costo T. Uni.
	Operador Excavador	1	4.18	1	0.028	0.1170
	chofer	3	5.4	1	0.028	0.4536
	Ayudante	1	3.8	1	0.028	0.1064
Subtotal=						0.6770
Equipo						
Recurso	Descripción	Cant.	Costo Uni.	Rendimiento	Costo T. Uni.	
	Excavadora de orugas	1	45	0.028	1.2600	
	Volqueta de 8 m3	3	20	0.028	1.6800	
Subtotal=						2.9400
Transporte						
Recurso	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo T. Uni.	
Subtotal=						
Costo Unitario =						3.617

PRESA FEBRES CORDERO

Análisis de Precios Unitarios

Rubro : Tendido y compactacion material A						Unidad: m3
						Fecha:
Material						
Recurso	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo T. Uni.	
Subtotal=						
Mano de Obra						
Recurso	Trabajador	Número	Jor./h	F.S.R.	Rendimiento	Costo T. Uni.
	Op. Motoniveladora	1	4.18	1	0.015	0.0627
	Chofer	1	5.4	1	0.015	0.0810
	Op. Rodillo	1	3.99	1	0.015	0.0599
	Ayudante de maquir	2	4.18	1	0.015	0.1254
Subtotal=					0.3290	
Equipo						
Recurso	Descripción	Cant.	Costo Uni.	Rendimiento	Costo T. Uni.	
	Motoniveladora	1	65.00	0.015	0.9750	
	Tanquero	1	30.00	0.015	0.4500	
	Rodillo	1	35.00	0.015	0.5250	
Subtotal=					1.9500	
Transporte						
Recurso	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo T. Uni.	
	Material	m3 - Km	4.5000	0.1900	0.8550	
Subtotal=					0.8550	
Costo Unitario =						3.134

PRESA FEBRES CORDERO

Análisis de Precios Unitarios

Rubro : Tendido y compactacion material A						Unidad: m3
						Fecha:
Material						
Recurso	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo T. Uni.	
Subtotal=						
Mano de Obra						
Recurso	Trabajador	Número	Jor./h	F.S.R.	Rendimiento	Costo T. Uni.
	Op. Motoniveladora	1	4.18	1	0.015	0.0627
	Chofer	1	5.4	1	0.015	0.0810
	Op. Rodillo	1	3.99	1	0.015	0.0599
	Ayudante de maquir	2	4.18	1	0.015	0.1254
Subtotal=					0.3290	
Equipo						
Recurso	Descripción	Cant.	Costo Uni.	Rendimiento	Costo T. Uni.	
	Motoniveladora	1	65.00	0.015	0.9750	
	Tanquero	1	30.00	0.015	0.4500	
	Rodillo	1	35.00	0.015	0.5250	
Subtotal=					1.9500	
Transporte						
Recurso	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo T. Uni.	
	Material	m3 - Km	4.5000	0.1900	0.8550	
Subtotal=					0.8550	
Costo Unitario =						3.134

PRESA FEBRES CORDERO

Análisis de Precios Unitarios

Rubro : Produccion y transporte de enrocado						Unidad: m3
						Fecha:
Material						
Recurso	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo T. Uni.	
	materia mayor a 30 cm	m3	1.050	4.5000	4.7250	
						PRESA FEBRES
Subtotal=						4.7250
Mano de Obra						
Recurso	Trabajador	Número	Jor./h	F.S.R.	Rendimiento	Costo T. Uni.
	chofer	1	5.4	1	0.25	1.3500
Subtotal=						1.3500
Equipo						
Recurso	Descripción	Cant.	Costo Uni.	Rendimiento	Costo T. Uni.	
	Volqueta	1	36	0.25	9.0000	
Subtotal=						9.0000
Transporte						
Recurso	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo T. Uni.	
Subtotal=						
Costo Unitario =						10.350

PRESA FEBRES CORDERO

Análisis de Precios Unitarios

Unidad: m3						
Fecha:						
Material						
Recurso	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo T. Uni.	
Subtotal=						
Mano de Obra						
Recurso	Trabajador	Número	Jor./h	F.S.R.	Rendimiento	Costo T. Uni.
	Operador Excavador	1	4.18	1	0.7	2.9260
	Ayudante	1	3.8	1	0.7	2.6600
	Peones	2	3.76	1	0.7	5.2640
Subtotal=					10.8500	
Equipo						
Recurso	Descripción	Cant.	Costo Uni.	Rendimiento	Costo T. Uni.	
	Excavadora de orugas	1	45	0.1	4.5000	
Subtotal=					4.5000	
Transporte						
Recurso	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo T. Uni.	
Subtotal=						
Costo Unitario =					15.350	

PRESA FEBRES CORDERO

Análisis de Precios Unitarios

Unidad: m3						
Fecha:						
Material						
Recurso	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo T. Uni.	
Subtotal=					0.0000	
Mano de Obra						
Recurso	Trabajador	Número	Jor./h	F.S.R.	Rendimiento	Costo T. Uni.
	Operador de retroexcavadora	1	3.99	1	0.1	0.3990
	Ayudante maquina	1	3.96	1	0.1	0.3960
Subtotal=					0.7950	
Equipo						
Recurso	Descripción	Tipo	Costo Uni.	Rendimiento	Costo T. Uni.	
	Retroexcavadora	1	25	0.1	2.5	
Subtotal=					2.5000	
Transporte						
Recurso	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo T. Uni.	
Subtotal=					0.0000	
Costo Unitario =					3.295	

PRESA FEBRES CORDERO

Análisis de Precios Unitarios

Rubro : Hormigon f'c=180 kg/cm2						Unidad: m3
						Fecha:
Material						
Recurso	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo T. Uni.	
	Hormigon premezclado	m3	1	115.00	120.75	
	Encofrado	global	1	20.00	20.00	
					Subtotal=	140.75
Mano de Obra						
Recurso	Trabajador	Número	Jor./h	F.S.R.	Rendimiento	Costo T. Uni.
	Albañil	3	3.8	1	0.75	8.5500
	Peon	4	3.76	1	0.75	11.2800
	Operador equipo liv	1	3.8	1	0.75	2.8500
					Subtotal=	22.6800
Equipo						
Recurso	Descripción	Cant.	Costo Uni.	Rendimiento	Costo T. Uni.	
	Vibrador	1	5	0.75	3.7500	
					Subtotal=	3.7500
Transporte						
Recurso	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo T. Uni.	
					Subtotal=	
Costo Unitario =						167.180

PRESA FEBRES CORDERO

Análisis de Precios Unitarios

Rubro :	Material filtrante					Unidad: m3
						Fecha:
Material						
Recurso	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo T. Uni.	
	Material triturado	m3	1.050	5.50	5.78	
					Subtotal=	5.78
Mano de Obra						
Recurso	Trabajador	Número	Jor./h	F.S.R.	Rendimiento	Costo T. Uni.
	Albañil	1	3.8	1	0.35	1.33
	Peon	1	3.76	1	0.35	1.32
					Subtotal=	2.65
Equipo						
Recurso	Descripción	Cant.	Costo Uni.	Rendimiento	Costo T. Uni.	
	Herramientas				0.13	
					Subtotal=	0.13
Transporte						
Recurso	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo T. Uni.	
	Material filtrante	me	10.50	0.1900	1.9950	
					Subtotal=	1.9950
Costo Unitario =						10.548

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Total
1	Movilización	Global	1	\$ 2,940.00	\$ 2,940.00
2	Desbroce y limpieza (incluye desalojo)	Ha	196.129119	\$ 1,556.70	\$ 305,314.20
3	Replanteo	m ²	9141.44	\$ 2.53	\$ 23,168.94
4	Excavacion de la cimentacion de la presa (sin clasificar)	m ³	160945.4	\$ 2.58	\$ 415,818.54
5	Produccion y transporte de material A (Nucleo)	m ³ /km	89147.5	\$ 3.62	\$ 322,450.07
6	Produccion y transporte de material B (Espaldones)	m ³ /km	495228.45	\$ 3.23	\$ 1,599,340.27
7	Compactación de material tipo A (Nucleo - Arcilla)	m ³	89147.5	\$ 3.13	\$ 279,383.81
8	Compactación de material tipo B (Espaldones - Arenisca)	m ³	495228.45	\$ 3.13	\$ 1,552,021.19
9	Transporte de material de enrocado	m ³ /km	874.308	\$ 10.35	\$ 9,049.09
10	Material enrocado	m ³	874.308	\$ 15.35	\$ 13,420.63
11	Excavacion y relleno de estructuras menores (aliviadero)	m ³	2500	\$ 3.30	\$ 8,237.50
12	Recubrimiento de Hormigon (aliviadero) f'c=180 kg/cm2	m ³	720	\$ 167.18	\$ 120,369.60
13	Material del filtro	m ³	128	\$ 10.55	\$ 1,350.18
14	Geotextil NT 1600	m	140	\$ 2.27	\$ 317.52
15	Tubo de 4" PVC para subdren	m	140	\$ 11.63	\$ 1,628.76
16	Desmovilización	Global	1	\$ 2,940.00	\$ 2,940.00
				Sub-total	\$ 4,657,750.30
				I.V.A	\$ 558,930.04
				Total	\$ 5,216,680.34

ANEXO F
Salidas de Campo



Vista del empotramiento izquierdo del sitio de presa



Cierre de presa y vaso



Formación rocosa estratificada en el sitio de presa y vaso



Área del vaso, el río tiene caudales en épocas de estiaje

ANEXO G
Planos