



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

“Soluciones ingenieriles ante la elevación del nivel del mar para la implementación de un Puerto Espacial en la costa ecuatoriana”

PROYECTO INTEGRADOR

Proyecto Multidisciplinario de Materia Integradora

Previo la obtención del Título de:

INGENIERO CIVIL

Presentado por:

Luis Gustavo Palacios Montes

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2019

DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico a Dios por darme la sabiduría para poder cerrar un ciclo más en mi vida, a mi madre por su apoyo incondicional y ejemplo de superación, a mis hermanas que siempre estuvieron dándome ánimos para seguir adelante y poder culminar esta carrera.

A mis familiares, profesores y amigos que también fueron de ayuda en los momentos de preparación.

AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento al Dr. Mijail Eduardo Arias Hidalgo por darme la oportunidad de poder participar en este proyecto multidisciplinario, y al Dr. Miguel Angel Chavez Moncayo por su colaboración y paciencia.

A los profesores que de cualquier forma me ayudaron en la corrección de esta tesis.

A Robert Aillon director ejecutivo de Leviathan Space Industries LLC, que promueve y confía en la capacidad de los estudiantes politécnicos.

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, me corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Luis Gustavo Palacios Montes* y doy mi consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”

Luis Gustavo Palacios Montes

EVALUADORES

Ing. Miguel Angel Chavez Moncayo, Ph.D.

PROFESOR DE LA MATERIA

Ing. Mijail Eduardo Arias Hidalgo, Ph.D.

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo principal proveer soluciones ingenieriles ante el incremento de nivel del mar, para la implementación de un puerto espacial en la costa ecuatoriana. Esto con la finalidad de ahorrar combustible y maximizar la carga de los cohetes que son enviados al espacio aprovechando la latitud ecuatorial. El sitio seleccionado para llevar a cabo este proyecto es Chanduy el cual presenta la mayor puntuación en la matriz de Likert.

Para la selección del sitio se evaluaron varios parámetros con ayuda del programa ARCMAP. Por medio del paquete computacional Delft 3D se modeló mareas durante un intervalo de 10 años. Además se calculó la marea máxima con periodo de retorno de 100 años. Gracias a revisión bibliográfica de cambio climático y fenómeno de El Niño se pudo determinar el posible incremento del nivel del mar en el sitio seleccionado.

Como soluciones ingenieriles se propuso la construcción de un dique y varios canales. Para la conformación del núcleo del dique, se utilizó arcilla de la zona que presenta adecuadas características físicas. También se realizó el análisis de estabilidad cumpliendo con la Normativa Ecuatoriana de la Construcción (NEC). Los canales fueron diseñados con revestimiento de hormigón para reducir el costo de mantenimiento y potencial de socavación.

Las soluciones ingenieriles propuestas tienen la finalidad de reducir los impactos que ocasionaría el incremento del nivel del mar y las precipitaciones en Chanduy. Estas son económicamente viables y tecnológicamente factibles, debido a que se trata de aprovechar los materiales disponibles en la sitio de estudio.

El siguiente proyecto ha sido multidisciplinario, gracias al aporte del Señor Jorge Iñiguez Noboa, estudiante de Oceanografía-FIMCM, y el señor Luis Gustavo Palacios, estudiante de Ingeniería Civil-FICT.

Palabras Clave: Puerto Espacial, Likert, Estabilidad, Factible, Viables.

ABSTRACT

The present work has as main objective to provide engineering solutions to deal with the increase of mean sea level, for the implementation of a spaceport on the Ecuadorian coast. The main motivations for that specific location were, saving fuel and maximizing the available rockets' load that will be sent to space taking advantage of Equatorial latitude. The site selected to carry out this project was Chanduy, which showed highest score in the Likert matrix.

For the site selection, several parameters were evaluated with the help of ArcMap. Using Delft 3D, tides were modeled a time span of 10 years, extreme time was calculated with a return period of 100 years. By means of literature review about climate change and El Niño Phenomenon, the increase in sea level at the selected site could be determined.

As engineering solutions, the construction of a dike and several channels was proposed. For the dike's core, clay from the área with adequate physical characteristics was used. The stability analysis was also carried out in compliance with the Ecuadorian Construction Regulations (NEC). The channels were concrete lined reducing possibilities of scour and costs of maintenance.

The proposed engineering solutions are intended to reduce the impacts that would be produced by the increase of the mean sea level and rainfall at Chanduy. These are economically viable and technologically feasible, because they use the materials available on the study site.

The following project was a multidisciplinary initiative, thanks to the contribution of Mr. Jorge Iñiguez Noboa, student of Oceanographic Engineering-FIMCM and Mr. Luis Gustavo Palacios, student of Civil Engineering-FICT.

Keywords: Spaceport, Likert, Stability, Feasible, Viable.

ÍNDICE GENERAL

EVALUADORES	V
RESUMEN	VI
ABSTRACT.....	VII
ÍNDICE GENERAL.....	VIII
ABREVIATURAS.....	XI
SIMBOLOGÍA.....	XII
ÍNDICE DE FIGURAS	XIII
ÍNDICE DE TABLAS	XV
ÍNDICE DE PLANOS.....	XVI
CAPÍTULO 1	1
1. Introducción.....	1
1.1 Descripción del problema.....	5
1.1.1 Formulación del problema	6
1.1.2 Sistematización del problema.....	6
1.2 Justificación del problema.....	6
1.3 Objetivos	7
1.3.1 Objetivo General.....	7
1.3.2 Objetivos Específicos	7
1.4 Marco Teórico	8
1.4.1 Cambio Climático.....	8
1.4.2 Fenómeno de El Niño.	9
1.4.3 Mareas.....	9
1.4.4 Inundaciones intensas	10

CAPÍTULO 2	11
2. Metodología	11
2.1 Etapa 1. (Selección del sitio)	11
2.2 Etapa 2. (Incremento del mar con retorno de 100 años.).....	13
2.2.1 Malla computacional.....	16
2.2.2 Batimetría.....	17
2.2.3 Condiciones iniciales y de borde.....	17
2.2.4 Rugosidad de fondo.	18
2.2.5 Puntos de Observación.....	18
2.2.6 Parámetros Físicos.	18
2.2.7 Cálculo de marea extrema.	19
2.2.8 Fenómeno de El Niño y cambio climático.	19
2.2.9 Cálculo de Oleaje.....	19
2.3 Etapa 3. (Soluciones ingenieriles para mitigar efectos del incremento del nivel del mar e inundaciones pluviales).	20
2.3.1 Diseño de dique rompeolas.....	20
2.3.2 Diseño de canales.....	21
2.3.3 Periodo de Retorno	24
2.3.4 Gumbel.....	24
2.3.5 Log-Normal	24
2.3.6 Pearson tipo III	25
2.3.7 Tirante Nornal.	26
2.3.8 Presupuesto	28
2.3.9 Impacto Ambiental.....	28
CAPÍTULO 3	29
3. Resultados y análisis.....	29

3.1 Selección del sitio.	29
3.2 Incremento del nivel del mar.	34
3.2.1 Modelación de mareas.	34
3.2.2 Proyecciones de mareas.	36
3.2.3 Cálculo de ola extrema y escenarios de inundación.	37
3.3 Soluciones Ingenieriles.	41
3.3.1 Descripción de solución A.	41
3.3.2 Descripción de solución B.	42
3.3.3 Descripción de solución C.	43
3.3.4 Detallamiento del dique rompeolas, solución A, B y C.	44
3.3.5 Detallamiento de los canales de recolección de lluvia, soluciones A, B y C.	45
3.3.6 Dimensionamiento y materiales del dique.	46
3.3.7 Dimensionamiento y materiales del canal.	48
3.4 Presupuestos	49
3.5 Impacto ambiental.	50
CAPÍTULO 4	51
4. Conclusiones Y Recomendaciones.	51
4.1 Conclusiones	51
4.2 Recomendaciones	54
Bibliografía	56
APÉNDICES	63
APÉNDICE A	64
APÉNDICE B	81
APÉNDICE C	98
APÉNDICE D	111

ABREVIATURAS

M. Ext.	Marea extrema
M. Max.	Marea máxima
CEM	Coastal Engineering Manual
SKILL	Nivel de exactitud.
RMSE	Root Mean Squared Error
NMm	Nivel medio del mar
CC	Cambio Climático
NEC	Normativa Ecuatoriana de la Construcción
msnm	Metros sobre el nivel del mar
SIG	Sistema de Información Geográfica
DEM	Digital Elevation Model
SNI	Sistema Nacional de Información

SIMBOLOGÍA

mm	Milímetros
h	Horas
m	Metro
m ³	Metro cúbico
Km	Kilómetro
Km ²	Kilómetro cuadrado
KN	Kilo newton
T	Toneladas
Hec	Hectaria
Qd	Caudal de diseño
C	Coeficiente de escorrentia
I	Intensidad de lluvia
A	Área
Z	Factor de zonificación sísmica
Fs	Factor de seguridad
Y	Tirante
B	Ancho de solera
Bl	Borde libre.
Am	Área mojada
Pm	Perímetro mojado.
Rh	Radio hidráulico
T	Espejo de agua
Ø	Diámetro de varillas
C''	Cohesión
γ	Peso específico
φ	Ángulo de fricción interna

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Árbol del problema. (Fuente: Propia)	5
Figura 2.1 Módulos de Delft 3D. (Fuente: Deltares, 2014)	14
Figura 2.2 Diagrama de proceso para modelamiento en Delf 3D. Adaptación de “Diagram of the methodological process.” (Espinoza, 2018).....	15
Figura 2.3 Generación de grilla. (Fuente: Propia)	16
Figura 2.4 Grilla y Batimetría. (Fuente: Propia)	17
Figura 2.5 Puntos de observación. (Fuente: Propia)	18
Figura 2.6 Predimensionamiento de represa en función a su altura (Fuente: USBR, 1987).	20
Figura 2.7 Zona montañosa en Chanduy. (Fuente: Propia)	22
Figura 2.8 Curvas empíricas que muestran el ancho en el fondo y la profundidad en canales revestidos (Fuente: USBR, 1987).	26
Figura 2.9 Características del canal trapezoidal. (Samani & Magallanez 1993), (Chow, V.T. 1959)	27
Figura 2.10 Monograma del canal trapezoidal (Fuente: USBR, 1987).	28
Figura 3.1 Levantamiento de información en Chanduy (Fuente: Propia).	31
Figura 3.2 Área requerida para la construcción del Puerto (Fuente: Propia). .	32
Figura 3.3 Bosquejo del Puerto Espacial en Ecuador (Fuente: Propia).	33
Figura 3.4 Gráficas de mareas modeladas Libertad- Chanduy- Posorja (Fuente: Propia).....	34
Figura 3.5 Gráfica de correlación Libertad Vs Chanduy (Fuente: Propia).	35
Figura 3.6 Gráfica de correlación Posorja Vs Chanduy (Fuente: Propia).	35
Figura 3.7 Gráfica de proyecciones de distribuciones para $T= 100$. (Fuente: Propia).....	36
Figura 3.8 Gráfica de distribución probabilística según Draper.	37
Figura 3.9 Mapa de inundación con marea máxima. (Fuente: Propia)	40
Figura 3.10 Mapa de inundación con marea extrema. (Fuente: Propia)	39
Figura 3.11 Esquema de la solución ingenieril A. (Fuente: Propia)	41
Figura 3.12 Esquema de la solución ingenieril B. (Fuente: Propia)	42
Figura 3.13 Esquema de la solución ingenieril C. (Fuente: Propia).....	43

Figura 3.14 Diseño del dique propuesto (Fuente: Propia).....	44
Figura 3.15 Diseño del canal propuesto (Fuente: Propia).....	45
Figura 3.16 Distancia de la cantera Tablazo a construcción de dique. (Fuente: Google Earth Pro)	46
Figura 3.17 Factor de seguridad del dique (Spencer).	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Escala de Likert (García & Galán, 1998)	13
Tabla 2.2 Pendientes laterales aconsejables dependiendo del material de construcción (Chow, V.T. 1959)	23
Tabla 3.1 Matriz de Likert. (Fuente: Propia)	29
Tabla 3.2 Matriz de Criterios. (Fuente: Propia)	30
Tabla 3.3 Proyecciones de mareas para T= 100 (Fuente: Propia)	36
Tabla 3.4 Resultados ola extrema. (Fuente: Propia)	38
Tabla 3.5 Alturas de Inundación. (Fuente: Propia)	38
Tabla 3.6 Correcciones de alturas al NMM local. (Fuente: Propia)	38
Tabla 3.7 Muestras de arcilla. (Fuente: Propia)	46
Tabla 3.8 Coordenadas de cantera y proyecto. (Fuente: Propia)	47
Tabla 3.9 Características de filtro y enrocado. Luna et. al, (2011).	47
Tabla 3.10 Características hidráulicas del canal.	49
Tabla 3.11 Costos de distintas soluciones. (Fuente: Propia)	49
Tabla 3.12 Tiempo de construcción de las distintas soluciones. (Fuente: Propia)	50

ÍNDICE DE PLANOS

Plano 1. Vista transversal y en planta de la solución A.	120
Plano 2. Vista transversal y en planta de la solución B.	121
Plano 3. Vista transversal y en planta de la solución C.	122

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

El proyecto nace por la necesidad que tiene la compañía Leviathan Space en la implementación de un puerto espacial que se sitúe en la línea ecuatorial, con la finalidad de incrementar el ahorro de combustible de los vehículos de lanzamiento y maximizar la carga útil.

Debido que el Ecuador se encuentra (valga la redundancia) sobre la línea ecuatorial, lo convierte en el sitio ideal para realizar sus pruebas de lanzamiento, porque se puede aprovechar el impulso de la rotación terrestre para ahorro de combustible al lanzar cohetes al espacio. No obstante, la presencia del lugar frente a las costas (común para un puerto espacial) y un posible aumento del nivel del mar, ocasionado por un efecto del calentamiento global, produce un ambiente de incertidumbre sobre los cambios antropogénicos y naturales que tendrán estos lugares. Por lo tanto, es necesario analizar los posibles escenarios, con la ayuda de información que se encuentra en la actualidad.

Entre los beneficios que tendría el proyecto para Ecuador tenemos:

- Inversión extranjera directa.
- Creación del ecosistema aeroespacial.
- Estar a la vanguardia de la revolución espacial.
- Creación de empleo.
- Transferencia de tecnología.
- Las universidades tienen oportunidades de investigación, nuevas carreras.
- Oportunidades comerciales.

La ubicación geográfica cercana al mar de las poblaciones de Chanduy, Pedernales y Puná, implica que están sujetas a cambios de climáticos y a la presencia del fenómeno del Niño. Esta situación ha mostrado antecedentes

históricos con efectos negativos en las zonas ecuatorianas sobre todo en las costas, ocasionando pérdidas económicas para la población. En ese contexto, a continuación se presentan datos y reseñas generales sobre su probabilidad y presencia en el Ecuador de estos factores en la actualidad:

Las actividades realizadas de manera cotidiana entre comunidades humanas como la deforestación la industria, el transporte, entre otros, ocasionan emisiones de gases de efectos invernadero. Esto modifica la composición de la atmósfera, lo que trae consigo un incremento de la temperatura, cambio en la duración de las estaciones y una mayor distribución en las precipitaciones sobre ciertas regiones (Stern et. al, 2007).

Los efectos del cambio climático en el Ecuador son evidentes en la tendencia de sus precipitaciones y el aumento de la temperatura en el país. Un ejemplo evidente de ellos es la disminución de los glaciares, referencia sobre la cual se tiene el retroceso de la capa de hielo del volcán Cotopaxi que en 30 años ha visto reducido su diámetro en 200 m de altitud. Además de otros problemas que ha sufrido la nación se encuentran: zonas con incremento del nivel de mar produciendo inundaciones, áreas donde existen sequías y deslizamientos de tierra (Cáceres et. al, 1998).

Las zonas húmedas en el Ecuador disminuirán, adicionalmente como efecto contrario, las áreas secas tendrán una participación del 14% en toda la región, siendo la mayor presencia de sequía en las Provincias de: El Oro, Guayas, Manabí, Chimborazo, Bolívar y Loja (Aguirre et. al, 2010).

Las precipitaciones anuales sobre la región del Pacífico Ecuatorial se incrementarán en un 20%. Prueba de ello fueron la presencia del fenómeno del Niño que afectó severamente al Ecuador entre los años 1997 a 1998, con cerca de 2.8 billones de dólares en pérdidas económicas. Posteriormente para el año 2008, la presencia de lluvias extremas constituyó un problema para 13 provincias, la mayoría de estas situadas en las costas, que comprometieron a

cultivos del sector agrícola, daños en infraestructura ganadera, siendo los más afectados, aquellas personas que viven en las zonas rurales del país (Vos et. al, 2006).

Los antecedentes del Ecuador como región tropical influenciada por las corrientes de Humboldt y el fenómeno de El Niño, generan en su medio ambiente una alta variación climática. En ello, se nota presencia de regiones donde existen abundantes precipitaciones hasta zonas desérticas con mínima presencia de lluvias. Para determinar a futuro las condiciones climáticas específicamente de las zonas de la Provincia de Santa Elena, quienes tomaron como referencia, antecedentes históricos sobre la proyección climática entre los años 2011 al 2099. Concluyendo que, a escala anual, el ambiente presenta incrementos de temperatura promedio de +2,7 °C y una precipitación del + 8,2% (García et. al, 2017).

Sin embargo, a través del índice de Aridez de Martone no se encuentran cambios para los años 2012 – 2040, 2041 – 2070 y 2071 – 2099 en La Paz y Comondú, Baja California Sur catalogando estos lugares dentro de la clasificación de semidesértico árido; a escala mensual. Cabe resaltar que las lluvias están presentes entre los meses de enero y abril, reduciendo gradualmente el estado de aridez, ocasionando un clima dentro de las categorías: semidesértico árido a semidesértico mediterráneo y de semiárido mediterráneo a subhúmedo (Mercado et. al, 2010).

En cuanto a las condiciones normales para la aparición del fenómeno de El Niño, (Espinoza, 1996) manifiesta que existen en el ambiente dos grandes espacios geográficos sobre los cuales se desarrolla este evento: la presencia de océano y la atmósfera. La ubicación del Ecuador, hace posible que la circulación atmosférica y oceánica se genere en dos sentidos opuestos que desembocan en las costas. Estos son la circulación de las corrientes desde el Pacífico norte y aquellas que vienen desde el sur denominado como el Frente Ecuatorial,

mientras que el aporte de la atmósfera viene por el desarrollo del clima a través de la Zona de Convergencia Intertropical. (Andrade, 1993)

Como consecuencia de estos escenarios, en la zona costera del Ecuador, se forman dos estaciones completamente diferenciadas. Una estación seca y fría que se da entre los meses de mayo a junio, y noviembre a diciembre cuando la ZCIT se desplaza en la parte norte de América Central; y una estación húmeda y cálida entre los meses de diciembre a enero y abril a mayo cuando la ZCIT se encuentra sobre el país. (Pourrut & Gómez, 1998)

Para los años de 1991 a 1992, la actividad camaronera fue la más afectada en el Ecuador, porque los muros construidos en las piscinas donde se encontraba el producto, fueron destruidos, perdiéndose totalmente el inventario; para el año 1993. La presencia de las lluvias, comprometieron la infraestructura de carreteras, puentes y sembríos, comunicando zonas y comunidades rurales, específicamente en áreas que forman parte de la región litoral del país (Vos et. al, 2006).

La presencia del fenómeno de El Niño en el Ecuador entre los años 1997 y 1998, fue interpretado por especialistas como un fenómeno extraordinario, debido a los considerables cambios con las condiciones naturales oceánicas y atmosféricas, en todo el globo terrestre. Con referencia al Ecuador, sus cambios se dieron en las precipitaciones, donde principalmente en la ciudad de Guayaquil, se cuantificó lluvias de 4.162,2 mm sobre entre los meses de noviembre a julio. En comparación a registros anteriores de precipitaciones de 1.808,4 que se registró entre los años 1972 a 1973 (Guillén et. al, 1999).

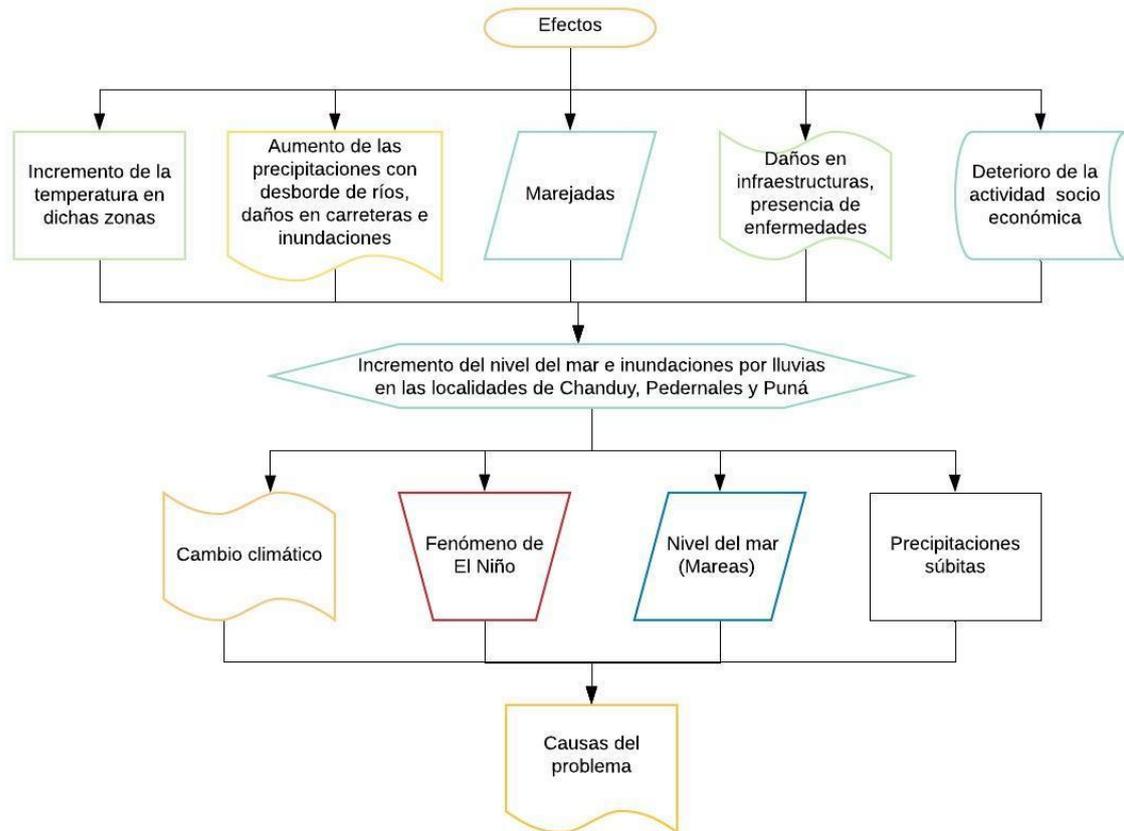


Figura 1.1 Árbol del problema. (Fuente: Propia)

1.1 Descripción del problema

Debido a que las instalaciones del puerto espacial deben estar cerca de la Costa por cuestión de seguridad y facilidad de lanzamiento, se debe tener en consideración los antecedentes descritos sobre los efectos del cambio climático y a la presencia del fenómeno de El Niño en el Ecuador. Estas variables pueden comprometer el desarrollo de actividades económicas y de investigación del proyecto. Ante esta problemática se propone dar soluciones ingenieriles que puedan mitigar los efectos del incremento del nivel del mar, así como las inundaciones de corte súbito y pluvial.

1.1.1 Formulación del problema

¿Cuáles son las soluciones ingenieriles apropiadas que se puedan proponer para mitigar los efectos de la elevación del nivel del mar debido a marea, fenómeno de El Niño, cambio climático e inundaciones de origen pluvial, en un sector de la costa ecuatoriana, para la implementación de un puerto espacial?

1.1.2 Sistematización del problema

- ¿Cuáles son lugares más adecuados para construir un puerto espacial en referencia las zonas situadas dentro de las costas ecuatorianas?
- ¿Cómo modelar los cambios producidos por la marea en las costas ecuatorianas?
- ¿Cuáles son los cambios que ha tenido el Ecuador históricamente sobre las variaciones del nivel del mar en sus costas como efecto de la presencia del Fenómeno de El Niño y el Cambio Climático?
- ¿Cuáles son los resultados sobre el cambio de marea que sufrirá las costas ecuatorianas en los próximos 100 años?
- ¿Cuáles son los lugares más propensos a inundación de la costa ecuatoriana?
- ¿Qué tipos de obras ingenieriles son las más aplicables para mitigar daños ocasionados por efectos de incrementos sobre el nivel del mar e inundaciones de origen pluvial?

1.2 Justificación del problema

La pre-factibilidad de un estudio, permite al diseñador y a las personas involucradas en el proyecto, cuantificar el beneficio de poner en marcha una idea de negocios. Por lo tanto, al momento de disponer de un informe que describa las condiciones que ofrece una localidad y los posteriores problemas en cuanto a la ejecución de actividades operativas, será posible evaluar los posibles escenarios y los contingentes que se deben aplicar para obtener un resultado favorable a los objetivos planteados.

El estudio se justifica, por la necesidad de comparar, las condiciones climáticas y el riesgo de incremento del nivel del mar y la presencia de marejadas en las zonas de Chanduy, Pedernales y Puna, localidades que tienen la característica en común de estar localizadas en zonas costeras ecuatorianas.

Según antecedentes presentados con anterioridad, históricamente han sufrido efectos ambientales negativos, provocados por el cambio climático, fenómeno de El Niño y precipitaciones súbitas en nuestras costas.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Diseñar preliminarmente soluciones ingenieriles mediante la aplicación de metodologías de diseño ingeniería Civil y Oceanografía, a fin de mitigar los efectos de las precipitaciones intensas y el incremento del nivel del mar debido a marea, fenómeno de El Niño, cambio climático en un sector de la costa ecuatoriana, para la implementación de un puerto espacial.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Seleccionar el mejor sitio de la costa ecuatoriana para la implementación de un puerto espacial mediante la aplicación de la metodología de Likert. (Ing. Civil & Oceanografía)
2. Modelar los cambios de marea utilizando el modelo numérico Delft 3D según el proceso de validación y calibración. (Oceanografía)
3. Definir los incrementos del nivel del mar según Fenómeno de El Niño y Cambio Climático mediante la investigación bibliográfica. (Oceanografía)
4. Calcular la marea extrema con un periodo de retorno de 100 años, para un sector en la costa ecuatoriana, utilizando data histórica de nivel del mar. (Oceanografía)
5. Calcular la ola de diseño con un periodo de retorno de 100 años, su *run-up* y el peso de la roca de coraza de una protección costera, para un sector

- en la costa ecuatoriana, utilizando data histórica de nivel del mar. (Oceanografía)
6. Generar mapas de inundación en un sector de la costa ecuatoriana, debido a los diferentes escenarios de incremento del nivel del mar. (Oceanografía)
 7. Identificar la ubicación y características técnicas de los materiales locales aptos para la construcción. (Ing. Civil)
 8. Diseñar estructuras para mitigar los efectos de inundaciones por incremento del nivel del mar y precipitaciones. (Ing. Civil)
 9. Estimar los costos y presupuesto de la construcción de las soluciones ingenieriles, por medio de análisis de precios unitarios y rubros. (Ing. Civil)
 10. Evaluar el impacto ambiental producible por la implementación de las soluciones ingenieriles. (Ing. Civil & Oceanografía)
 11. Seleccionar el tipo de permiso ambiental de las soluciones ingenieriles según el SUIA y generación de un reporte ambiental acorde al permiso seleccionado. (Ing. Civil)

1.4 Marco Teórico

1.4.1 Cambio Climático.

En referencia sobre pronósticos de aumento del nivel del mar Useros, (2012) reporta que del nivel del mar es un efecto directo del incremento de la temperatura global, porque los gases de efecto invernadero, generan una capa en la atmósfera que evita que los rayos del sol regresen a su origen. Calentando al planeta y provocando el deshielo de los polos, por ende, la tendencia es el aumento de las precipitaciones.

Los gases que ocasionan el efecto invernadero son el dióxido de carbono el vapor de agua, el óxido nitroso, el ozono, el metano, el hexafluoruro de azufre, los hidrofluorocarbonos y los perfluorocarbono (Guerrero et. al, 2012).

El aumento de la temperatura es ocasionado por el uso de recursos energéticos no renovables, que ocasionan en el medio ambiente la exposición de gases, que

concentran los rayos del sol, afectando la calidad de vida de la población, además de comprometer el espacio de terrenos cercanos a zonas limitados contra el mar. (Marzo, 2016)

1.4.2 Fenómeno de El Niño.

Cáceres, (2011) comenta que la presencia de eventos naturales asociados por cambios climáticos en el océano y temas atmosféricos han registrado elementos estables, es decir que no han provocado mayor riesgo para la población situada en zonas costeras. Los efectos provocados por el fenómeno de El Niño en diversas infraestructuras. En general, indica que en Ecuador se reportaron daños de carreteras, cultivos de las zonas de la costa (Jaimes, 1999).

En cuanto a las condiciones normales para la aparición del fenómeno de El Niño, Espinoza, (1996) manifiesta que existen en el ambiente dos grandes espacios geográficos sobre los cuales se desarrolla este evento: la presencia de océano y la atmósfera. La ubicación del Ecuador, hace posible que la circulación atmosférica y oceánica se genere en dos sentidos opuestos que desembocan en las costas.

1.4.3 Mareas

El aumento del nivel del mar debido a mareas varía entre 1.7 mm y 1.8 mm cada año, siendo un efecto negativo, la incursión del mar en las zonas costera, inundando poblaciones aledañas y afectando la vida silvestre en la zona (IPCC, 2018).

Para zonas en las regiones de América Central, Sur y parte de Asia, la aplicación de métodos en ingeniería civil para proveer construcciones más resistentes, además de programas para reforestar las costas. Esto ha constituido ambientes adecuados para el asentamiento de viviendas, sin embargo, todos los pobladores están conscientes que el riesgo por desastres naturales aún existe. (Torres et. al, 2018)

Esparza, (2016), establece aplicar una metodología relacionada al cálculo del run-up que es la altura máxima de inundación en función a la necesidad de determinar líneas posibles de inundación y la aplicación de modelos de Wave Watch III.

1.4.4 Inundaciones intensas

El cambio climático y la variabilidad climática hoy en día están causando frecuentes modificaciones en las precipitaciones. Lo cual afecta principalmente a ecosistemas y sectores socioeconómicos, pérdidas de vidas humanas, migración de especies entre otras consecuencias (Cáceres et. al 1998).

El calentamiento superficial de los océanos, en los meses de diciembre hasta marzo en varias ocasiones produce un evento inusual (fenómeno de El Niño), aumentando la temperatura de los océanos y provocando lluvias abundantes en varias provincias de la costa ecuatoriana (Rossel et.al, 1996).

Para el diseño y la planeación de obras hidráulicas se debe recurrir al estudio de probabilidad para predecir eventos hidrológicos futuros. La probabilidad relaciona dos conceptos, el periodo de retorno, el cual se define como el tiempo en que transcurre dos sucesos iguales; y la probabilidad de excedencia, que es la probabilidad asociada a un periodo de retorno (Pizarro et. al, 2008).

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

La metodología de la investigación, aborda el tema de comprobar la relación de las causas descritas con el problema planteado, en referencia al tema de estudio. Se ha planteado realizar un estudio de pre-factibilidad para determinar la mejor ubicación de un puerto espacial analizando tres sitios que fueron proporcionados por Leviathan Space, que fueron Pedernales, Chanduy y Puná.

En este estudio se considera fenómeno de El Niño, mareas y cambio climático, los cuales podrían influir en el terreno donde estaría la construcción del proyecto. Por lo tanto se aplicarán técnicas ingenieriles para constatar la ubicación más efectiva, criterio que se logra solo con una correcta investigación y procesamiento de datos.

Es por esta razón que el proyecto se lo divide en tres etapas, las cuales son:

1. Seleccionar el mejor sitio para la implementación del puerto espacial, entre las opciones requeridas por el cliente.
2. Evaluar el incremento del nivel del mar para un periodo de retorno de 100 años (mareas, Cambio climático y fenómeno de EL Niño), así como de las precipitaciones asociadas en la zona.
3. Proponer soluciones ingenieriles que reduzcan los efectos producidos por el incremento del nivel del mar y precipitaciones súbitas con la finalidad de proteger el puerto espacial.

2.1 Etapa 1. (Selección del sitio)

Para el procesamiento de datos de esta etapa se utilizó el sistema de información geográfica ArcMap (ESRI, 2011). Este paquete computacional permite recopilar, organizar y analizar información levantada, la misma que está disponible en el Sistema Nacional de Información del Ecuador (SNI 2019).

Entre las ventajas del uso de sistemas de información geográfica que se pudo considerar relacionadas a la mejora del proceso de toma de decisión se nombran las siguientes:

- Planificación espacial efectiva.
- Facilitar la comprensión por medios de mapas.
- Usar recursos de forma más eficiente.

En el sistema de información geográfica se introdujo las características poblacionales, acceso vial y sitios de apoyo para el transporte de las tres localidades Pedernales, Chanduy y Puna, clasificándolas en 16 parámetros, los mismos que se mencionan a continuación:

1. Población
2. Uso de suelos
3. Infraestructura vial
4. Tipo de suelo
5. Reservas naturales
6. Puertos y aeropuertos
7. Fallas y sismicidad
8. Área
9. Topografía
10. Peligro de tsunami
11. Clima y meteorología
12. Incremento del Nivel del Mar
13. Turismo
14. Transporte
15. Áreas de Inundación por lluvias
16. Exposición al oleaje

Posteriormente, se procedió a la elaboración de mapas con la información requerida adjuntando a cada característica una puntuación de acuerdo a la siguiente escala:

Tabla 2.1 Escala de Likert. (García & Galán, 1998)

1	2	3	4	5
Muy en Desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Muy de acuerdo

Se elaboró la escala de Likert, enumerada del 1 al 5 siendo 1 pésimo para el proyecto y considerando 5 óptimo (García & Galán, 1998).

Esta medición y atribución de cada parámetro de Likert, se realizó en base a criterios y consultas con especialista en cada área, con la finalidad de elegir la mejor ubicación del puerto espacial. Por consiguiente, se realizó la sumatoria de cada uno de los sitios cuya mayor puntuación será el lugar más adecuado para implementar este tipo de proyecto.

Una vez que se determinó el lugar, se procedió al levantamiento detallado de información a través de un mapa considerando las edificaciones, vías de acceso, diques, camaroneras, lagunas y cultivos en la zona, entre otros factores.

De acuerdo al cliente del presente proyecto (Leviathan Space) y a lo revisado en fuentes bibliográficas pertenecientes (Seedhouse, 2017), (Dachyar & Purnomo, 2018), el área que necesitan para realizar este proyecto oscila entre 150 Km² y 700 Km² (en promedio 400 Km²). En la cual se procedió a realizar la implantación de polígonos de tal forma que tenga la menor afectación a la población, y produzca el menor impacto al ecosistema, cumpliendo con las exigencias del cliente.

2.2 Etapa 2. (Incremento del mar con retorno de 100 años.)

Con ayuda del programa Delft 3D (Deltares, 2008), se calculó incrementos de mareas para un periodo de retorno de 100 años (1% de probabilidad de exedencia). Este programa asiste en el modelamiento e investigación hidrodinámica, morfológica, calidad de agua y transporte de sedimentos, para

ambientes costeros, fluviales y estuarios. Es multidimensional es decir, trabaja en 2D y 3D.

Su metodología consiste en calcular la hidrodinámica de flujo, morfodinámica y transporte, difusión y dispersión de sustancias aproximando las ecuaciones de Navier-Stokes mediante un esquema numérico robusto y asumiendo la hipótesis de Boussinesq sobre una malla curvilínea (Deltares, 2008).

Delft 3D presenta diversos módulos de trabajo, estos se encuentran interconectados con la finalidad de intercambiar información y resultados, en la figura 2.1 se puede observar los diversos módulos del programa.



Figura 2.1 Módulos de Delft 3D. (Fuente: Deltares, 2014)

Cada módulo presenta funciones específicas como:

- Hidrodinámico: Transporte de sedimentos, morfología, salinidad y temperatura.
- Oleaje: Propagación de ondas cortas.
- WAQ: Calidad del agua de forma general.
- Ecología: eutrofización y modelamiento ecológico.
- Partículas: modelación de derrames de aceites y rastreo de partículas.

En nuestro proyecto el módulo utilizado es el de flujo, debido que este ejecuta la simulación hidrodinámica multidimensional (2D y 3D), del transporte como

resultado de mareas y meteorología en una grilla rectilínea o curvilínea (Deltares, 2014).

En la figura 2.2 se observa el procedimiento a seguir para el modelamiento de mareas por medio de Delft 3D.

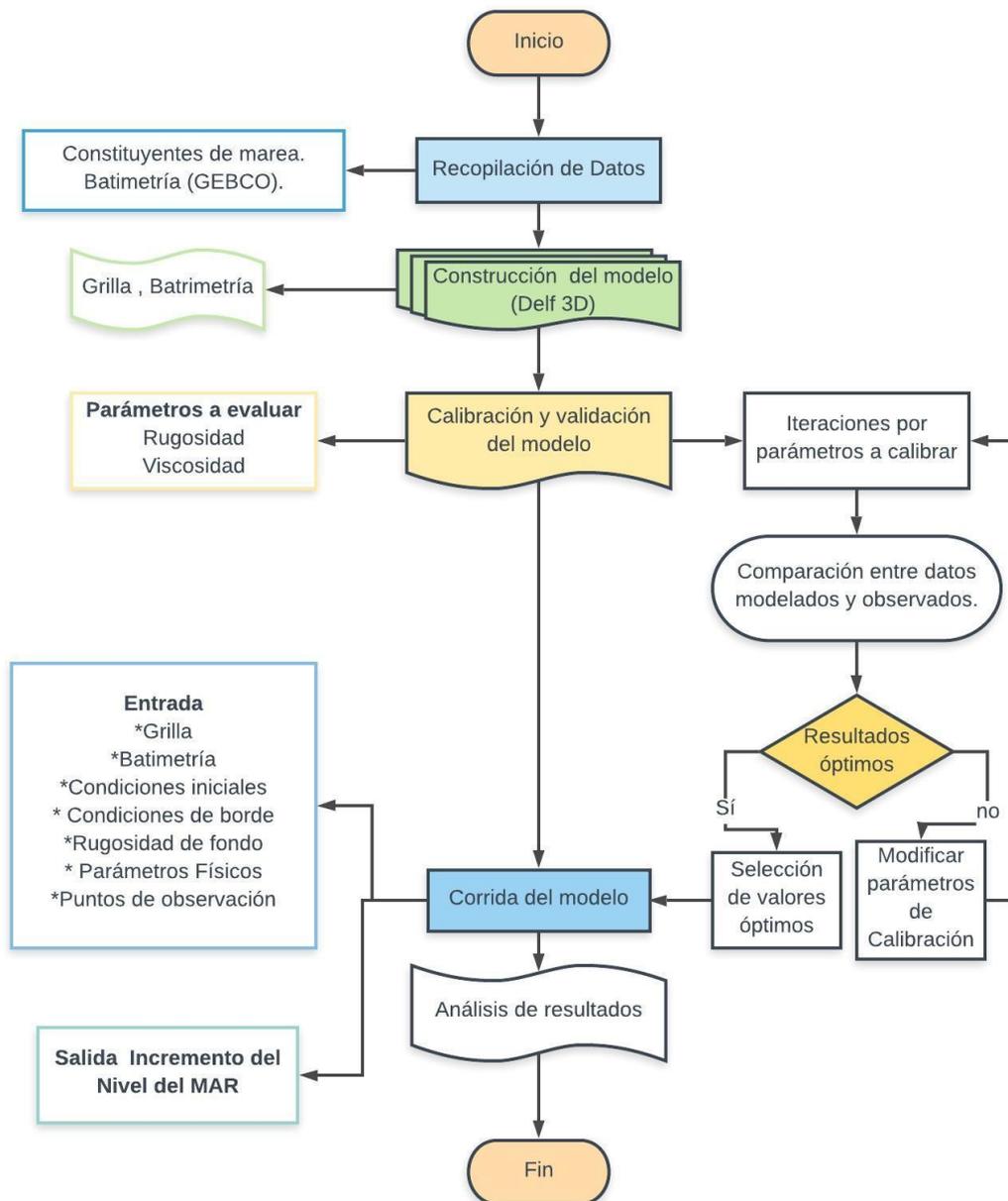


Figura 2.2 Diagrama de proceso para modelamiento en Delft 3D. Adaptación de “Diagram of the methodological process.” (Espinoza, 2018)

Como datos de entrada del programa tenemos los siguientes datos de entrada:

- Malla computacional (Grilla)
- Batimetría
- Condiciones Iniciales y de borde
- Rugosidad de fondo
- Puntos de observación
- Parámetros físicos

2.2.1 Malla computacional

Por medio de este software se modelaron mareas hasta 2029. Cabe resaltar que para aquello fue necesario la generación de una retícula del lugar de estudio incluyendo los puntos de observación en los sitios de Libertad y Posorja. Esto lo que permitió comparar la marea de la localidad de Chanduy con aquellas de Libertad y Posorja. La grilla consta de 169 celdas en el sentido M (filas) y 113 celdas en el sentido N (columnas), teniendo cada celda alrededor de 1000m (ΔX). Se muestra la grilla en figura 2.3

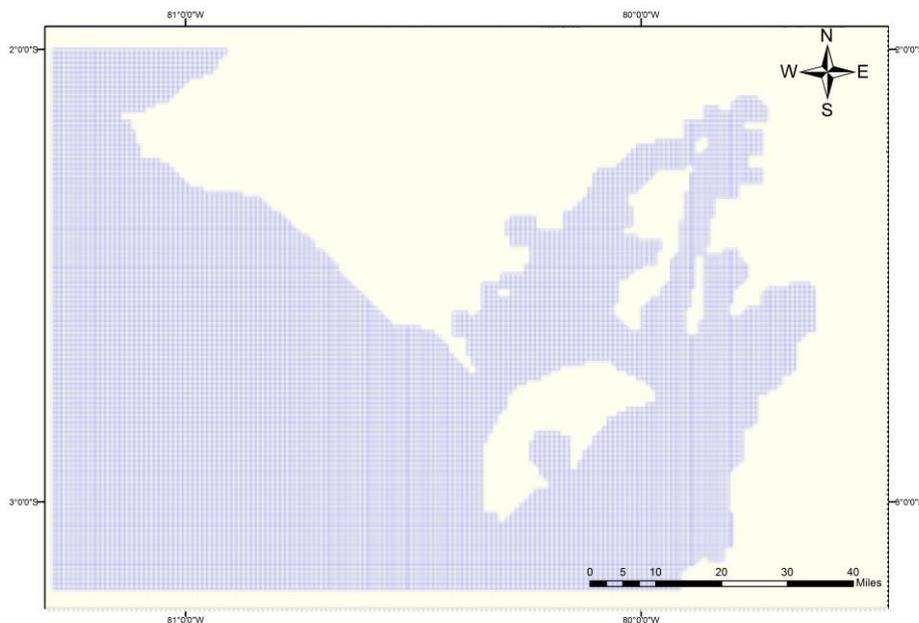


Figura 2.3 Generación de grilla. (Fuente: Propia)

2.2.2 Batimetría

La batimetría se obtuvo del GEBCO, es una base de datos batimétricos cuadrículados, en el cual muestra las gráficas de los relieves de los océanos al nivel global, con una resolución espacial de 30 arco segundos (GEBCO, 2018). La grilla generada y la batimetría modelada se presentan en la figura 2.4.

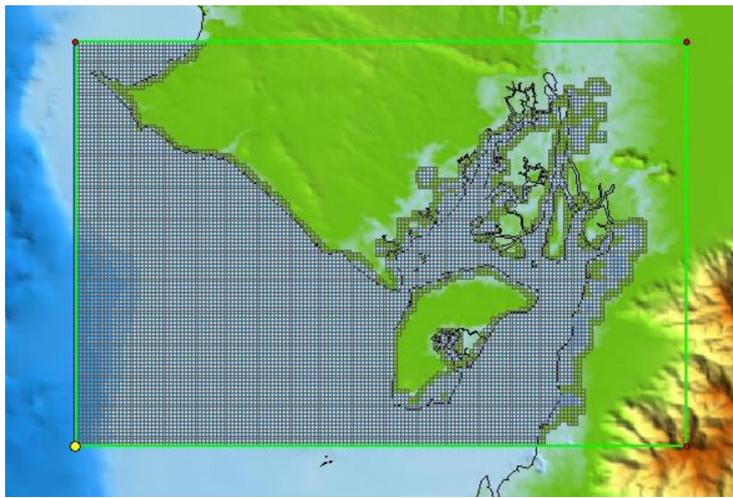


Figura 2.4 Grilla y Batimetría. (Fuente: Propia)

2.2.3 Condiciones iniciales y de borde.

Se definen como condiciones iniciales al conjunto de datos, en los cuales se identifica la ubicación, el tipo de información que necesita para empezar la corrida en la simulación, como: definición de flujo, gradientes de niveles de agua, descargas, corrientes. (Deltares, 2014)

La grilla presenta dos condiciones de borde (a fin de restringir el dominio y completar el sistema de ecuaciones que se forman con las ecuaciones de Navier Stokes): la primera al sur y la segunda al oeste, el cual se utilizó las condiciones de los niveles de agua, y asignación de carga hidrodinámica se generó a partir de contribuyentes astronómicas del TPXO, es una serie de modelos globales de mareas oceánicas. (Egbert & Erofeeva, 2002)

2.2.4 Rugosidad de fondo.

La rugosidad de fondo (Manning) en la localidad de Chanduy, lo cual corresponde en su mayoría a arenas, dentro del rango entre 0.024 y 0.026 [$\frac{s}{m^{1/3}}$] (Jacome de Solorzano & Llanos de Bonilla, 1989)

2.2.5 Puntos de Observación.

Los puntos de observación son mareógrafos ubicados en Libertad y Posorja de los cuales se realizara la respectiva calibración y validación de resultados. En la figura 2.5 se pueden observar los puntos de observación se fueron ubicados en Chanduy para la extracción de las mareas modeladas.

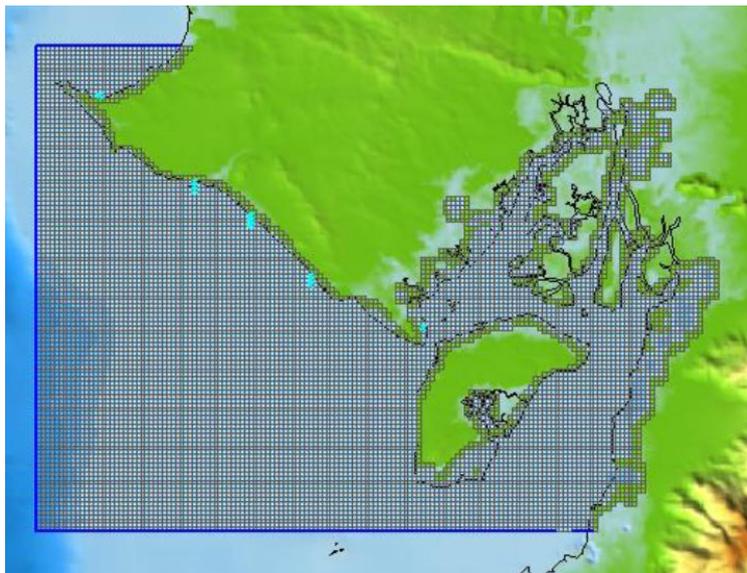


Figura 2.5 Puntos de observación. (Fuente: Propia)

2.2.6 Parámetros Físicos.

Los parámetros físicos para el ingreso en la modelación son:

- Gravedad= 9.8 m/s²
- Densidad de agua = 1025 kg/m³
- Densidad del aire = 1.15 kg/ m³

2.2.7 Cálculo de marea extrema.

Luego de obtener la información del pronóstico de la marea dentro de los 10 años de modelación, con ayuda de cinco tipos de distribuciones probabilísticas como Gumbel Tipo I, Log normal, Pearson tipo III, Log Pearson tipo III y Ln Pearson tipo III según (Bobee, 1975). Para diferentes periodos de retornos, se obtuvieron las proyecciones a futuro del comportamiento del mar dentro de los siguientes 100 años.

2.2.8 Fenómeno de El Niño y cambio climático.

Por medio de revisión de literatura (Aguirre et. al, 2010) se conoció el incremento de nivel del mar por cambio climático de 0.95 m y fenómeno de El niño de 0.47 m (Zambrano et, al, 2000). Luego se sumaron aquellos valores para conocer cuánto fue el incremento del nivel del mar total.

2.2.9 Cálculo de Oleaje.

Se procedió a calcular los datos registrados en Chanduy a través de la metodología de Wave Watch III (Tolman, 2009), el cual consiste en tomar como referencia la boya más cercana, brindando información sobre las características del oleaje predominante, la altura de la onda, su período, y ángulo.

Para la ola de diseño se estimó las probabilidades de ocurrencia y utilizando las distribuciones probabilísticas de Draper y Weibull (Muraleedharan et. al 2007). Con ello se pudo calcular la ola de diseño con ayuda de los monogramas.

Una vez que se conoció la altura de agua debido a estos tres factores, se procedió a la elaboración de una simulación cuyo resultado es conocer las áreas de afectación del lugar seleccionado, esto se lo obtuvo a través del programa ArcScene. (ESRI, 2011)

2.3 Etapa 3. (Soluciones ingenieriles para mitigar efectos del incremento del nivel del mar e inundaciones pluviales).

Para la etapa 3 y final del proyecto se plantea la elaboración de estructuras que protejan al puerto espacial ante el incremento del nivel del mar. Como soluciones ingenieriles se planteó el diseño de dique rompeolas, siendo la solución más económica en comparación con un muro de hormigón. Esto debido a que se trata de aprovechar los materiales disponibles en el sitio de construcción. Finalmente, se complementa el estudio con el diseño de canales perimetrales al proyecto para evitar la acumulación de agua por lluvia de gran intensidad.

2.3.1 Diseño de dique rompeolas

Para el diseño del dique, se tomó como referencia las recomendaciones manifestadas por el Bureau of Reclamation (USBR, 1987). Según aquella entidad, las dimensiones recomendadas están en función a la altura de la estructura. Cabe recalcar que el Ecuador, al ser un país con características sísmicas activas, es importante diseñar el dique para que resista el sismo de diseño.

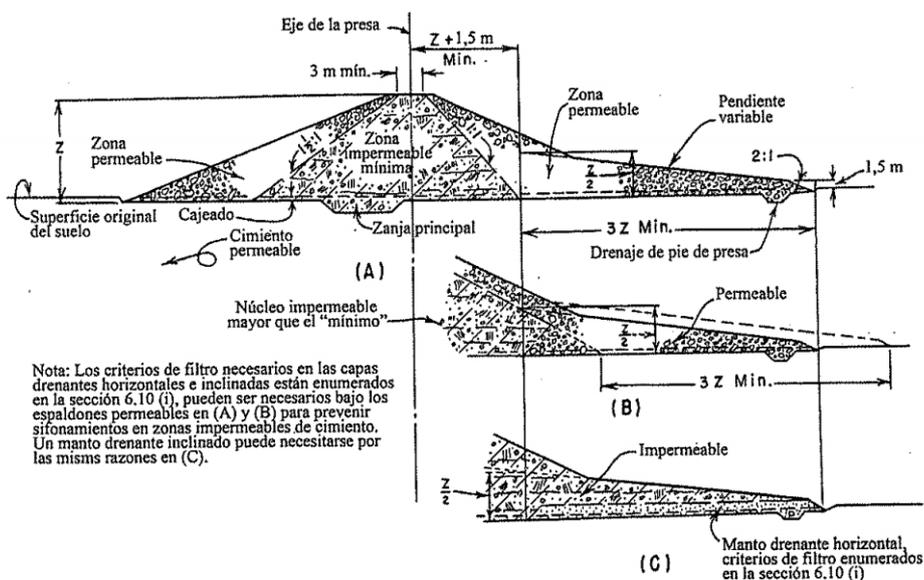


Figura 2.6 Predimensionamiento de represa en función a su altura (Fuente: USBR, 1987).

Para el diseño del dique rompeolas se utilizó esta metodología de diseño de represas de pequeña escala, debido a que el dique debe impedir el paso del agua. Adicionalmente se consideró la parte de protección costera cuya finalidad será proteger a la estructura del embate de las olas.

Posteriormente se realizó un análisis de estabilidad de la estructura utilizando el programa Slide 5 (Rocscience, 2006). Del cual se debe conocer las propiedades físicas del material como:

- Cohesión
- Angulo de fricción interno
- Peso específico

Se utilizaron cuatro métodos para analizar la estabilidad del dique los cuales cumplen con lo recomendado por la Normativa Ecuatoriana de la construcción (NEC 2015), donde el factor de seguridad debe ser al menos 1.5.

Los métodos utilizados cumplen con el equilibrio de fuerza vertical, para cada dovela, y el equilibrio del momento general sobre el centro de la superficie circular de prueba (Lee et. al, 1995). Estos métodos se mencionan a continuación.

- Bishop Simplified (Lee et. al, 1995).
- Janbu Corrected (Kohv et. al, 2009).
- Spencer (Spencer, 1967).
- Lowe-Karafiath (Krahn, 2003).

2.3.2 Diseño de canales.

Debido a que la zona de estudio se encuentra rodeada de montañas, como se observa en la figura 2.7, y debido a los registros de precipitaciones súbitas en la

zona es necesario construir canales interceptores de lluvia. En el diseño se consideró un canal trapezoidal, hecho de hormigón para evitar costos rutinarios de mantenimiento y posible socavación hacia puerto espacial.

Los canales servirán para da capacidad de transporte de aguas lluvias hacia el océano, evitando así daños que podría ocasionar las inundaciones en la zona.



Figura 2.7 Zona montañosa en Chanduy. (Fuente: Propia)

Chow, (1959) hace recomendaciones de pendientes laterales en canales hechos de diferentes materiales. Para el presente diseño se empleó la pendiente que compete de acuerdo a la tabla 2.2.

Tabla 2.2 Pendientes laterales aconsejables dependiendo del material de construcción (Chow, V.T. 1959)

Material	Pendiente lateral
Roca	Aproximadamente vertical
Arcilla rígida o tierra con recubrimiento de concreto	1/2 : 1 a 1 : 1
Tierra con recubrimiento de piedras o tierra en canales grandes	1 : 1
Arcilla firme o tierra en canales pequeños	1 1/2 : 1
Tierra arenosa suelta	2 : 1
Marga arenosa o arcilla porosa	3 : 1

Para el caudal de diseño se utiliza el método racional a través de la aplicación de la siguiente fórmula (García Lorenzo & Conesa García 2011).

$$Q = \frac{C \cdot i \cdot A}{360} \quad (2.1)$$

Donde:

Q= caudal de diseño. [m³/s]

C= coeficiente de escurrimiento.

I= intensidad de lluvia. [mm/h]

A= área de la cuenca. [km²]

Este caudal de diseño debe ser asociado para un periodo de retorno, así lo justifica la envergadura de la obra y relevancia. Se tomó en consideración la proyección para un periodo de retorno de 100 años de las intensidades de lluvia máximas anuales de 18 años de registro.

Para las proyecciones de las precipitaciones (Armenta et. al 2016), se utilizaron las siguientes distribuciones probabilísticas, Gumbel, Log normal, Pearson tipo III, Log Pearson tipo III y Ln Pearson tipo III, y así poder obtener la precipitación de diseño en el área de estudio para diferentes periodos de retornos.

2.3.3 Período de Retorno

El período de retorno “T” es el indicador inverso de la probabilidad en el que un valor extremo supere un valor determinado (Sevruk & Geiger, 1981):

$$p = 1/T \quad (2.2)$$

La probabilidad de no ocurrencia de un evento se la denota con “q”, la cual se obtiene de la Ecuación 2.2.

$$q = 1 - p \quad (2.3)$$

$$q = 1 - 1/T \quad (2.4)$$

Tomando la Ecuación 2.4, se estima la probabilidad de que un evento no ocurra en N años:

$$(1 - 1/T)^N = q^N \quad (2.5)$$

Tomando la ecuación 2.5, se obtiene la probabilidad que si ocurra el evento al menos una vez en N años:

$$p = 1 - (1 - 1/T)^N \quad (2.6)$$

A continuación se anuncia los distintos tipos de distribuciones que vamos a usar:

2.3.4 Gumbel

La función de densidad acumulada = probabilidad de NO excedencia:

$$P(x < X) = q = F(x) = e^{-e^{-\alpha(x-\beta)}} \quad (2.7)$$

Tomando la Ecuación se obtuvo la probabilidad de excedencia. (Novau, 2013)

$$P(x \geq X) = p = 1 - F(x) = 1 - e^{-e^{-\alpha(x-\beta)}} \quad (2.8)$$

2.3.5 Log-Normal

La probabilidad de no excedencia:

$$P(x \leq X) = q = F(x) = \int_0^x f(x)dx \quad (2.9)$$

La función de densidad probabilística se enuncia de la siguiente manera (Martínez et. al, 2013).

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \frac{1}{x\beta} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln(x)-\alpha}{\beta}\right)^2} \quad (2.10)$$

2.3.6 Pearson tipo III

La distribución Pearson tipo III es una de las más usadas en hidrología. La función Pearson se la usa para ajustar la distribución de frecuencia de variables como valores de precipitación extremas y volúmenes de lluvia de corta duración. (Fiagá, & González, 2011).

El coeficiente de sesgo (*skewness*) se lo calcula con:

$$\gamma = \frac{\sum_{i=1}^n ((x_i - \bar{x})^2)^{3/2}}{n * S^3} \quad (2.11)$$

Donde:

$$S^2 = \alpha_1^2 \beta_1 \quad (2.12)$$

$$\bar{x} = \alpha_1 \beta_1 + \delta_1 \quad (2.13)$$

El valor de “y” se obtiene como:

$$y = \frac{x - \delta_1}{\alpha_1} \quad (2.14)$$

$$2\beta_1 = \text{Grado de Libertad} \quad (2.15)$$

2.3.7 Tirante Normal.

Para el caso del tirante normal se utilizó el método exacto (Chow, 1959). El cual viene dada por la ecuación (2.16).

$$Q = \frac{A * R_h^{2/3} * S_f^{1/2}}{n} \quad (2.16)$$

Donde:

A = Área [m^2]

$R_h^{2/3}$ = Radio hidráulico [m]

$S_f^{1/2}$ = Pendiente del canal

n = Coeficiente rugosidad de Manning.

Posteriormente con el caudal en el siguiente nomograma opcional de diseño convencional (figura 2.8), no optimizado. Se determina el tirante normal y el ancho de solera. En tal contexto, estos valores no dependen del coeficiente de Manning.

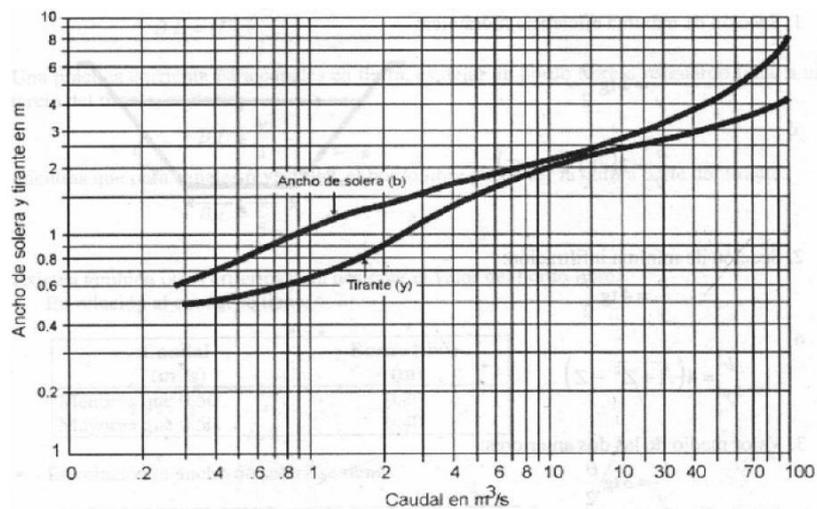


Figura 2.8 Curvas empíricas que muestran el ancho en el fondo y la profundidad en canales revestidos (Fuente: USBR, 1987).

Una vez obtenido estos parámetros se procedió a calcular las siguientes características del canal trapezoidal, entre las que se destacan el área mojada, perímetro mojado, radio hidráulico y ancho superior.

A continuación se presenta la figura 5 donde se presentan las diferentes características dependiendo de la forma de los canales (Samani & Magallanez 1993).

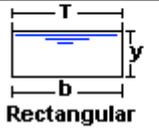
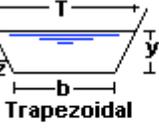
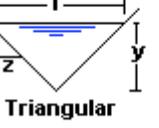
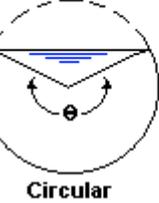
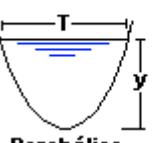
Tipo de sección	Área A (m ²)	Perímetro mojado P (m)	Radio hidráulico Rh (m)	Espejo de agua T (m)
 Rectangular	by	$b+2y$	$\frac{by}{b+2y}$	b
 Trapezoidal	$(b+zy)y$	$b+2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{(b+zy)y}{b+2y\sqrt{1+z^2}}$	$b + 2zy$
 Triangular	zy^2	$2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{zy}{2\sqrt{1+z^2}}$	$2zy$
 Circular	$\frac{(\theta - \text{sen}\theta)D^2}{8}$	$\frac{\theta D}{2}$	$(1 - \frac{\text{sen}\theta}{\theta})\frac{D}{4}$	$(\text{sen}\frac{\theta}{2})D$ ó $2\sqrt{y(D-y)}$
 Parabólica	$2/3 Ty$	$T + \frac{8y^2}{3T}$	$\frac{2T^2y}{3T+8y^2}$	$\frac{3A}{2y}$

Figura 2.9 Características del canal trapezoidal. (Samani & Magallanez 1993),
(Chow, V.T. 1959)

Para el borde libre del canal se considera el siguiente monograma propuesto por US Bureau Reclamation en el cual se entra con el caudal de diseño calculado anteriormente. Posteriormente se consideró una altura de revestimiento (borde libre) sobre la superficie del agua.

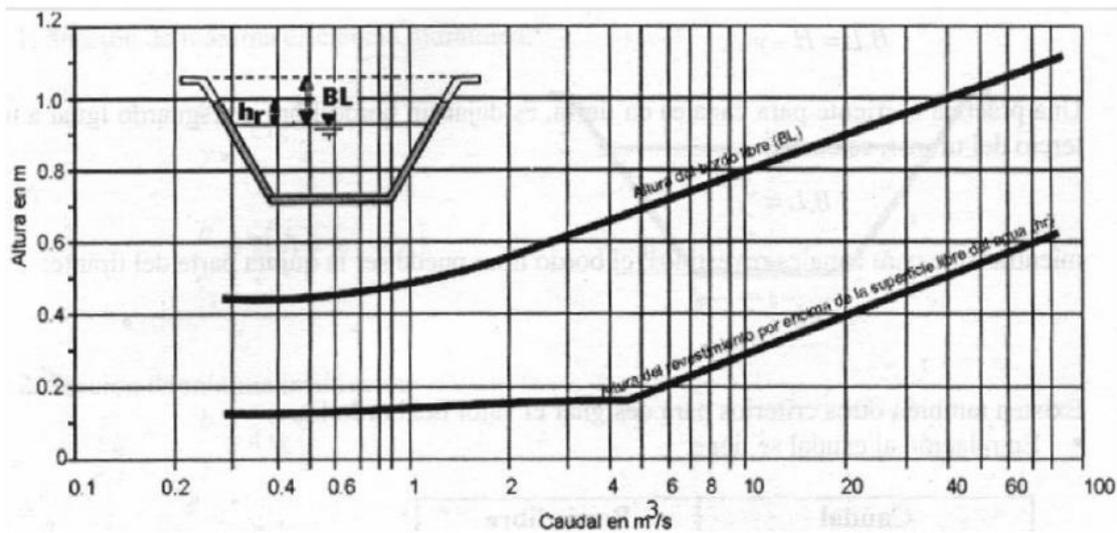


Figura 2.10 Monograma del canal trapezoidal (Fuente: USBR, 1987).

Finalmente con ayuda de la normativa ecuatoriana vigente (NEC 2015), se realiza la distribución y cantidad de acero requerido para el canal, cumpliendo con la cuantía de acero mínima, separaciones entre varillas y un hormigón resistente a sulfatos de alta resistencia para evitar la corrosión de las varillas debido al ambiente salino.

2.3.8 Presupuesto

El presupuesto se realizó mediante análisis de precios unitarios (APU) para cada solución ingenieril, posteriormente se procedió a elaborar rubros con sus respectivos cronogramas de obra. Así se pudo conocer el costo de inversión y el tiempo estimado de las diversas actividades al momento de la construcción.

2.3.9 Impacto Ambiental

Para el componente de impacto ambiental, se realizó el respectivo registro del proyecto en la página del Sistema Único de Información Ambiental, para llevar el control, registro, mantenimiento y preservación de medio ambiente a nivel nacional y al servicio de toda la comunidad.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 Selección del sitio.

3.1.1 Matriz de Likert y evaluación de parámetros.

A continuación se presenta la Matriz de Likert con los parámetros evaluados y sus respectivos lugares de estudio. En la tabla 3.1 se puede observar que el lugar con mayor puntuación es Chanduy, lo que indica que es el sitio más idóneo para la construcción del puerto espacial. En el apéndice A se detallan los mapas generados con el programa ArcGIS con la respectiva descripción y calificación.

Tabla 3.1 Matriz de Likert para selección de sitio. (Fuente: Propia)

Matriz de alternativas			
Parámetros	Pedernales	Chanduy	Puná
Poblados	2	4	5
Uso de suelos	4	4	2
Infraestructura vial	4	5	1
Tipo de suelo	1	2	3
Reservas naturales	3	5	5
Puertos y aeropuertos	3	4	2
Fallas y sismicidad	1	2	3
Área	3	4	4
Topografía	2	3	4
Tsunami	4	4	2
Clima y meteorología	4	4	2
Incremento del Nivel del Mar	4	4	2
Turismo	3	4	5
Transporte	3	4	2
Áreas de Inundación por lluvias	5	3	2
Exposición al oleaje	3	3	4
Total	49	59	48

Con la retroalimentación permanente de Robert Aillon CEO (Gerente de Leviathan Space Industries LLC), se procedió a la evaluación de cinco criterios considerados también importantes para la selección del sitio. Estos a su vez se dividen en sub-criterios, formando una matriz de criterios (tabla 3.2). La mayor calificación fue para ubicación en Chanduy como se aprecia en la siguiente tabla:

Tabla 3.2 Matriz de Criterios, para selección de sitio. (Fuente: Propia)

Criterios	Subcriterios	Sitios		
		Pedernales	Chanduy	Puná
Operación Técnica	Vehículo de Lanzamiento	3	3	3
	Tipo de órbita	3	3	3
	Plataforma de Lanzamiento	3	3	3
Economía	Transportación	3	4	2
	Mercado	3	3	3
	Infraestructura	4	4	1
Seguridad	Densidad poblacional	3	4	5
	Trayectoria de vuelo	3	3	3
Climatología	Clima	3	4	4
	Vulnerabilidad	3	3	3
Ambiente	Localización geográfica	3	4	3
	Turismo	3	4	4
Total		37	42	37

Según los parámetros, criterios y sub-criterios analizados en la matriz de Likert se observó que Chanduy es el lugar más conveniente para llevar a cabo este tipo de proyecto. La finalidad de elegir el mejor sitio es ocasionar el menor impacto a la población y al entorno.

En la figura 3.1 se detalla el levantamiento de información perteneciente al lugar seleccionado de acuerdo a la matriz de Likert.

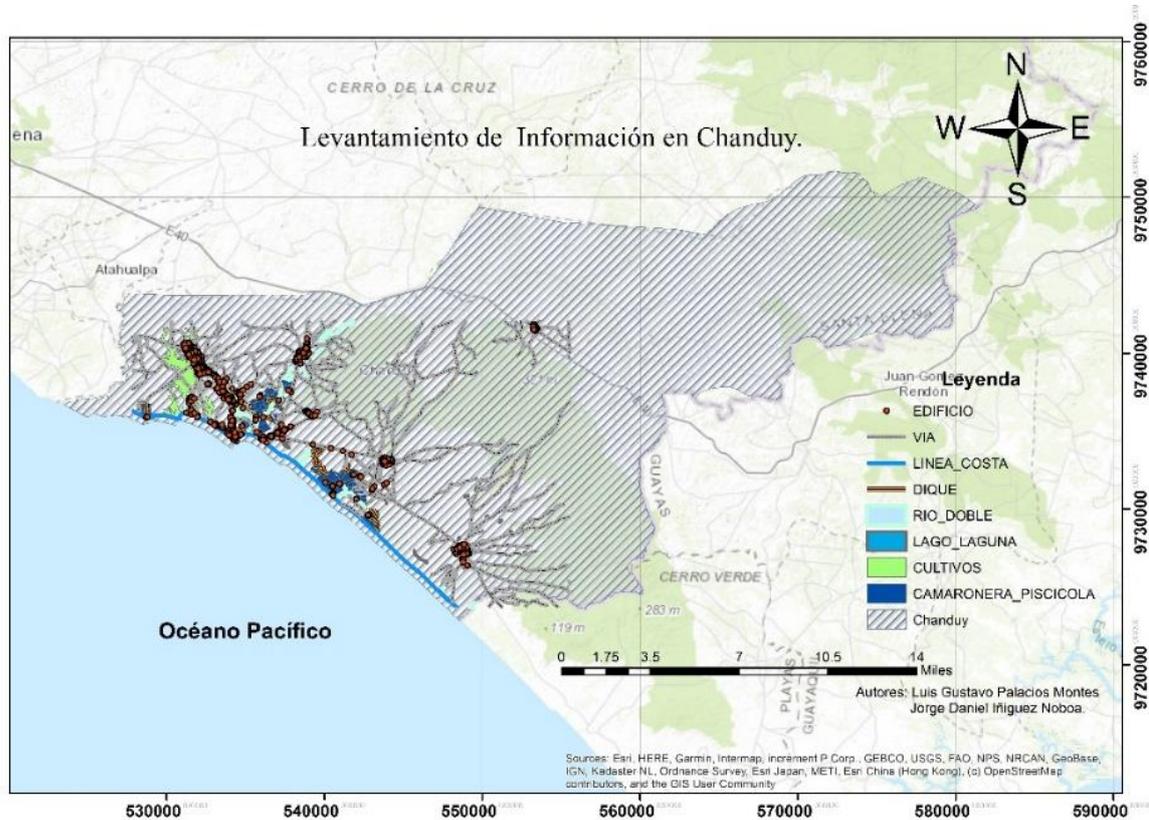


Figura 3.1 Levantamiento de información en Chanduy (Fuente: Propia).

El área requerida por parte de Leviathan Space fue de 400 Km². Como se puede observar en la figura 3.2 se implantaron dos polígonos. El primero (de contorno naranja) está en toda la costa y tiene un área de 210 Km². El segundo (de contorno azul) está alejado a 18 km de la línea de costa y tiene un área de 190 Km², cumpliendo con las exigencias de la compañía.

Para la ubicación de los polígonos por cuestión de seguridad no deben estar cerca de lugares poblados. Es por esa razón que se los ubicó lo más alejado de la población.

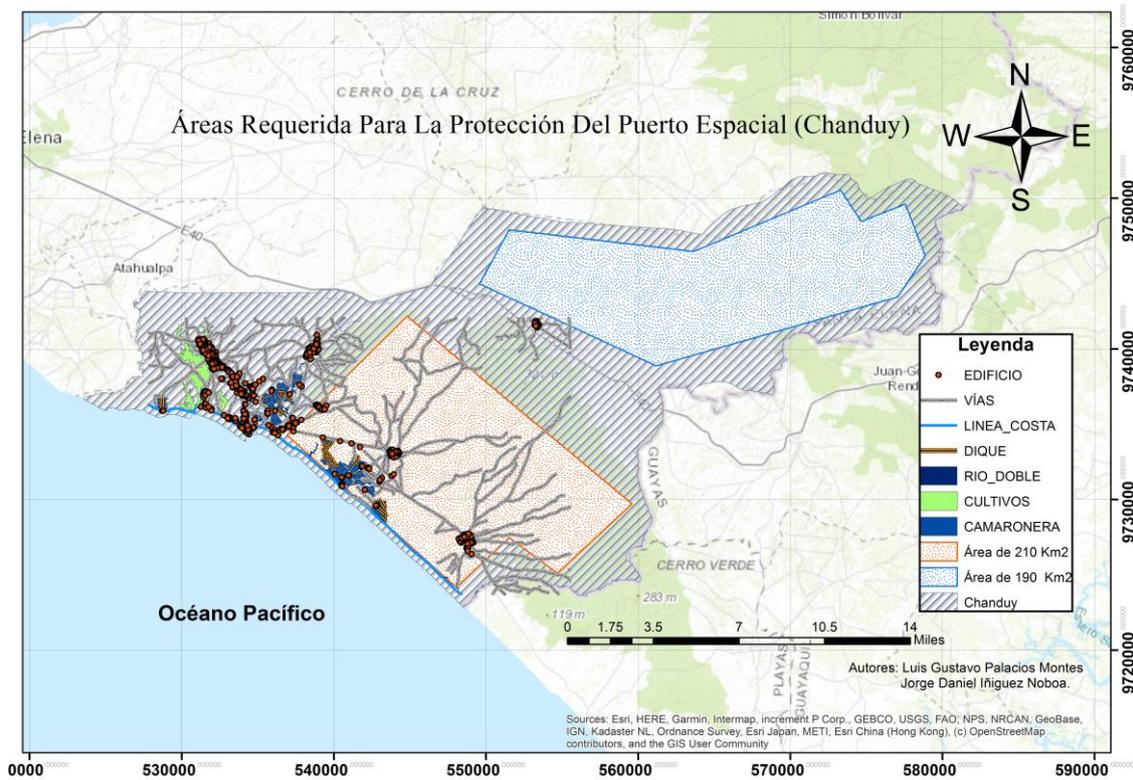


Figura 3.2 Área requerida para la construcción del Puerto (Fuente: Propia).

Adicionalmente se realizó un bosquejo con las instalaciones necesarias que deberían tener los puertos espaciales (figura 3.3). Estas fueron colocadas estratégicamente con la finalidad de no producir molestias y reducir el impacto al ecosistema. Entre las instalaciones necesarias para el puerto espacial cuentan:

- Estaciones de seguimiento.
- Plataforma de lanzamiento horizontal.
- Centro de control.
- Administración.
- Edificios de montaje de satélites.
- Edificios de ensamblaje.
- Área de lanzamientos de cohetes.
- Hangares de mantenimiento y bodega.
- Laboratorios.
- Dormitorios.

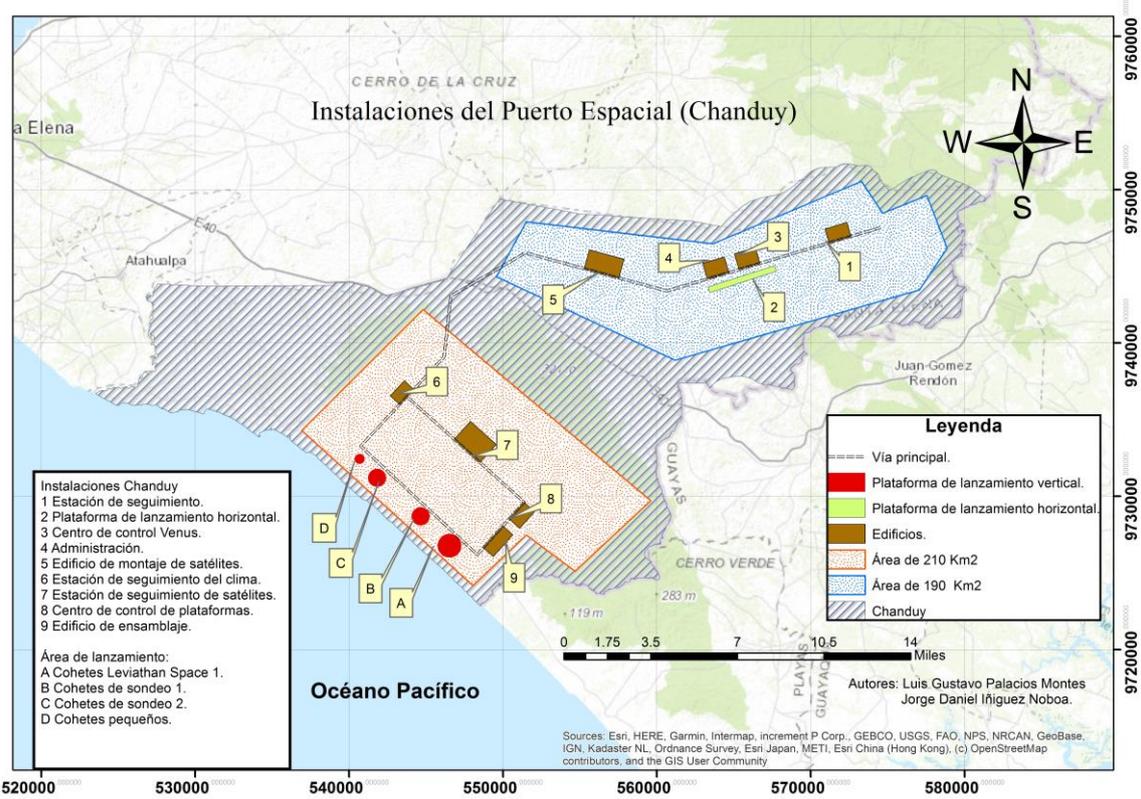


Figura 3.3 Bosquejo del Puerto Espacial en Ecuador (Fuente: Propia).

3.2 Incremento del nivel del mar.

3.2.1 Modelación de mareas.

Una vez realizado el proceso de validación y calibración de datos, por medio de componentes astronómicos, rugosidad de fondo y coeficientes de viscosidad (eddies), se procedió a la modelación de mareas en la zona de Chanduy utilizando el programa Delft 3D, teniendo un incremento por mareas de 1.28 m.

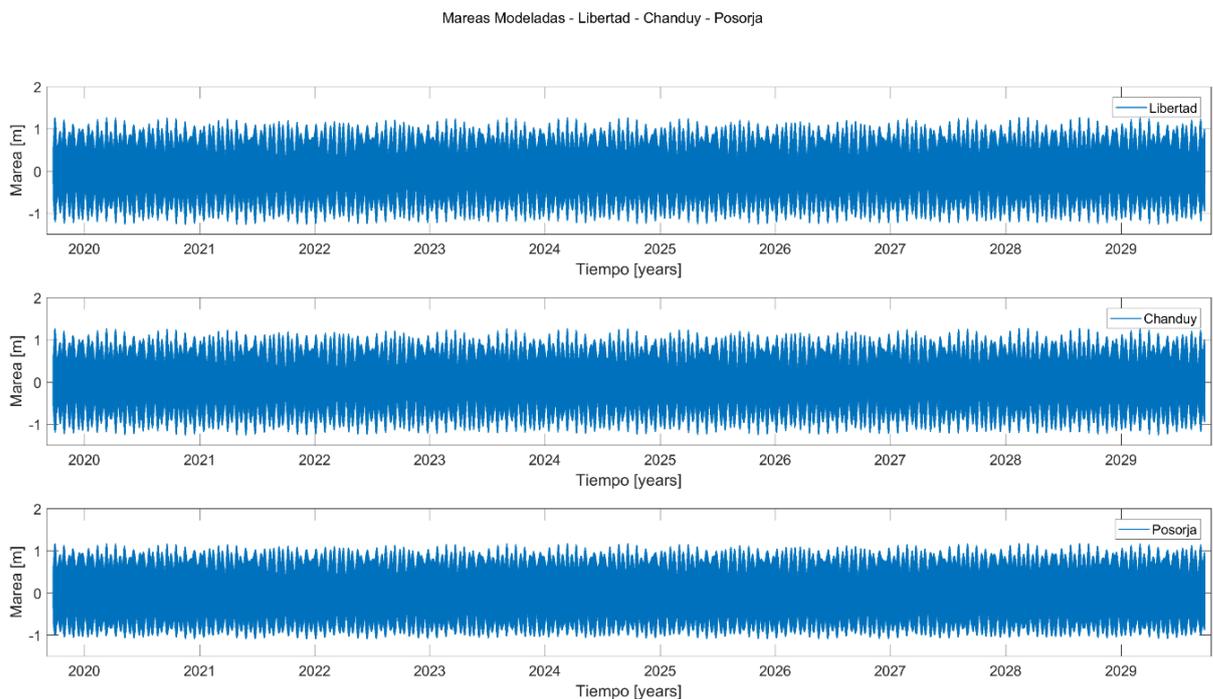


Figura 3.4 Gráficas de mareas modeladas La Libertad- Chanduy- Posorja (Fuente: Propia).

Realizando la respectiva correlación de las mareas modeladas entre La Libertad y Chanduy el R^2 , el indicador estandarizado (Skill) es muy cercano a 1 lo que indica el nivel de exactitud en que los datos modelados estiman los reales. El RMSE resultó muy pequeño (casi cero), lo que indica que la marea en Chanduy es más similar a la de La Libertad, que a la de Posorja.

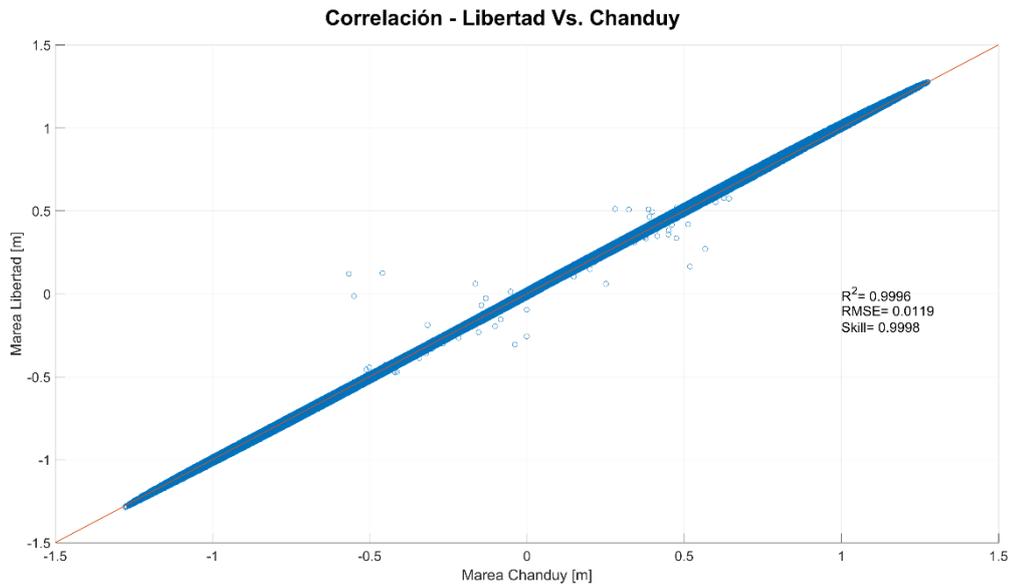


Figura 3.5 Gráfica de correlación Libertad Vs Chanduy (Fuente: Propia).

Para la correlación entre Posorja y Chanduy el R^2 , Skill y RMSE es muy cercano a cero lo que indica que la marea modelada en Chanduy presenta una mínima correlación con la de Posorja.

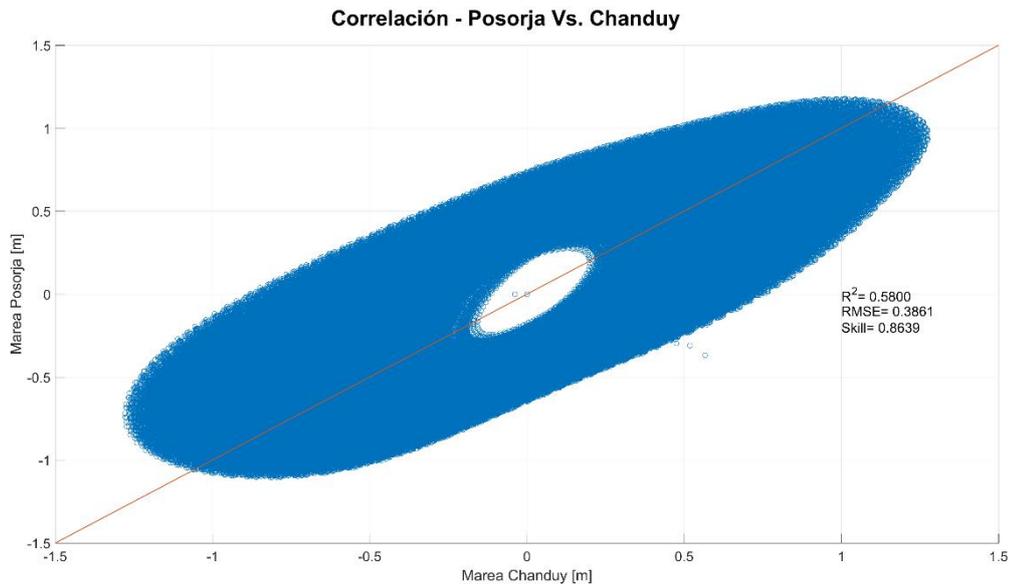


Figura 3.6 Gráfica de correlación Posorja Vs Chanduy (Fuente: Propia).

3.2.2 Proyecciones de mareas.

Se realizó la proyección de mareas utilizando la estación de La Libertad para un periodo T=100 años, obteniendo los siguientes resultados (tabla 3.3):

- Gumbel: 1.83 m
- Log-normal: 1.69 m,
- Pearson tipo III: 1.76 m
- Log-Pearson tipo III: 1.79 m y
- Ln-Pearson tipo III: 1.79 m, para nuestro caso de estudio se usó Gumbel.

Tabla 3.3 Proyecciones de mareas para T= 100 (Fuente: Propia).

Niveles en Libertad = WL (msnm)					
Tr (años)	Gumbel	Log normal	Pearson tipo III	Log Pearson tipo III	Ln Pearson tipo III
2	1.432	1.443	1.426	1.423	1.423
5	1.538	1.526	1.515	1.514	1.514
10	1.608	1.572	1.574	1.577	1.577
25	1.697	1.622	1.648	1.66	1.66
50	1.762	1.655	1.702	1.723	1.723
75	1.801	1.673	1.733	1.761	1.761
100	1.828	1.685	1.755	1.787	1.787

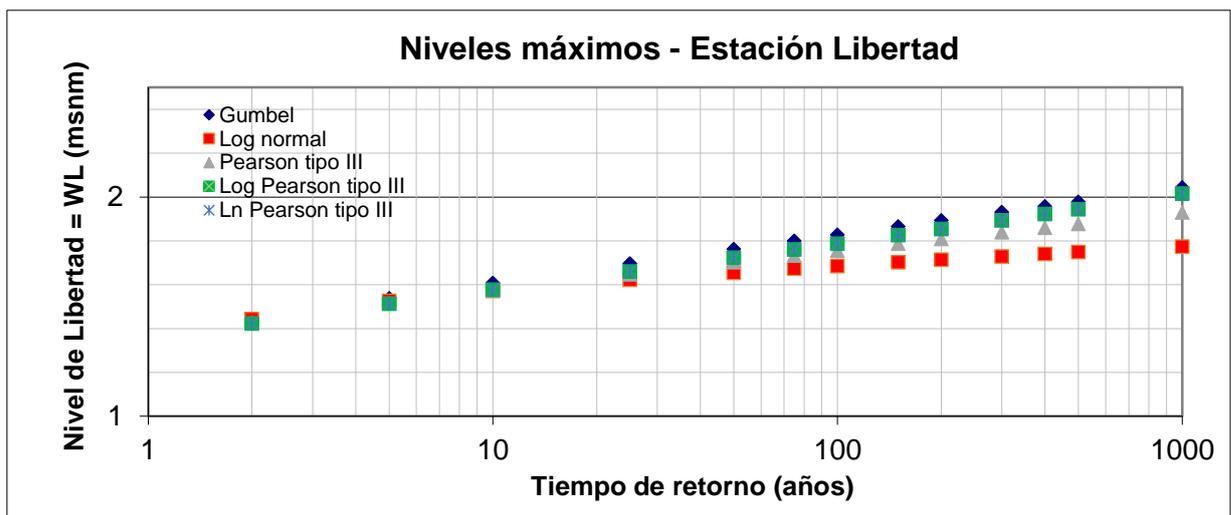


Figura 3.7 Gráfica de proyecciones de distribuciones para T= 100. (Fuente: Propia)

3.2.3 Cálculo de ola extrema y escenarios de inundación.

Para la altura de la ola extrema, se procedió a descargar datos del oleaje del WAVE WATCH III, en la que se obtuvo altura de olas, periodos y ángulo significativo. Posteriormente se calculó la probabilidad de ocurrencia de la ola por medio de distribuciones de Drapper, Log-Ln, Log-Log, Weibully. La de mejor ajuste fue la de Drapper, obteniendo una altura de ola de 4.97 m.

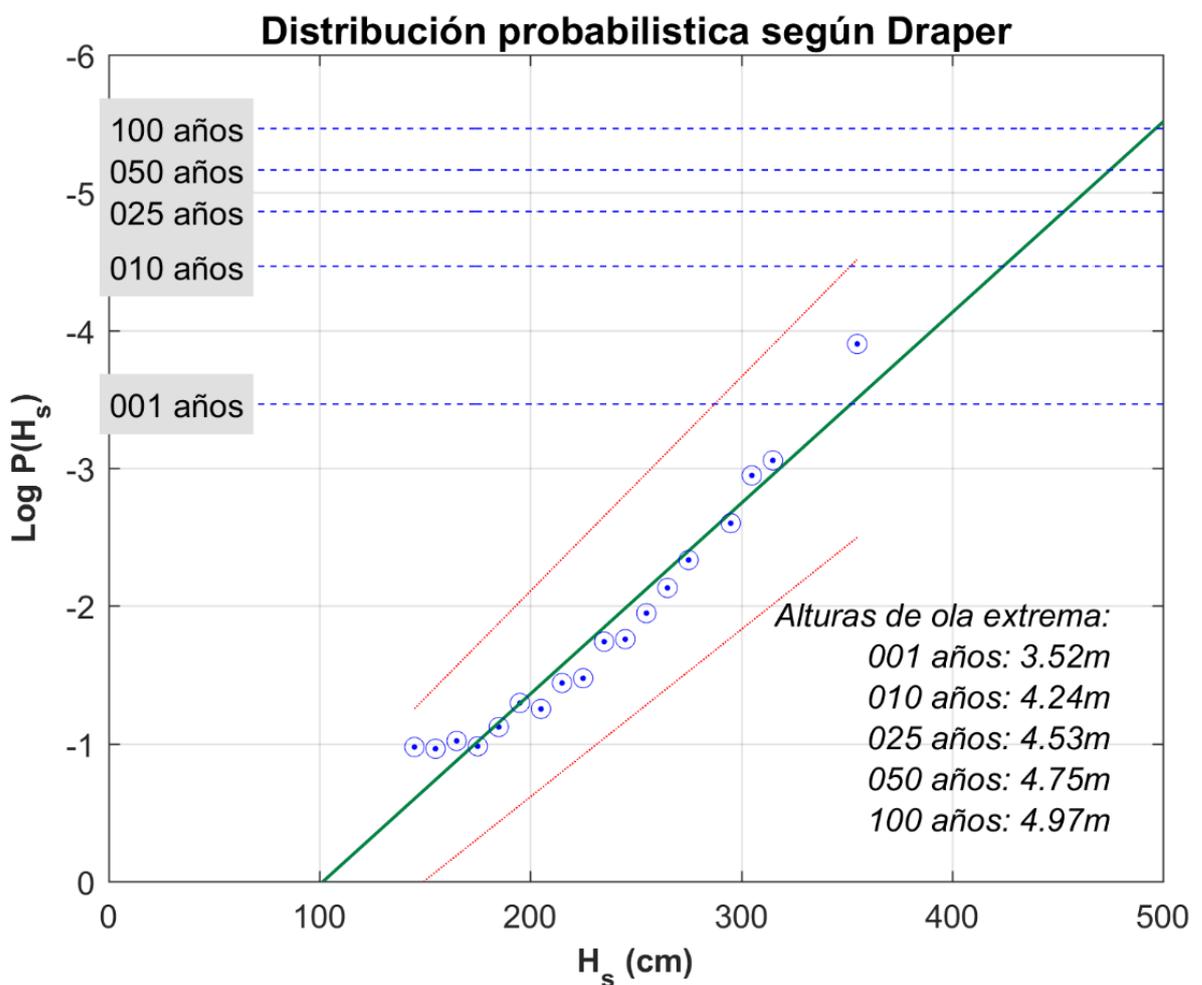


Figura 3.8 Gráfica de distribución probabilística según Draper. (Allauca, 1987)

Tabla 3.4 Resultados ola extrema. (Fuente: Propia)

Ola Extrema [m]				
Tr (años)	Draper	Log-Ln	Log-Log	Weibull
1	3.52	3.85	3.85	3.84
10	4.24	5.33	5.33	5.3
25	4.53	6.06	6.06	6.02
50	4.75	6.69	6.69	6.63
100	4.97	7.37	7.37	7.3

El run-up es la cota que alcanza el oleaje al incidir sobre una estructura respecto el nivel del mar en reposo (Nielsen & Hanslow, 1991). Para el cálculo del run-up sobre la estructura, se utilizó el Coastal Engineering Manual (kamphuis, 2010), obteniendo un valor de 3.84 m.

En la tabla 3.5 se muestra las alturas de inundación, con un periodo de retorno de 100 años para el escenario A (marea extrema, cambio climático, fenómeno de El Niño y run-up) un total de 3.84 m. En el caso del escenario B (marea máxima, cambio climático, fenómeno de El Niño, run-up) un total de 3.34 m.

Tabla 3.5 Alturas de Inundación. (Fuente: Propia)

Alturas de Inundación referidos al NMM		
Escenarios	A	B
Marea Extrema [m]	1.83	-----
Marea Máxima [m]	-----	1.28
Cambio Climático [m]	0.95	0.95
Fenómeno de El Niño [m]	0.47	0.47
Run-up Ola de diseño [m]	0.59	0.64
Total	3.84	3.34

En la tabla 3.6 se observan las correcciones para los diferentes sistemas de referencias.

Tabla 3.6 Correcciones de alturas al NMM local. (Fuente: Propia)

Correcciones referidas al NMM local		
	MLWS[-m]	MHWS[+m]
Libertad	1.35	1.05
Anconcito	1.13	0.88
Libertad	1.31	1.03

En la figura 3.9 se presentan los escenarios de inundación debido marea extrema, fenómeno de El Niño, cambio climático y run-up, el cual tiene una afectación de 36.64 Km² de costa. El ingreso de agua medido desde la línea de playa es de 2.5 a 2.8 Km, de los cuales afecta principalmente a la zona de las camaroneras presentes en la localidad de Tugaduaja y Engunga.

El porcentaje de afectación del polígono que se encuentra más cercano a la costa (210 km²), es de 18% de su área. Dirigiéndose hacia el Noroeste del mapa se observa un brazo de mar el cual tiene un área de afectación de 40 km² para la localidad de la comuna Chanduy, y un radio de afectación de 2 Km.

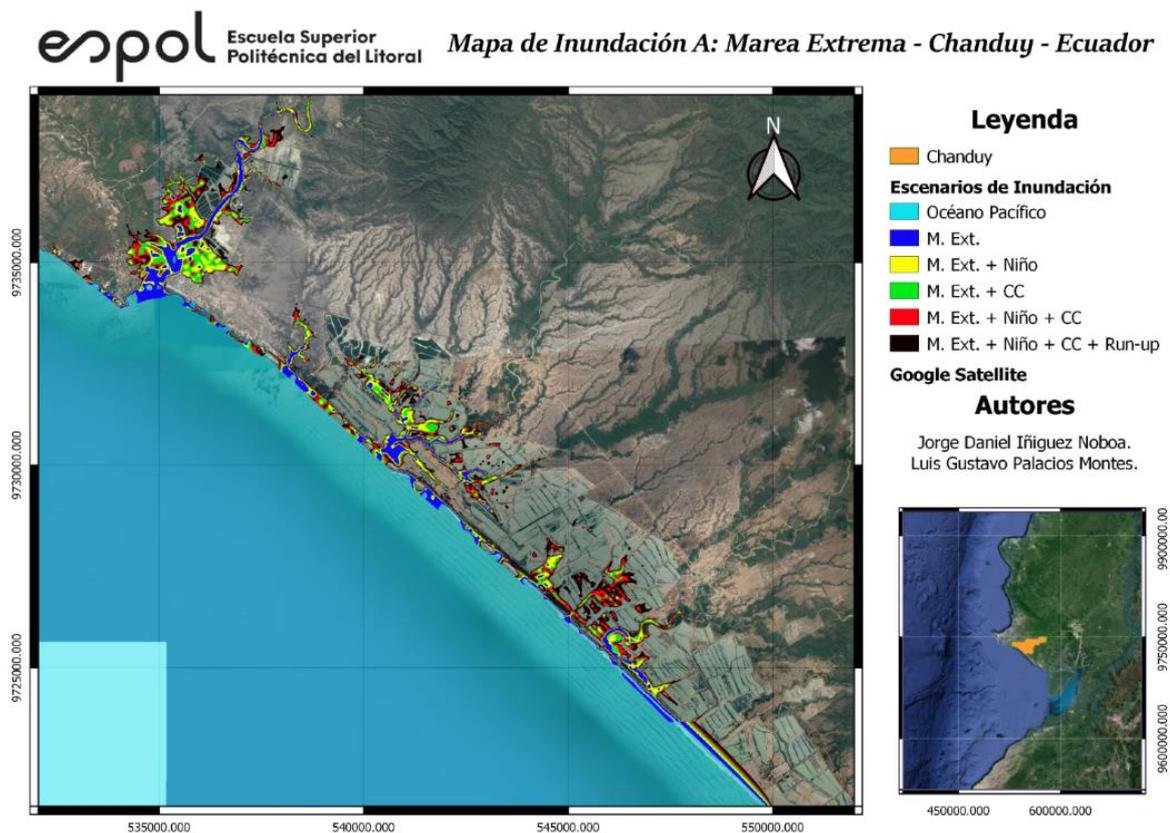


Figura 3.9 Mapa de inundación con marea extrema. (Fuente: Propia)

En la figura 3.10 se presentan los escenarios de inundación debido marea máxima, fenómeno de El Niño, cambio climático y run-up, el cual tiene una afectación de 21 Km² de costa. El ingreso de agua medido desde la línea de playa es de 1.7 a 2 Km, de los cuales afecta principalmente a la zona de las camaroneras presentes en la localidad de Tugaduaja y Engunga.

El porcentaje de afectación del polígono que se encuentra más cercano a la costa (210 km²), es de 10% de su área. Dirigiéndose hacia el Noroeste del mapa se observa un brazo de mar, el cual tiene un área de afectación de 30 km² para la localidad de la comuna Chanduy, y un radio de afectación de 1.5 Km.

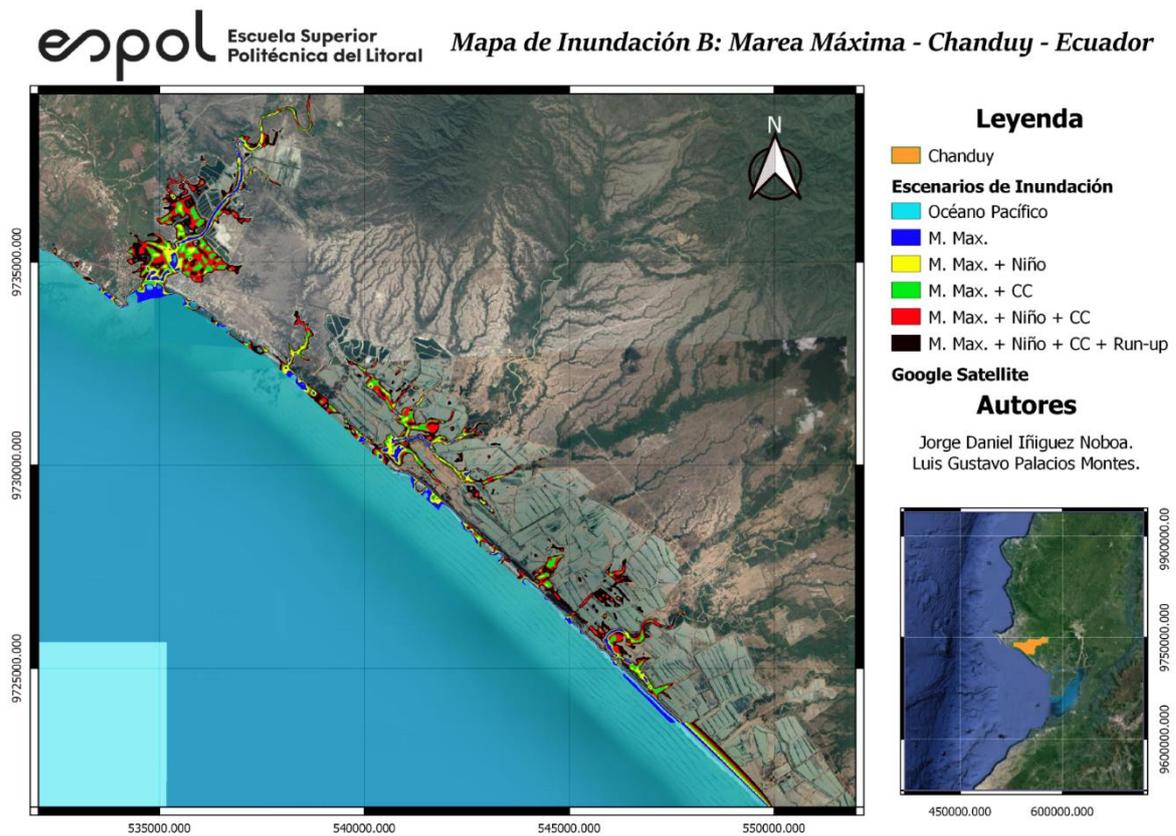


Figura 3.10 Mapa de inundación con marea máxima. (Fuente: Propia)

3.3 Soluciones Ingenieriles.

Ante el incremento del nivel del mar y registro de precipitaciones súbitas, se propuso tres soluciones con la finalidad de mitigar sus efectos. Estas son económicamente viables y tecnológicamente factibles. También se trató de aprovechar los materiales disponibles en la zona, tanto para la construcción del dique como la de los canales.

En el apéndice B se detalla el diseño de diques y canales cumpliendo con la normativa nacional e internacional vigente.

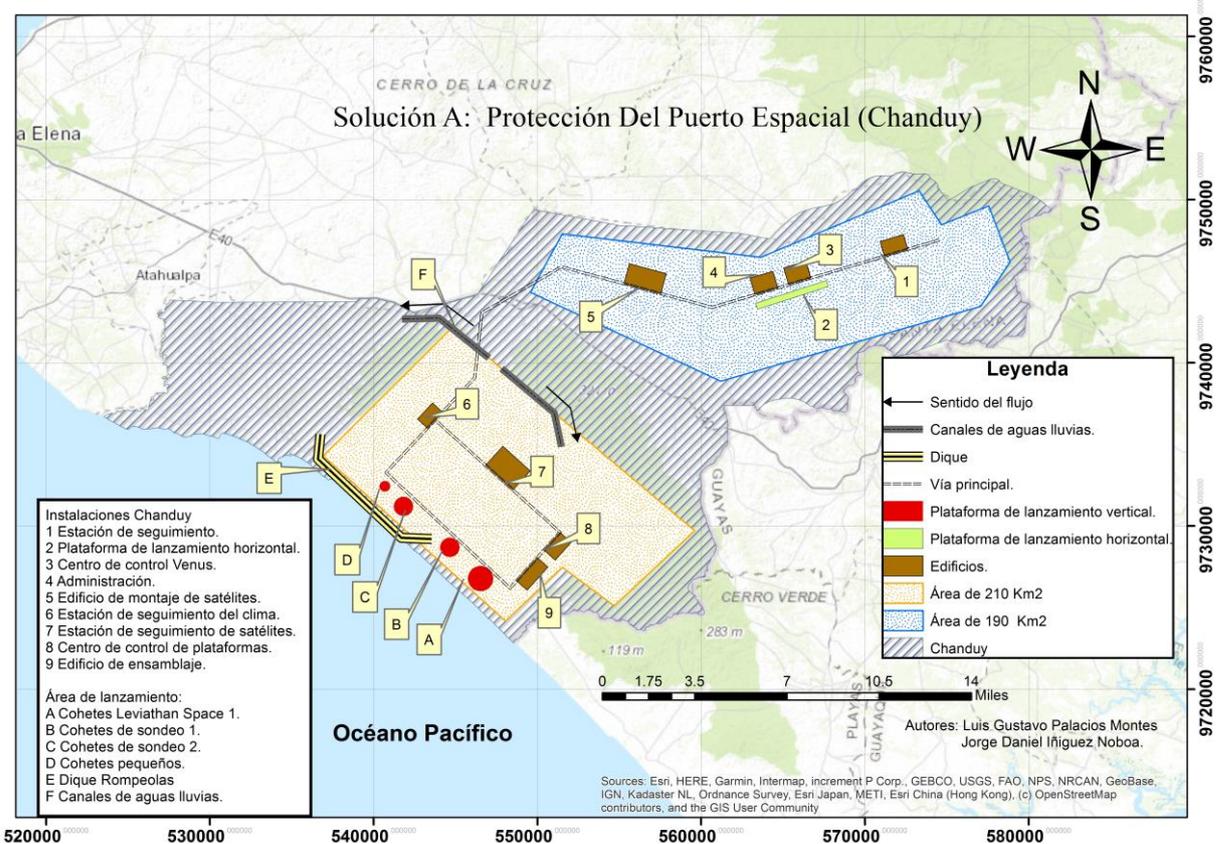


Figura 3.11 Esquema de la solución ingenieril A. (Fuente: Propia)

3.3.1 Descripción de solución A.

La solución A es la construcción de un dique rompeolas, el cual se encuentra a una cota de 1 m medido desde el nivel medio del mar. Tal estructura tendrá una longitud de 4.5 Km, y tiene la capacidad de proteger un área de 11 Km². Las plataformas de lanzamiento vertical se las podría ubicar desde 200 metros de la línea de costa.

El sistema de transporte de aguas lluvias está conformado por un conjunto de canales (2 canales de 2 Km cada uno) que recogerán 400 hectáreas de aportación. En total tendrán una longitud de 4 Km y capacidad de transportar un caudal de diseño de 15.65 m³/s cada canal (a T=100 años).

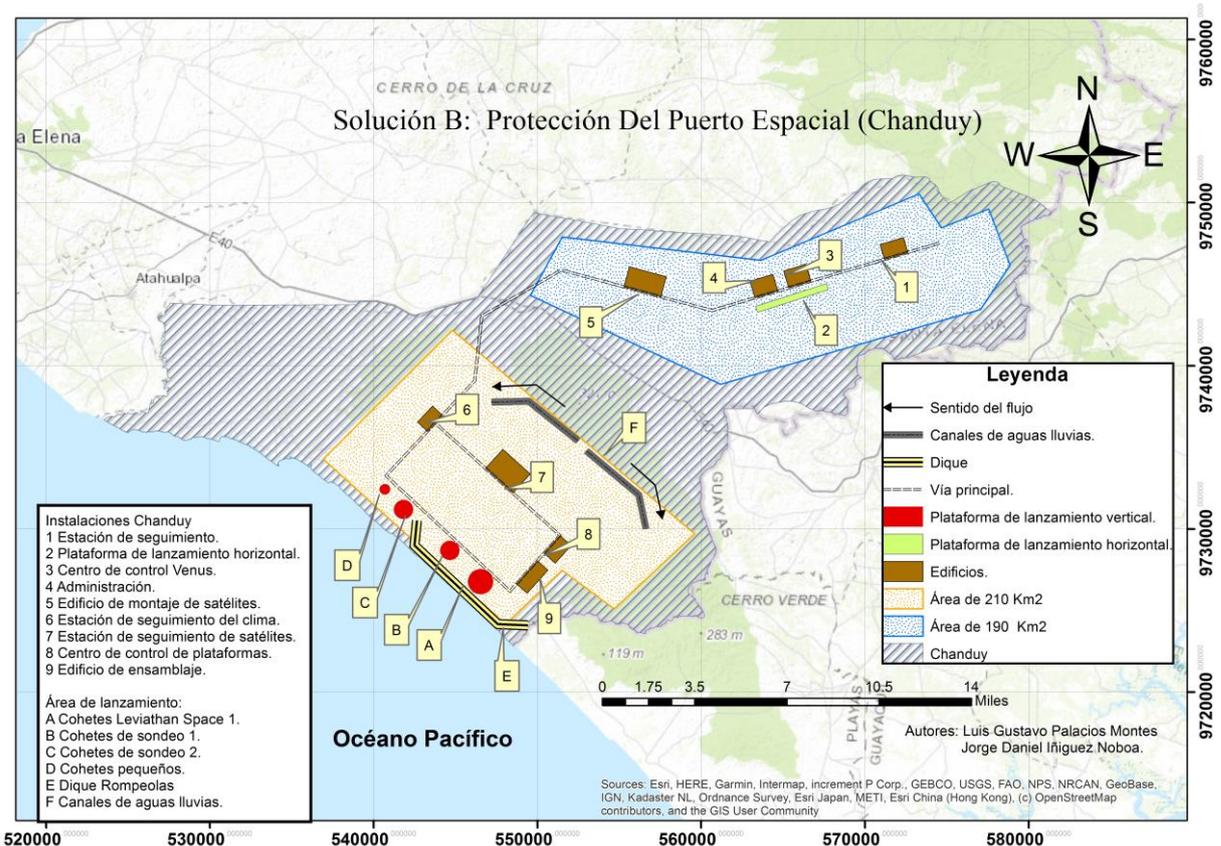


Figura 3.12 Esquema de la solución ingenieril B. (Fuente: Propia)

3.3.2 Descripción de solución B.

La solución B es la construcción de un dique rompeolas, el cual se encuentra a una cota de 1 metro medido desde el nivel medio del mar. Tal estructura tendrá una longitud de 5 Km, y tiene la capacidad de proteger un área de 8 Km². Las plataformas de lanzamiento vertical se las podría ubicar desde 100 m de la línea de costa.

El sistema de transporte de aguas lluvias está conformado por un conjunto de canales (2 canales de 1.8 Km cada uno) que recogerán 390 hectáreas de aportación. En total

tendrán una longitud de 3.6 Km y capacidad de transportar un caudal de diseño de 15.65 m³/s cada canal (a T=100 años).

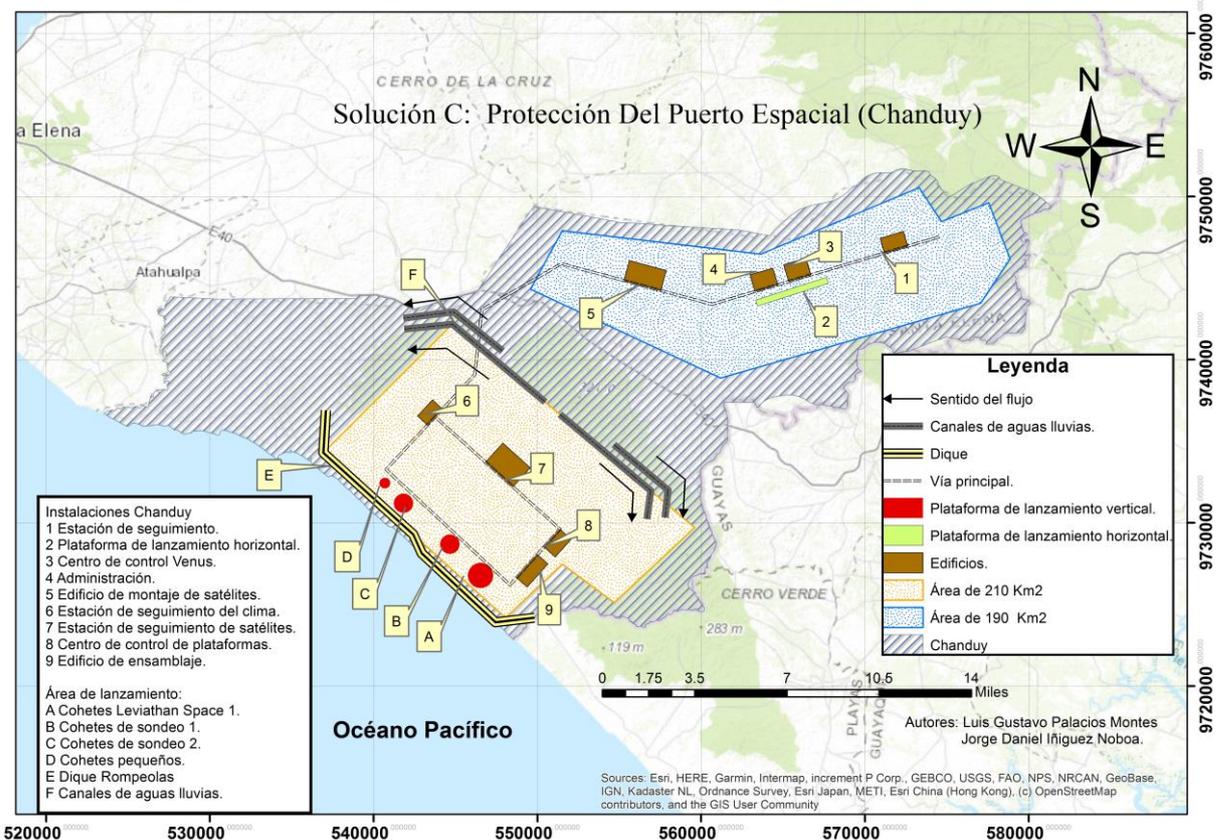


Figura 3.13 Esquema de la solución ingenieril C. (Fuente: Propia)

3.3.3 Descripción de solución C.

La solución es la construcción de un dique rompeolas, el cual se encuentra a una cota de 1 metro medido desde el nivel medio del mar. Tal estructura tendrá una longitud de 8 Km, y tiene la capacidad de proteger un área de 36.34 Km². Las plataformas de lanzamiento vertical se las podría ubicar desde 150 metros de la línea de costa.

El sistema de transporte de aguas lluvias está conformado por un conjunto de canales, (4 canales, 2 de 3 Km y 2 de 2 Km) que recogerán 795 hectáreas de aportación. En total tendrán una longitud de 10 Km y capacidad de transportar un caudal de diseño de 15.65 m³/s cada canal (a T =100 años)

3.3.4 Detallamiento del dique rompeolas, solución A, B y C.

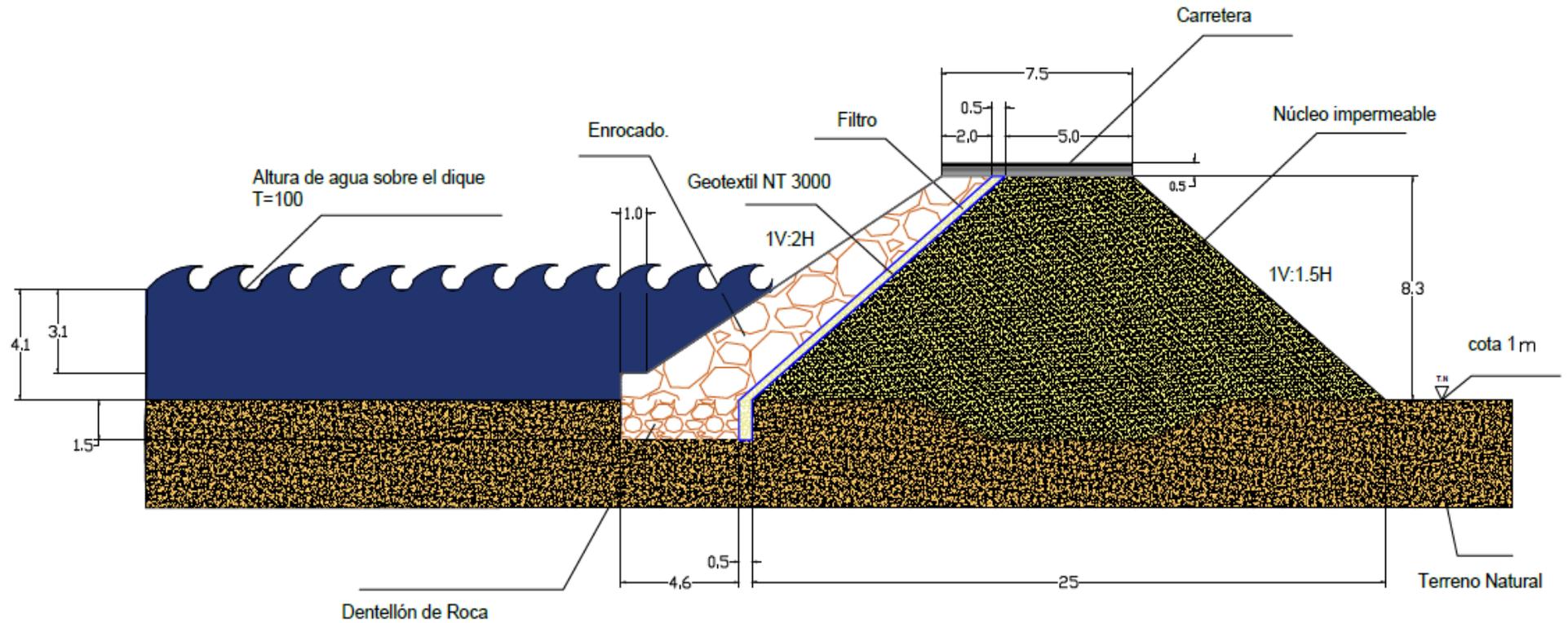


Figura 3.14 Diseño del dique propuesto.

3.3.5 Detallamiento de los canales de recolección de lluvia, soluciones A, B y C.

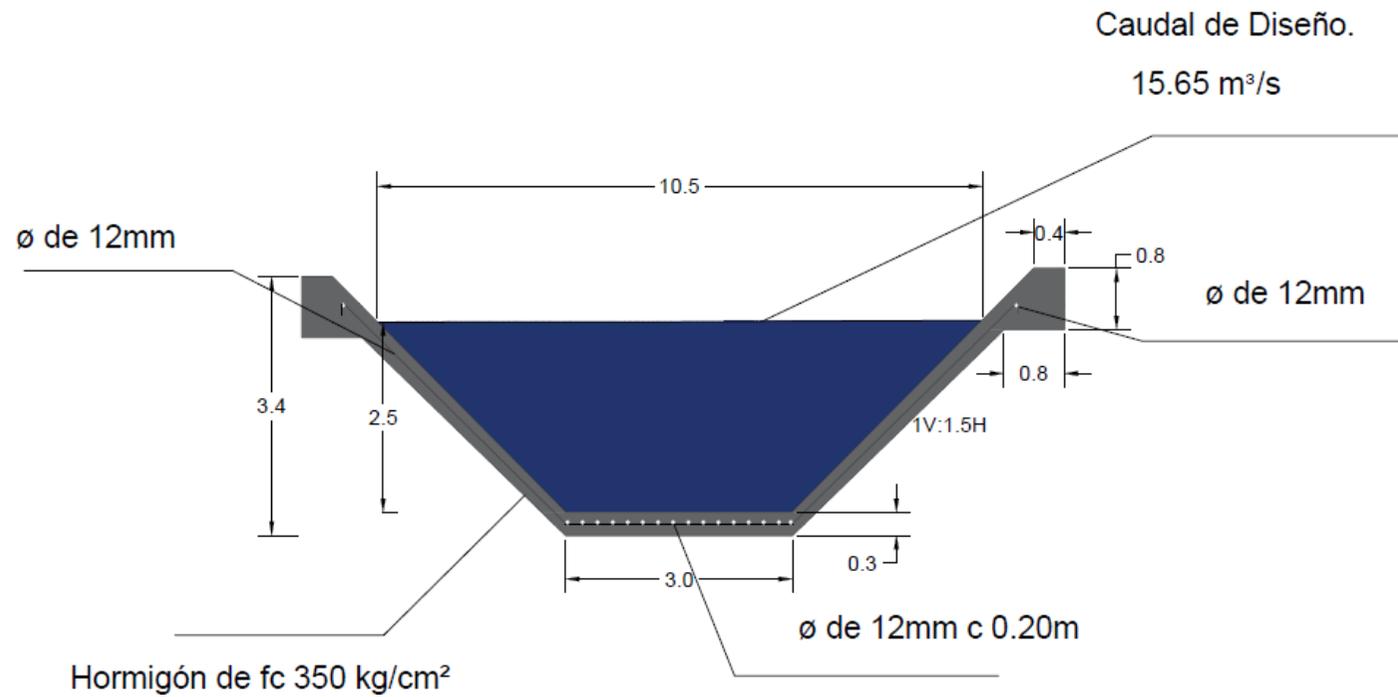


Figura 3.15 Diseño de la sección tipo, para drenaje pluvial.

3.3.6 Dimensionamiento y materiales del dique.

La altura de dique es de 8.3 m presenta un ancho de corona de 7.5 m. El núcleo será de arcilla del sitio cuyas características se presentan en la tabla 3.7. Los ensayos fueron realizados en el laboratorio de suelos de la Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra (Espol) de acuerdo a las nuestras tomadas en la salida de campo. La pendiente recomendada para el núcleo es 1V:1.5H.

Tabla 3.7 Muestras de arcilla. (Fuente: Propia)

Nuestras de suelos		
Arcilla		
Cohesión	20	KN/m ²
Ángulo de fricción interna	20	grados
Peso específico	16	KN/m ³

El espesor de filtro es de 0.5 m de granulometría variada, para el caso del enrocado la pendiente será de 1V:2H, y el peso de roca de 5.4 toneladas. Este material se lo puede obtener del cerro el Tablazo situado a 30 Km del sitio, como se puede observar en la figura 3.16.



Figura 3.16 Distancia de la cantera Tablazo a construcción de dique. (Fuente: Google Earth Pro)

En la tabla 3.8 presenta las respectivas coordenadas de la cantera Tablazo y la ubicación del centroide del proyecto.

Tabla 3.8 Coordenadas de Cantera y Proyecto. (Fuente: Propia)

Sistema	Datum	Coordenadas Cantera (Tablazo)		Coordenadas del Proyecto.	
		Metros Este	Metros Norte	Metros Este	Metros Norte
Coordenadas UTM, Zona 17 Sur	WGS 1984	516086	9754936	516086	9754936

Para conocer las características de las rocas en la cantera Tablazo de acuerdo a la tabla 3.9, para la conformación del filtro y el enrocado el presente trabajo se basó en revisión bibliográfica (Luna et. al, 2011).

Tabla 3.9 Características de filtro y enrocado. (Luna et. al, 2011).

Nuestras de suelos		
Filtro		
Cohesión	0	KN/m ²
Ángulo de fricción interna	35	grados
Peso específico	20	KN/m ³
Enrocado		
Cohesión	0	KN/m ²
Ángulo de fricción interna	38	grados
Peso específico	21	KN/m ³

En la corona del dique para el diseño se consideró una carga distribuida de 10 KN/m², debido que sobre esta estará asentada una pequeña carretera por la cual pasarán solo vehículos livianos por motivos de estabilidad. También se consideró fuerza sísmicas en el diseño. Para la zona de Chanduy con un factor Z = 0.5 (NEC, 2015).

Por medio del programa Slide 5 se realizó un análisis de estabilidad. En tal contexto, el factor de seguridad para el dique resultó de 1.5 es decir nuestro dique es estable en el caso de las 3 soluciones.

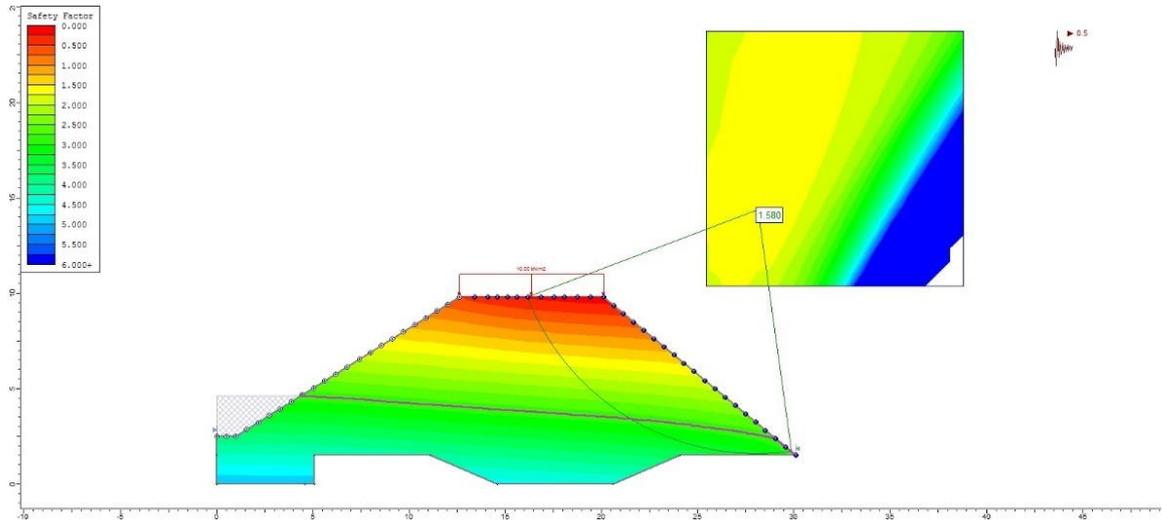


Figura 3.17 Factor de seguridad del dique (Spencer).

Con respecto a los cuatro métodos utilizados para el análisis del dique se obtuvieron los siguientes factores de seguridad:

- Bishop Simplified : 1.57
- Janbu Corrected: 1.59
- Spencer: 1.58
- Lowe-Karafiath: 1.60

Siento mayor a 1.5 para todos los métodos utilizados lo que implica, que la estructura propuesta permanecerá estable ante el deslizamiento y el volteo.

3.3.7 Dimensionamiento y materiales del canal.

Para el diseño de los canales, el hormigón debería tener una resistencia de $f'c = 350$ kg/cm² resistente a sulfatos (por su cercanía al mar). En la parte de la solera tendrá un total de 16 varillas longitudinales Φ de 12 mm, espaciadas cada 20 cm. También

tendrá un refuerzo transversal de 1 varilla Φ de 12 mm espaciadas cada metro. Las cantidades de varillas se las calculó en base a la cuantía mínima ($\rho = 0.0045$) (NEC, 2015).

Para calcular el tirante normal (y_n) se utilizó el método exacto o analítico (basado en la ecuación de Manning). Entre las características hidráulicas tenemos:

Tabla 3.10 Características hidráulicas.

Características hidráulicas	Canales trapezoidales	
	solución 1,2	solución 3
Y_n	2.5	2.7
B	3	3.1
Bl	0.6	0.75
z	1.5	1.5
A_m	16.88	19.31
P_m	12.01	12.83
R_h	1.40	1.50
T	10.5	11.2

3.4 Presupuestos

En la tabla 3.11 se muestran los costos de las distintas soluciones ingenieriles. Los rubros fueron elaborados a partir de análisis de precios unitarios (APU). Los cuales se muestran en el apéndice C con las respectivas especificaciones técnicas.

Tabla 3.11 Costos de distintas soluciones. (Fuente: Propia)

Soluciones	Precio [Millones de dólares]		
	Dique	Canal	Total
A	10.18	6.08	16.26
B	14.73	5.47	20.20
C	19.05	15.2	34.25

Los tiempos de construcción se dividen en teóricos y optimizados. Los primeros se los calcula en base a los rubros y rendimientos; mientras que, los optimizados, con ayuda del programa Project 2016, considerando la cantidad y rendimiento de las maquinarias.

La duración de las distintas soluciones ingenieriles se ilustra en la tabla 3.12 de las cuales se realizó una optimación de tiempo teórico.

Tabla 3.12 Tiempo de construcción de las distintas soluciones (Fuente: Propia)

Tiempo de construcción		
Soluciones	Tiempo teórico (años)	Tiempo optimizado (años)
A	2.2	1.1
B	2.9	1.1
C	5.7	2.3

3.5 Impacto ambiental

Con respecto al análisis de impacto ambiental, de acuerdo al registro en la página del Ministerio del Ambiente (SUIA, 2019), le fue otorgado al presente proyecto un certificado ambiental. Posteriormente para la construcción de muros de escolleras fue necesario seguir la guía de buenas prácticas ambientales, debido a que se usará material de sitio. Un informe detallado del procedimiento seguido se encuentra en el apéndice D.

Para el caso de la construcción del canal, el Ministerio del Ambiente no presenta la actividad específica. Por lo que se recomienda, constante monitoreo de la calidad de aire, ruido, suelo y agua.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

Este proyecto consistió en la selección de mejor sitio para la implementación de un Puerto espacial en la costa ecuatoriana. En la que se conoció la afectación del incremento del nivel del mar y se propuso soluciones ingenieriles con la finalidad de mitigar este efecto.

Tal evaluación considera variables como cambio climático, fenómeno de El Niño, lluvias y mareas extremas en la costa ecuatoriana para la construcción de un puerto espacial.

Chanduy resultó ser el mejor sitio en la costa ecuatoriana para implementar este tipo de proyecto según la matriz de Likert. El cual obtuvo una calificación de 59 puntos en comparación con los 49 de Pedernales y 48 de Puná, indicando mayor conveniencia que estos dos últimos.

Es importante destacar que los frentes de inundación siguen las condiciones topográficas del terreno, por lo que hay ciertos sitios que requieren de protección frente al oleaje y otros no, debido a que son más altos.

Los incrementos del nivel del mar para el Fenómeno de El Niño es de 0.47 m y cambio climático de 0.95 m de acuerdo a revisión bibliográfica. Por otro lado, las mareas extremas calculadas en la zona de Chanduy para un periodo de retorno de 100 años, según las distribuciones probabilísticas Gumbel, Log normal, Pearson tipo III, Log Pearson tipo III, Ln Pearson tipo III. Se obtuvo un valor de 1.83 m con respecto al nivel medio del mar según la metodología de Gumbel, la cual representa el máximo valor de las demás distribuciones sin llevar a sobredimensionar las estructuras propuestas.

La ola de diseño para un periodo de retorno de 100 años, según la metodología de Draper se obtuvo un valor de 4.97 m en aguas intermedias. Esta ola genera un run-up máximo de 0.64 m en la playa. El peso de la roca de coraza de protección costera sometida a este oleaje es de 5.4 toneladas, protegiendo del embate de las olas a la estructura y dándole mayor estabilidad ante el deslizamiento y volteo.

Se generó mapas de inundación para la zona de Chanduy debido a marea máxima, cambio climático, fenómeno de El Niño y run-up de ola de diseño, cuya área de afectación es de 21 Km² de costa. En el caso de marea extrema y considerando los parámetros ya mencionados es de 36.64 Km² de costa, siendo esta la que causaría más pérdidas económicas hacia las instalaciones del puerto espacial en el caso de que no se proteja.

La arcilla limo arenosa en la localidad de Chanduy es apta para la construcción del núcleo del dique. Debido a los ensayos realizados, se pudo conocer los siguientes parámetros peso específico de 16 KN/m³, cohesión 20 KN/m² y ángulo de fricción interna de 20 grados. Esto permite aprovechar el material de préstamo local reduciendo considerablemente los costos de transporte.

Teniendo en cuenta que la acción y el avance del incremento del nivel del mar se intensificará con el paso del tiempo. Se deduce que mientras más alejadas de la playa se construyen las instalaciones del puerto areoespacial, los diques de protección y otras obras que se requieran construir por causa de las mareas, tendrán decenas de años para requerir ser construidas, lo cual favorece al manejo económico y administrativo del proyecto.

El diseño de la solución C fue la mejor opción para solucionar los inconvenientes que presentó el cliente inicialmente, lo que permitirá un ahorro de 1.39 millones de dólares, con respecto a la soluciones A y B. El dique de longitud completa se encargará de la protección total de las instalaciones del puerto espacial. Los

canales se los recubre de hormigón para reducir costos de mantenimiento y posible socavación.

De acuerdo al registro realizado en el SUIA (www.suia.ambiente.gob.ec) para la construcción del dique, es necesario un certificado ambiental (seguir guía de buenas prácticas ambientales construcción de muros y escolleras). En el caso de canales no se especifica la actividad a realizar, lo cual es importante realizar un control continuo de la calidad de aire, ruido, suelo y agua.

4.2 Recomendaciones

Para el diseño del dique y la modelación de los escenarios de inundación, no se consideraron efectos de tsunamis. Debido a la fuerza adicional que este realizaría sobre la estructura propuesta, se debería redimensionar el diseño o inclusive tratarlo hacerlo de hormigón duplicando el costo de las soluciones propuestas.

Debido a que en Chanduy hay pequeños acantilados cerca de la línea de costa, para colocar las estaciones de control y seguimiento sobre estos, se debe realizar un análisis de estabilidad de taludes. Para ello es necesario conocer las propiedades físicas del suelo como son la cohesión, ángulo de fricción interna y el peso específico.

Utilizar una mayor resolución de la grilla (500 m x 500 m) para la zona de Chanduy, en el modelamiento de mareas extremas para obtener un mejor resultado en cuanto al incremento del nivel del mar. Considerar el efecto del oleaje para la simulación.

Como solución adicional se podría realizar un relleno de las zonas afectadas por la inundación. Sobre las cuales irían instalaciones livianas debido a los asentamientos diferenciales que se pueden presentar en las zonas de relleno.

Tener en consideración la ley de las comunas y suelos pertenecientes a Chanduy. Debido a que la mayoría de tierras en esta localidad se heredan, es importante llegar a un acuerdo mutuo con los respectivos dueños.

Estudiar el incremento del nivel del mar debido a variaciones de la placa oceánica, como proceso de elevación o subducción.

Realizar estudios de suelo utilizando un núcleo de muestra, para conocer la geología del terreno y evitar la construcción sobre posibles fallas activas.

Realizar estudios del nivel freático de la zona, para que al momento de la construcción de las cimentaciones profundas sea considerada esta premisa. Pudiendo implementar tablestacas en caso de ser necesario para la protección de los obreros y maquinarias.

Reforestar la zona montañosa para evitar sedimentación al pie de la ladera. Y posible acumulación de tierra en los canales de transporte de aguas lluvias.

Realizar estudios de los cambios hidro-morfodinámicos de la playa (cambios en la línea de costa o morfodinámica costera) debido a la presencia del dique.

Diseñar las cimentaciones de la plataforma de lanzamiento utilizando pantallas de intersección para abatir las líneas de flujo de agua.

Para establecer un cronograma de construcción de obras es conveniente que se efectúe el mismo análisis realizado ($T=100$ años) para períodos de retorno menores (25, 50 y 75 años). Para ello es pertinente usar una topografía más refinada (escala sugerida Ej: 1:10000).

BIBLIOGRAFÍA.

- Aguirre, N., Ojeda, T., & Eguiguren, P. (2010). El cambio climático y la conservación de la biodiversidad en el Ecuador. *Artículos de investigación acuicultura*, 1(1), 17.
- Allauca, S., & Cardin, V. (1987). *Análisis de las olas en la costa central del Ecuador*.
- Andrade, C. (1993). Análisis de la velocidad del viento en el mar Caribe. *Boletín Científico CIOH*, 13, 33-44.
- Armenta, G., Villa, J., & Jácome, P. (2016). *Proyecciones climáticas de precipitación y temperatura para Ecuador, bajo distintos escenarios de cambio climático*. Quito, Ecuador: Ministerio del Ambiente.
- ASTM C39. (s.f.). *Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*. Vol 04.02, 2018.
- Bobee, B. (1975). The log Pearson type 3 distribution and its application in hydrology. *Water resources research*, 11(5), 681-689.
- Cáceres, J., & Cáceres, N. (2011). *Inventario de Emisiones de Gases del Efecto de Invernadero en el Distrito Metropolitano de Quito*. Recuperado el, 17.
- Cáceres, L., Mejía, R., & Ontaneda, G. (1998). Evidencias del cambio climático en Ecuador. *Bulletin de l'Institut français d'études andines*, 27(3).
- Chow, V. T. (1959). *Open-Channel Hydraulics* McGraw-Hill Book Company. New York, 507-510. ISBN: 07-010776-9.
- Dachyar, M., & Purnomo, H. (2018). Spaceport Site Selection with Analytical Hierarchy Process Decision Making. *Indian Journal of Science and Technology*, 11(10), 1-8.

- Deltares, D. (2008). Delft3D-RGFGRID Generation and Manipulation of Curvilinear Grids for Delft3D-FLOW and Delft3D-WAVE, User Manual.
- Egbert, G. D., & Erofeeva, S. Y. (2002). Efficient inverse modeling of barotropic ocean tides. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 19(2), 183-204.
- Engineers, U. A. C. O. (2002). Coastal engineering manual. *Engineer Manual*, 1110, 2-1100.
- Esparza, C. (2016). Metodología de calibración del modelo numérico wavewatch iii en las costas de Chile para la simulación de marejadas. Santiago de Chile: sociedad chilena de ingeniería hidráulica.
- Espinoza, J. (1996). El Niño y sus implicaciones sobre el medio ambiente. Quito: Acta Oceanográfica del Pacífico.
- ESRI, R. (2011). ArcGIS desktop: release 10. Environmental Systems Research Institute, CA. ISBN: 1051293175.
- Fiagá, S. B. G., & González, H. R. (2011). Metodología para el ajuste de modelos de valor extremo Tipo I (Gumbel) y Log Pearson Tipo III, para series de valores máximos, 2(1).
- García Lorenzo, R., & Conesa García, C. (2011). Estimación de caudales de avenidas y delimitación de áreas inundables mediante métodos hidrometeorológicos e hidráulicos y técnicas SIG, Estudio aplicado al litoral sur de la Región de Murcia. *Papeles de geografía*, N° 53-54, 2011.
- García, I., Jimenez, S., Romero, P., & Jorda, L. (2017). Evolución climática en la costa de Ecuador por efecto del cambio climático. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.

- García, J. E., & Galán, T. R. (1998). La medida de las actitudes usando las técnicas de Likert y de diferencial semántico. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 16(3), 477-484.
- GEBCO General Bathymetric Chart of the Oceans (2019), portal web, <https://www.gebco.net>.
- INOCAR Instituto Oceanográfico de la Armada (2019), portal web, <https://www.inocar.mil.ec>.
- IPCC (2018), Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. El IPCC y el sexto ciclo de evaluación. Ginebra: Secretaría del IPCC, doi:10.1017/CBO9781107415324.
- Guerrero, G., Moraga, A., & Pizarro, B. (2012). Diseño de Webquests asociadas a la problemática clima - energía, en el subsector Física, para NM2 y NM3 . Santiago: Universidad de Santiago de Chile.
- Guillén, O., Lostaunau, N., & Jacinto Tayco, M. E. (1999). Características del fenómeno "El Niño" 1997-98.
- JACOME, M. (1989). Clasificación de los sedimentos de la plataforma continental ecuatoriana-provincia del Guayas en relación al porcentaje de carbonato de calcio. *Acta Oceanográfica del Pacífico*. Vol, 5(1).
- Jaimes, E. (1999). Condiciones meteorológicas a nivel global y local, cambio climático y "El Niño 1997-98". Lima: Revista Peruana de Biología.
- Jiang, W., Pohlmann, T., Sun, J., & Starke, A. (2004). SPM transport in the Bohai Sea: field experiments and numerical modelling. *Journal of Marine Systems*, 44(3-4), 175-188.

- Kamphuis, J. W. (2010). Introduction to coastal engineering and management (Vol. 30). World Scientific.
- Kohv, M., Talviste, P., Hang, T., Kalm, V., & Rosentau, A. (2009). Slope stability and landslides in proglacial varved clays of western Estonia. *Geomorphology*, 106(3-4), 315-323.
- Krahn, J. (2003). The 2001 RM Hardy Lecture: The limits of limit equilibrium analyses. *Canadian Geotechnical Journal*, 40(3), 643-660.
- Lee, C. Y., Hull, T. S., & Poulos, H. G. (1995). Simplified pile-slope stability analysis. *Computers and Geotechnics*, 17(1), 1-16.
- Luna, T. S., Hermenejildo, S., Zurita, J. G., & Cadena, G. P. (2011). Caracterización de los áridos del río Dos Mangas y cantera de cerro el Tablazo de la provincia de Santa Elena para utilizarlo como material de construcción.
- Manual, D. F. (2014). Delft3D-3D/2D modelling suite for integral water solutions-hydro-morphodynamic s. *Deltares Delft*. Version, 3, 34158.
- María, E. (2018). Gulf of Guayaquil tidal simulation using Delft 3 D Hydrodynamic model during an El Niño event and normal conditions. Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Martínez-Flórez, G., Vergara-Cardozo, S., & González, L. M. (2013). The family of log-skew-normal alpha-power distributions using precipitation data. *Revista Colombiana de Estadística*, 36(1), 43-57.
- Marzo Artigas, X. (2016). Análisis de la influencia del cambio climático en las necesidades de climatización en Andalucía a escala de detalle territorial. Sevilla: Universidad de Sevilla.

- Mercado-Mancera, G., Troyo-Diéguez, E., Aguirre-Gómez, A., Murillo-Amador, B., Beltrán-Morales, L. F., & García-Hernández, J. L. (2010). Calibración y aplicación del índice de aridez de De Martonne para el análisis del déficit hídrico como estimador de la aridez y desertificación en zona áridas. *Universidad y ciencia*, 26(1), 51-64.
- MOFFAT, A., Nalluri, C., Narayanan, R., & NOVAK, P. (2001). *Estructuras hidráulicas*. McGraw-Hill.
- Muraleedharan, G., Rao, A. D., Kurup, P. G., Nair, N. U., & Sinha, M. (2007). Modified Weibull distribution for maximum and significant wave height simulation and prediction. *Coastal Engineering*, 54(8), 630-638.
- NEC Normativa Ecuatoriana de la Construcción (2019), portal web, <https://www.habitatyvivienda.gob.ec>.
- Nielsen, P., & Hanslow, D. J. (1991). Wave runup distributions on natural beaches. *Journal of Coastal Research*, 1139-1152.
- Novau, J. C. (2013). Influencia del relieve en la distribución de las precipitaciones máximas: un ejemplo pirenaico. *Cuadernos de Investigación. Geografía e Historia*, 4(1), 11-24.
- Pizarro, R., Cornejo, F., González, C., Macaya, K., & Morales, C. (2008). Análisis del comportamiento y agresividad de las precipitaciones en la zona central de Chile. *Tecnología y ciencias del agua*, 23(2), 91-109.
- Pourrut, P., & Gómez, G. (1998). El Ecuador al cruce de varias influencias climáticas. Una situación estratégica para el estudio del fenómeno El Niño. *Bulletin de l'Institut français d'études andines*, 27(3).

- Rocscience, A. (2006). 2D finite element program for calculating stresses and estimating support around the underground excavations. *Geomechanics Software and Research*. Vol 4.
- Rossel, F., Cadier, E., & Gómez, G. (1996). Las inundaciones en la zona costera ecuatoriana: Causas-Obras de protecciones existentes y previstas. *Bull. Inst. Fr. Etud. Andines*, 25(3), 399-420.
- Samani, Z., & Magallanez, H. (1993). Measuring water in trapezoidal canals. *Journal of irrigation and drainage engineering*, 119(1), 181-186
- Seedhouse, E. (2017). *Spaceports Around the World, A Global Growth Industry*. Springer. ISBN: 978-3-319-46845-7 978-3-319-46846-4.
- Sevruk, B. and Geiger, H. 1981. Selection of distribution types for extremes of precipitation. World Meteorological Organization, Operational Hydrology Report, No. 15, WMO-No. 560, Geneva
- SNI Sistema Nacional de Información (2019), portal web, <http://sni.gob.ec>.
- Spencer, E. (1967). A method of analysis of the stability of embankments assuming parallel inter-slice forces. *Geotechnique*, 17(1), 11-26.
- Stern, N., Santos, A., & Vilaltella, J. (2007). El informe Stern: la verdad sobre el cambio climático (No. 363.73874 S839). Barcelona: Paidós.
- SUIA Sistema Único de Información Ambiental (2019), Ministerio del Ambiente portal web, <http://suia.ambiente.gob.ec>
- Tolman, H. L. (2009). User manual and system documentation of WAVEWATCH III TM version 3.14. Technical note, MMAB Contribution, 276, 220.

Torres, R., Cadilhac, L., Calles, J., Vanacker, V., & Calderón, E. (2018). Desafíos para la investigación sobre el cambio climático en Ecuador. *Neotropical Biodiversity*.

TULSMA. (2015). *Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente*. Quito, Ecuador.

Useros, J. (2012). *El cambio climático: sus causas y efectos medio ambientales*. Valladolid: Consejería de Sanidad de la Junta de Castilla y León, Valladolid.

USBR (1987). *Design of small dams*. U.S. Department of the Interior, Bureau of Reclamation, Washington, DC. ISBN: 84-96486-49-4.

Vos, R., Velasco, M., & de Labastida, E. (2006). *Economic and social effects of El Niño in Ecuador, 1997-1998*. Inter-American Development Bank.

APÉNDICES

APÉNDICE A

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura A.1 Levantamiento de información en Pedernales (Fuente: www.sni.gob.ec).	65
Figura A.2 Levantamiento de información en Chanduy (Fuente: www.sni.gob.ec). ..	65
Figura A.3 Levantamiento de información en Puná (Fuente: www.sni.gob.ec).	66
Figura A.4 Zona sísmica en Ecuador (Fuente: NEC 2014).	66
Figura A.5 Uso y cobertura de suelos en Pedernales (Fuente: www.sni.gob.ec).	73
Figura A.6 Uso y cobertura de suelos en Chanduy (Fuente: www.sni.gob.ec).	73
Figura A.7 Uso y cobertura de suelos en Puná (Fuente: www.sni.gob.ec).	74
Figura A.8 Tipo de suelos según textura Pedernales (Fuente: www.sni.gob.ec).	75
Figura A.9 Tipo de suelos según textura Chanduy (Fuente: www.sni.gob.ec).	75
Figura A.10 Tipo de suelos según textura Puná (Fuente: www.sni.gob.ec).	76
Figura A.11 Tipo de suelos según pendiente Pedernales (Fuente: www.sni.gob.ec).	77
Figura A.12 Tipo de suelos según pendiente Chanduy (Fuente: www.sni.gob.ec). ..	77
Figura A.13 Tipo de suelos según pendiente Puná (Fuente: www.sni.gob.ec).	78
Figura A.14 Rango de precipitaciones en Pedernales (Fuente: www.sni.gob.ec).	79
Figura A.15 Rango de precipitaciones en Chanduy (Fuente: www.sni.gob.ec).	79
Figura A.16 Rango de precipitaciones en Puná (Fuente: www.sni.gob.ec).	80

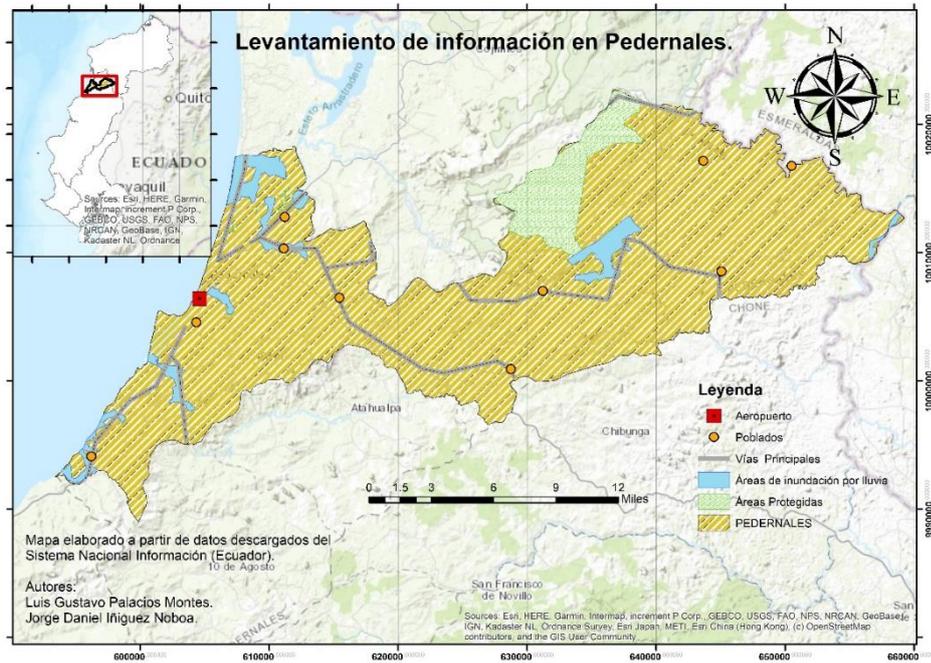


Figura A.1 Levantamiento de información en Pedernales (Fuente: www.sni.gob.ec).

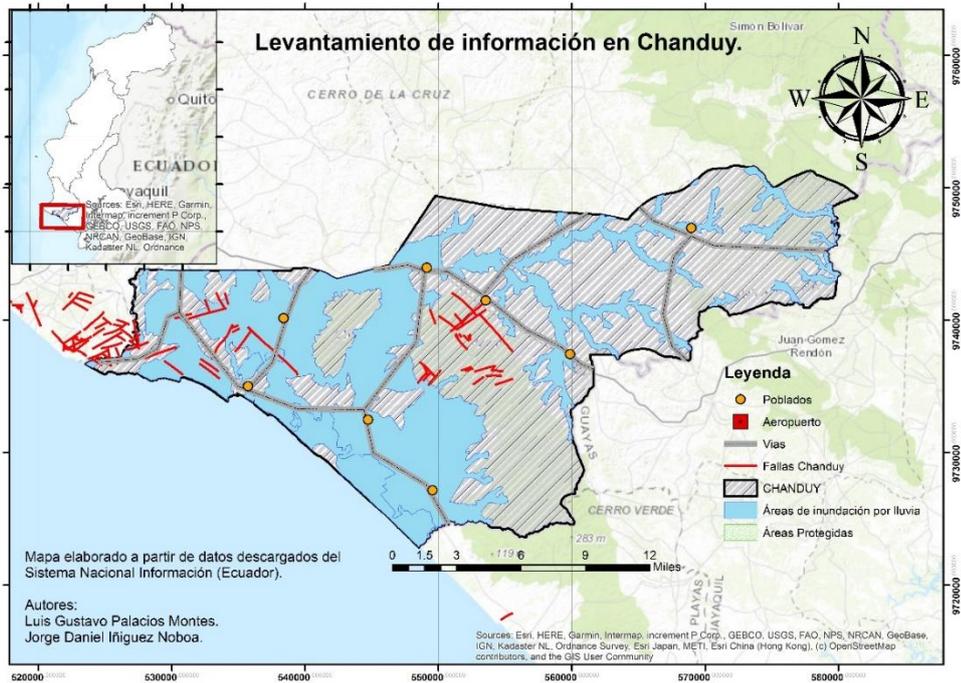


Figura A.2 Levantamiento de información en Chanduy (Fuente: www.sni.gob.ec).

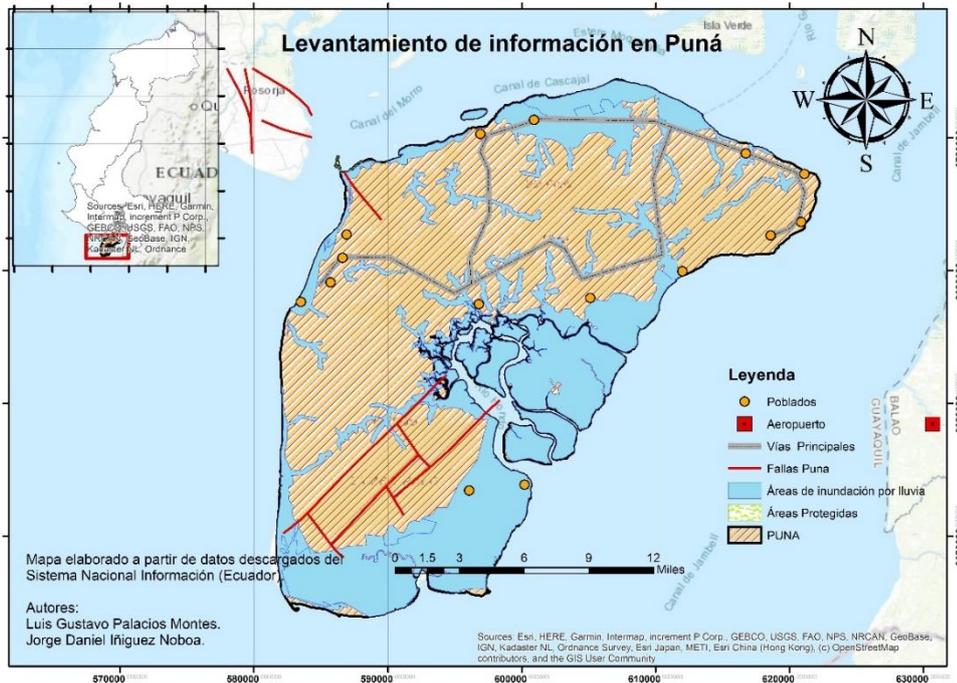


Figura A.3 Levantamiento de información en Puná (Fuente: www.sni.gob.ec).

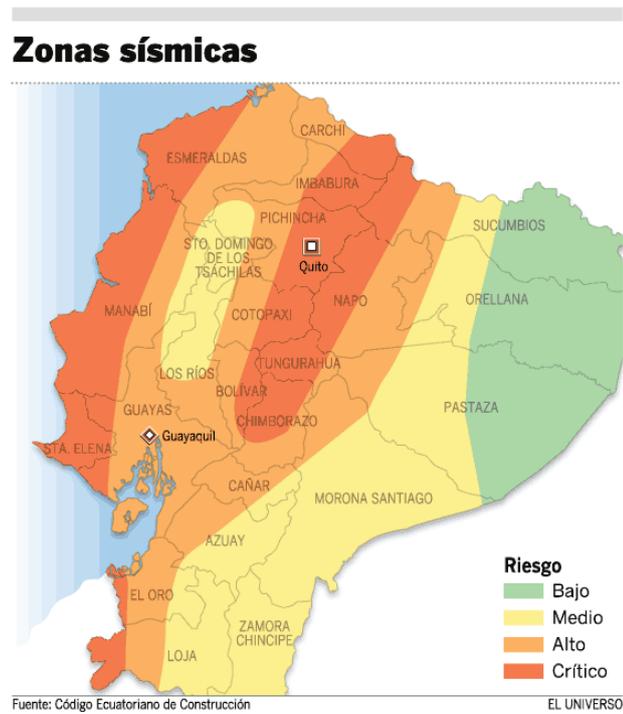


Figura A.4 Zona sísmica en Ecuador (Fuente: NEC 2014).

CALIFICACIÓN DE PARÁMETROS (justificación)

Población

Para el caso de la población los sitios que presenten menor cantidad de población tendrán la calificación más alta, por cuestiones de seguridad.

- Pedernales: Posee un área aproximada total de 767.54 Km², de la cual 6.02 Km² está poblada. Esto representa el 0.78% del área total. Generando un área sin población de 761.52 Km².
 - Calificación: 3
- Chanduy: Posee un área aproximada total de 769.02 Km², de la cual 4.89 Km² está poblada. Esto representa el 0.64% del área total. Generando un área sin población de 764,13 Km².
 - Calificación: 4
- Puná: Posee un área aproximada total de 894.64 Km², de la cual 0.44 Km² está poblada. Esto representa el 0.049% del área total. Generando un área sin población de 898,20 Km².
 - Calificación: 5

Infraestructura vial

La infraestructura vial fue calificada como óptima por longitud de vía en buen estado.

- Pedernales: Posee aproximadamente 114.79 Km de vía en buen estado.
 - Calificación: 4
- Chanduy: Posee aproximadamente 115.41 Km de vía en buen estado.
 - Calificación: 5
- Puná: Posee aproximadamente 81.00 Km de vía en buen estado
 - Calificación: 1

Reservas naturales y áreas protegidas

Las reservas naturales y áreas protegidas no deben interceptar los sitios de estudio.

De esta manera:

- Pedernales: Posee un área protegida aproximada de 49.90 Km² de área protegida, esto representa el 6.50% de su área total.
 - Calificación: 3
- Chanduy: No posee áreas protegidas.
 - Calificación: 5
- Puná: No posee áreas protegidas registradas en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP).
 - Calificación: 5

Puertos y aeropuertos

Los puertos y aeropuertos deben estar cerca de las instalaciones del Puerto Espacial, por cuestiones de logística al momento del arribo de los satélites o piezas de cohetes.

- Pedernales: Posee 1 aeropuerto privado y se encuentra aproximadamente a 25Km del Aeropuerto Público Eloy Alfaro de Manta. Se encuentra cerca del puerto Bahía de Caráquez.
 - Calificación: 3
- Chanduy: Se encuentra aproximadamente a 46 Km del Aeropuerto Simón Bolívar de Guayaquil. Se encuentra a 36 Km del Puerto de aguas profundas de Posorja.
 - Calificación: 4
- Puná: Se encuentra cerca de 3 aeropuertos privados y a menos de 2 Km del Puerto de aguas profundas de Posorja, pero al otro lado de la orilla.
 - Calificación: 3

Fallas y sismicidad

Dependiendo de la cantidad de fallas presentes en la zona sería una afectación negativa hacia las instalaciones del proyecto.

- Pedernales: No presenta fallas según los archivos del Sistema Nacional de información datos presentados antes del terremoto el 16 de abril del 2016. Se encuentra en una zona sísmica crítica y se evidencia su alta sismicidad como el terremoto del 16 de abril del 2016.
 - Calificación: 1
- Chanduy: Presenta 6 fallas de aproximadamente 5 Km de longitud y más de 7 micros fallas menores a los 5 Km.
 - Calificación: 2
- Puná: Presenta 6 fallas de aproximadamente 4Km cada una.
 - Calificación: 3

Áreas de inundación por lluvia

El área de inundación por lluvias se considera la mayor puntuación a las que presentan menor afectación debido a este parámetro.

- Pedernales: El área de inundación por lluvia representa un 5% del área total.
 - Calificación: 5
- Chanduy: El área de inundación por lluvia representa un 35% del área total.
 - Calificación: 3
- Puná: El área de inundación por lluvia representa un 40% de del área total.
 - Calificación: 2

Áreas

El área se consideró óptima para aquellas de mayor valor y que cubran el área mínima requerida para la implantación del puerto espacial. De esta manera:

- Pedernales: El área neta es 742.58 Km², sin tomar en cuenta el área de la población y las camaroneras.
 - Calificación: 4
- Chanduy: El área neta es 727.63 Km², sin tomar en cuenta el área de la población y las camaroneras.
 - Calificación: 4
- Puná: El área neta es 685.23 Km², sin tomar en cuenta el área de la población y las camaroneras, pero si el puerto es implementado, tomaría casi todo el terreno de la isla.
 - Calificación: 2

Incremento del nivel del mar.

Para incremento del nivel del mar, se consideró como mayor puntuación a las zonas que serían menos afectadas.

- Pedernales: Aproximadamente en 50% de su superficie hay lugares altos donde no afectaría el incremento del nivel del mar.
 - Calificación: 4
- Chanduy: Aproximadamente en 40% de su superficie hay zonas altas donde no afectaría el nivel incremento del mar y se encuentran cercanos a la costa.
 - Calificación: 5
- Puná: Aproximadamente en 25% de su superficie hay zonas altas donde no afectaría el nivel incremento del mar.
 - Calificación: 2

Turismo

En turismo, se consideró con la mayor puntuación a los sitios donde haya la menor cantidad de estos sitios:

- Pedernales: Posee los siguientes lugares turísticos: Punta Frailes, Isla del Amor, Reserva Ecológica Mache Chindul, Cascada Coasa, Bosque Protector Cerro Pata de Pájaro, Estuario de Cojimíes, Cascada Chindul, Cascadas del río Tiwa y Avistamiento de Ballenas Jorobadas. Además, de playas como: Pedernales, Cojimíes, Carrisal y Cañaveral, por lo cual se le procedió lo que se le procedió a dar una calificación de
 - Calificación: 3
- Chanduy: Posee los siguientes sitios turísticos: Bosque de la Comuna Pechiche, Playa de Chanduy, Playa de la Comuna El Real, Museo de Sitio Cerro Real Alto, Mirador del Cerro Tugaduaja, Museo Arqueológico Real Alto.
 - Calificación: 4
- Puná: Posee los siguientes sitios turísticos: Eco-Campamento “Catoir”. Para acceder a la playa se cruza el Estero Boca por lancha y Festival de Chirimoya
 - Calificación: 4

Transporte

Para transporte se consideró las distancias menores a Guayaquil y tipo de transporte que accede a la zona.

- Pedernales: Del tipo de transporte que accede existe terrestre y marítimo. La distancia a Guayaquil es aproximadamente 250 Km.
 - Calificación: 3
- Chanduy: Del tipo de transporte que accede existe terrestre y marítimo. La distancia a Guayaquil es aproximadamente 89 Km.
 - Calificación: 5
- Puná: Del tipo de transporte que accede es marítimo. La distancia a Guayaquil es aproximadamente 82 Km.
 - Calificación: 2

Tsunami

Para tsunami se consideró como favorables a las zonas que serían menormente afectados por uno y la menor presencia histórica según (INOCAR, 2019).

- Pedernales: Presenta zonas altas y acantilados bajos. Presenció el evento del 31 de enero de 1906,
 - Calificación: 3
- Chanduy: Presenta zonas altas y acantilados bajos. Presenció el evento del 2 de octubre de 1933
 - Calificación: 3
- Puná: Presenta zonas de baja altura.
 - Calificación: 3

Oleaje

Para oleaje se consideró como valores óptimos a las zonas que tendrían menor altura de ola y mayor longitud de onda (INOCAR, 2019).

- Pedernales: Presenta una altura significativa de ola de 1.70m y periodo de 13s.
 - Calificación: 2
- Chanduy: Presenta una altura significativa de ola de 1.55m y periodo de 13s.
 - Calificación: 3
- Puná: Presenta una altura significativa de ola de 0.15m y periodo de 3s.
 - Calificación: 5

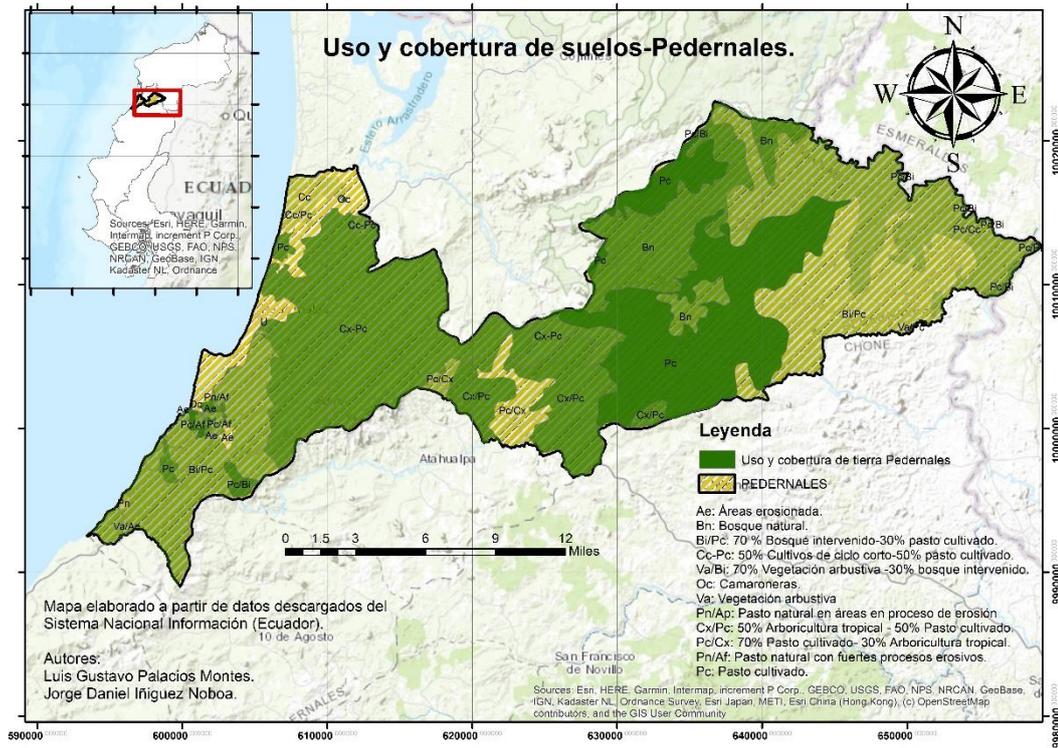


Figura A.5 Uso y cobertura de suelos en Pedernales (Fuente: www.sni.gob.ec).

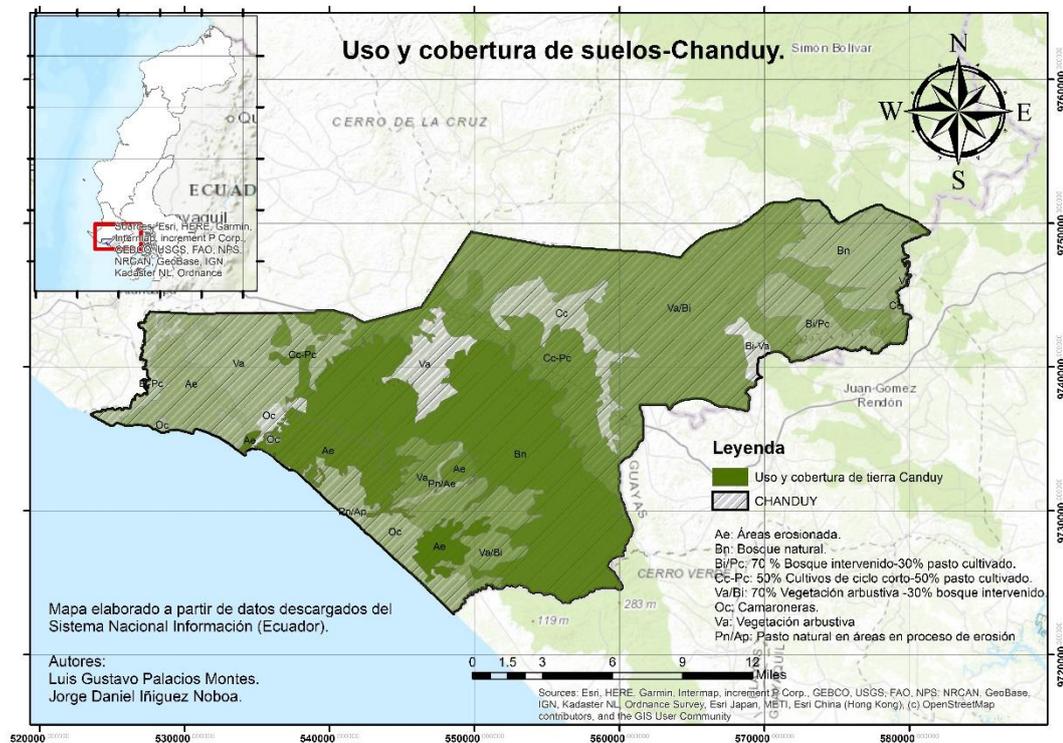


Figura A.6 Uso y cobertura de suelos en Chanduy (Fuente: www.sni.gob.ec).

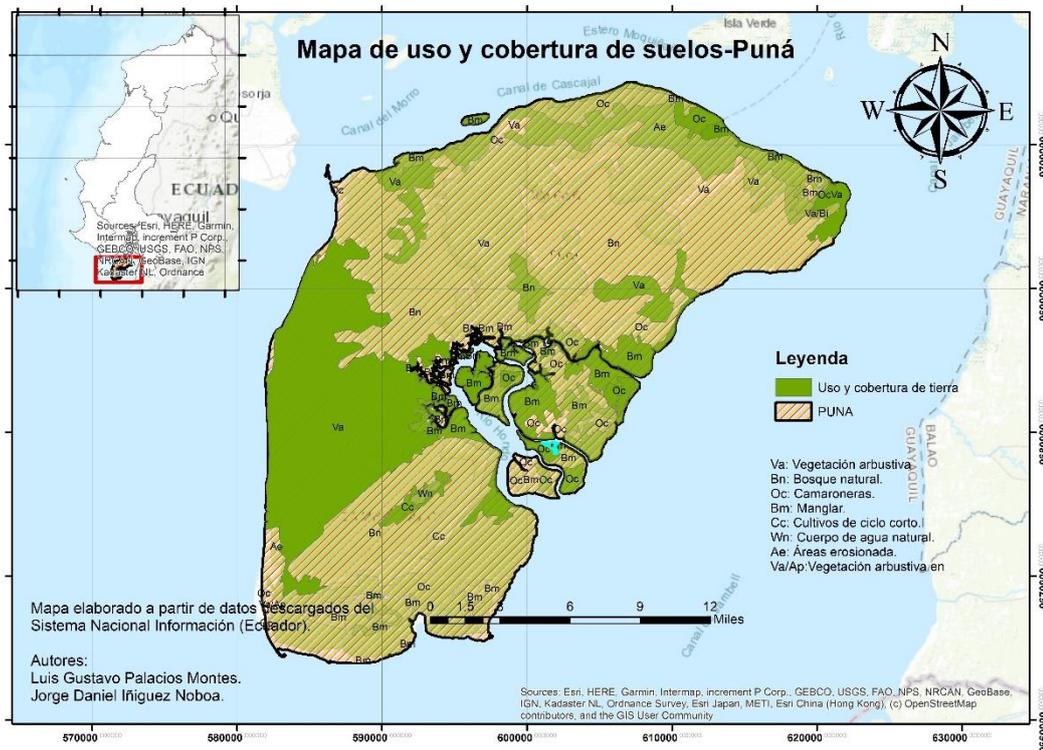


Figura A.7 Uso y cobertura de suelos en Puná (Fuente: www.sni.gob.ec).

Uso de suelos

Para uso de suelos se consideró como favorables valores bajos de camaroneras.

- Pedernales: Posee 18.94 Km² de camaroneras, lo que representa el 2.46% del área total. Aproximadamente el 50 % de su área encontramos pasto natural y pasto cultivado, adicionalmente un 20% de arboricultura.
 - Calificación: 4
- Chanduy: Posee 36.5 Km² de camaroneras, lo que representa el 4.75% del área total. Aproximadamente el 40 % de área erosionada y pasto natural, adicionalmente 15% de bosque natural.
 - Calificación: 4
- Puná: Posee 208.97 Km² de camaroneras, lo que representa el 23.36% del área total. Aproximadamente el 45% representa bosque natural y el 20% de vegetación arbustiva.
 - Calificación: 2

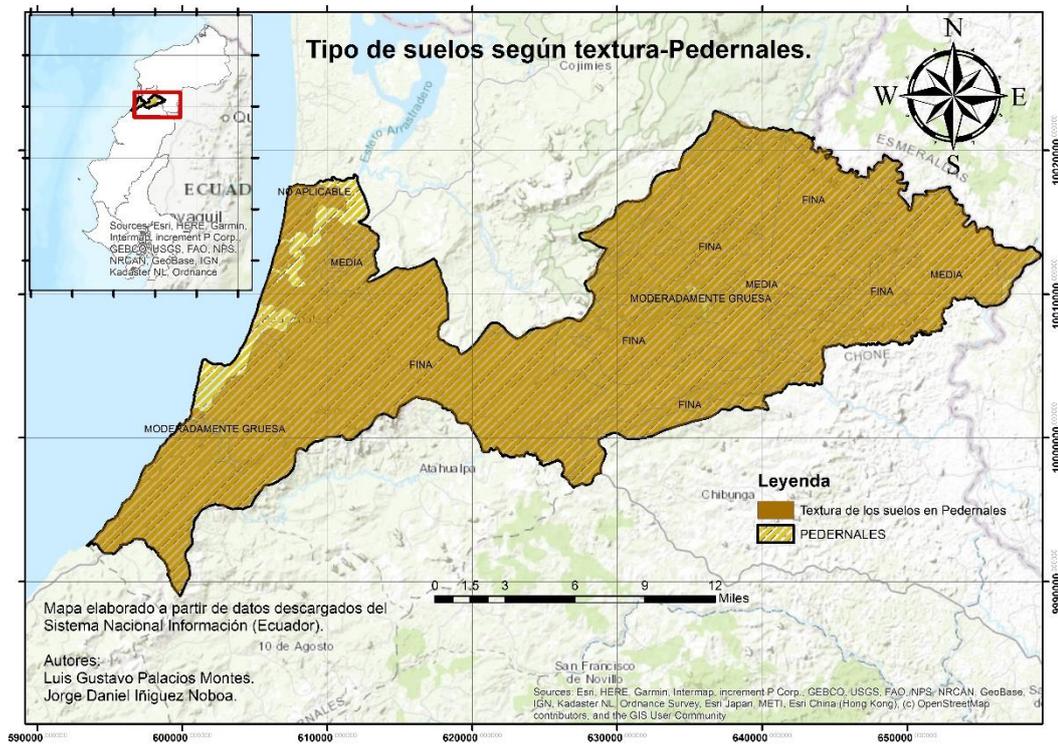


Figura A.8 Tipo de suelos según textura Pedernales (Fuente: www.sni.gob.ec).

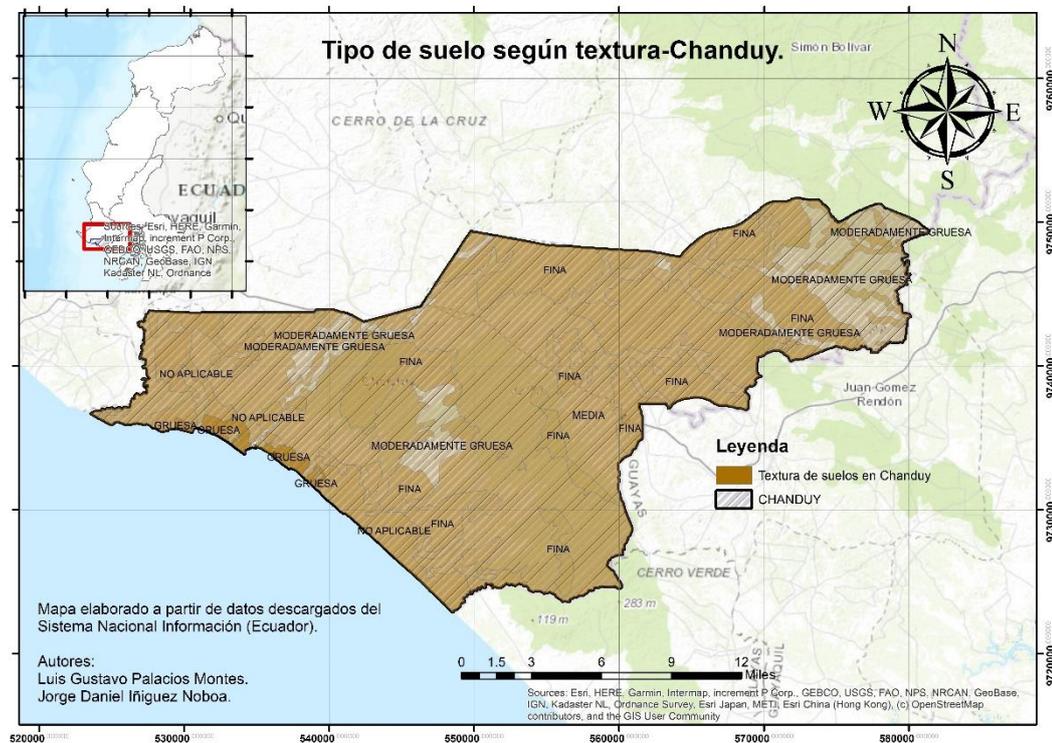


Figura A.9 Tipo de suelos según textura Chanduy (Fuente: www.sni.gob.ec).

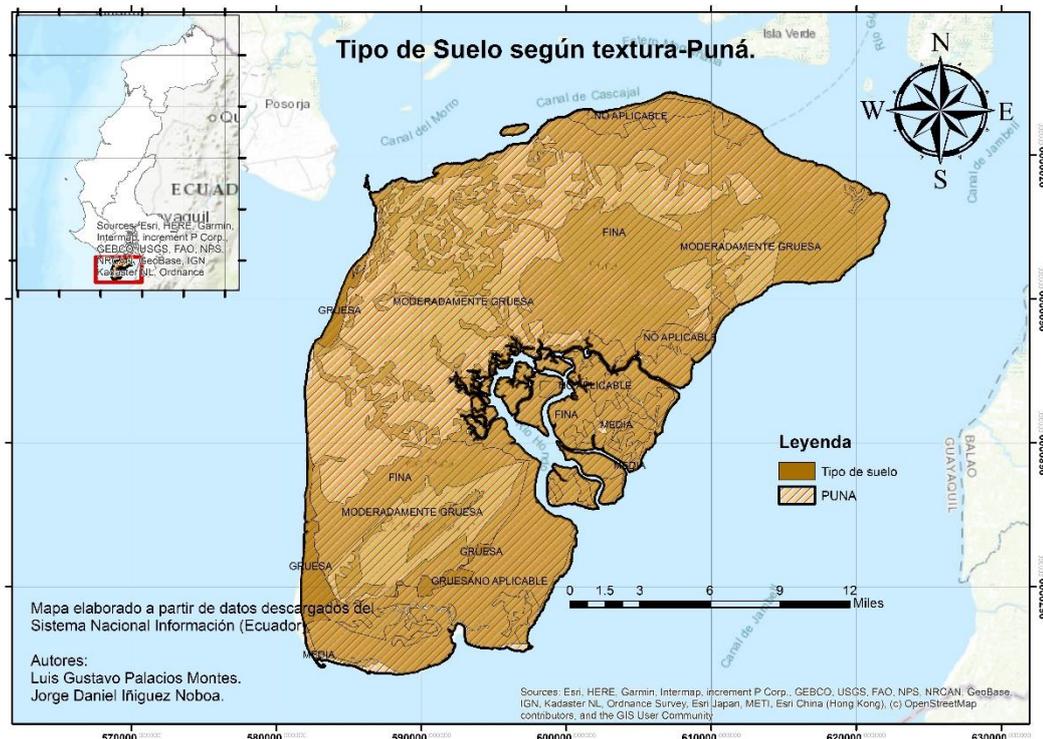


Figura A.10 Tipo de suelos según textura Puná (Fuente: www.sni.gov.ec).

Tipo de suelo según textura.

El tipo de suelo se consideró beneficioso a la presencia de textura gruesa. De esa manera:

- Pedernales: El 60% de la textura del suelo es moderadamente gruesa, 6% es media, 30% fina y 4% es suelo de mala calidad en su superficie.
 - Calificación: 4
- Chanduy: El 65% de la textura del suelo es moderadamente gruesa, 10% es gruesa, 10% fina y 15% es suelo de mala calidad en su superficie.
 - Calificación: 4
- Puná: El 40% de la textura del suelo es moderadamente gruesa, 10% es media, 15% fina y 35% es suelo de mala calidad en su superficie.
 - Calificación: 2

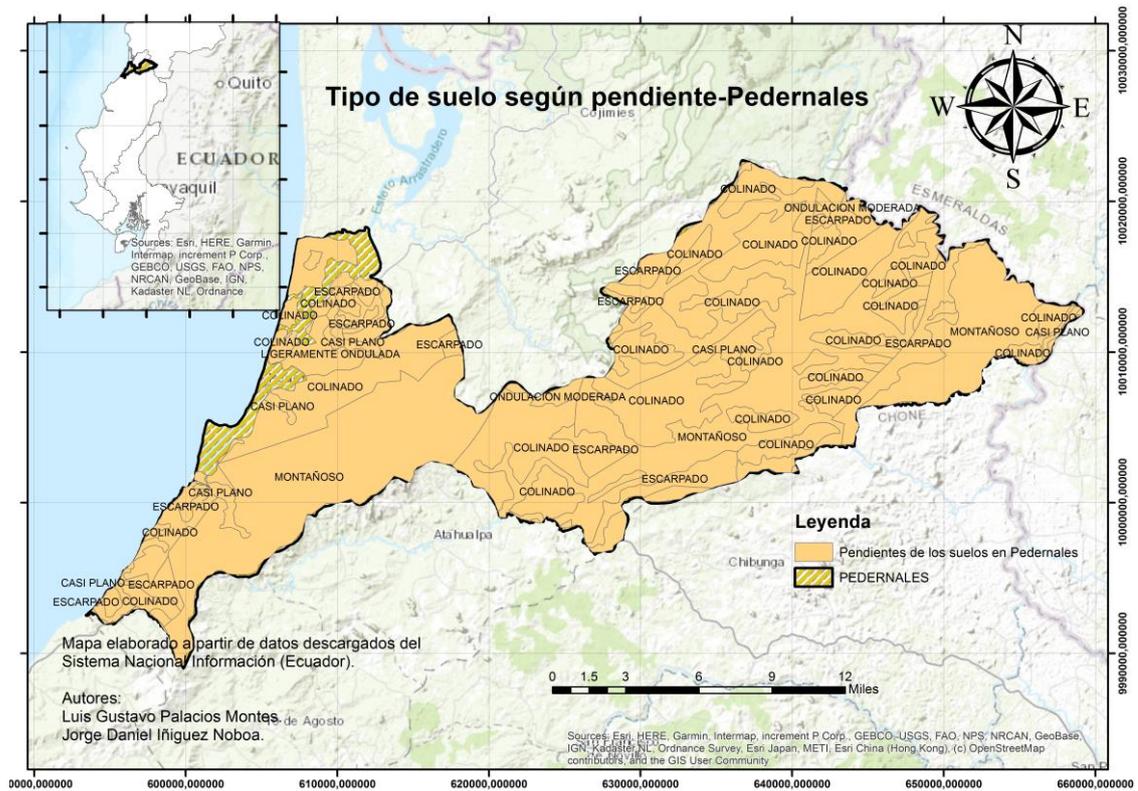


Figura A.11 Tipo de suelos según pendiente Pedernales (Fuente: www.sni.gob.ec).

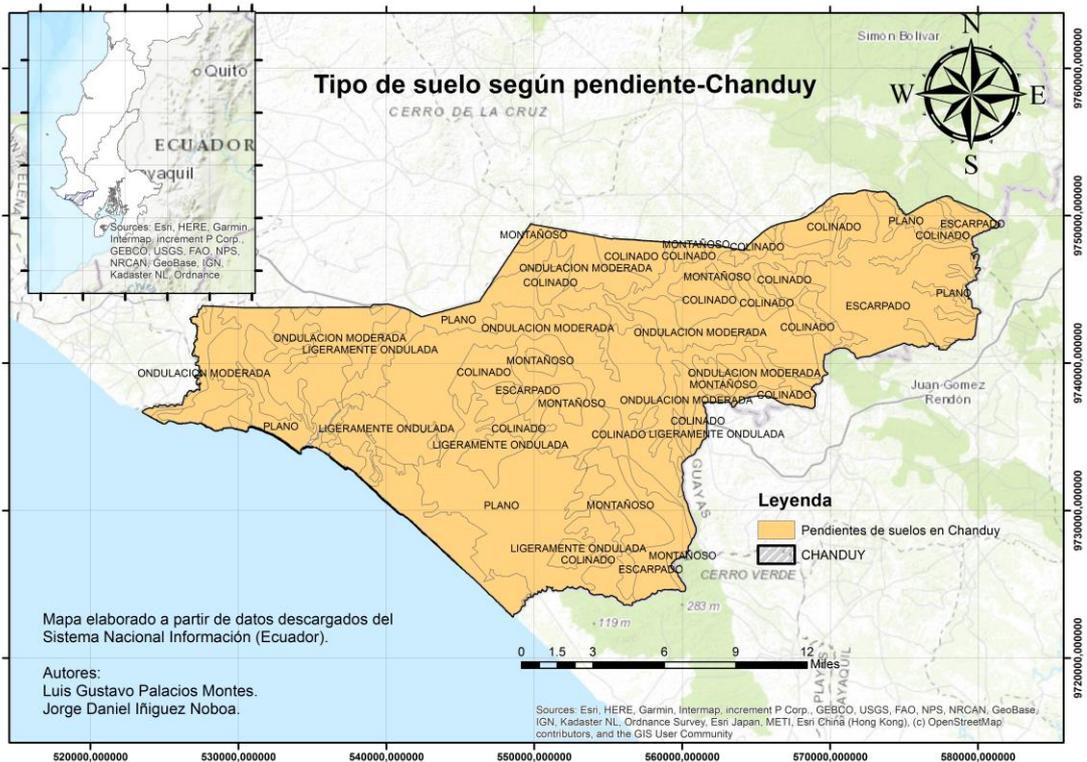


Figura A.12 Tipo de suelos según pendiente Chanduy (Fuente: www.sni.gob.ec).



Figura A.13 Tipo de suelos según pendiente Puná (Fuente: www.sni.gob.ec).

Topografía

La topografía se consideró en sobresaliente al tener suelos altos pero planos. De esta manera:

- Pedernales: Aproximadamente el 50% del área es zona montañosa con valores que alcanzan una altura de 815 metros sobre el nivel medio del mar.
 - Calificación: 2
- Chanduy: Aproximadamente el 40% del área es zona montañosa con valores que alcanzan una altura de 400 metros sobre el nivel medio del mar.
 - Calificación: 3
- Puná: Aproximadamente el 25% del área es zona montañosa con valores que alcanzan una altura de 285 metros sobre el nivel medio del mar.
 - Calificación: 4

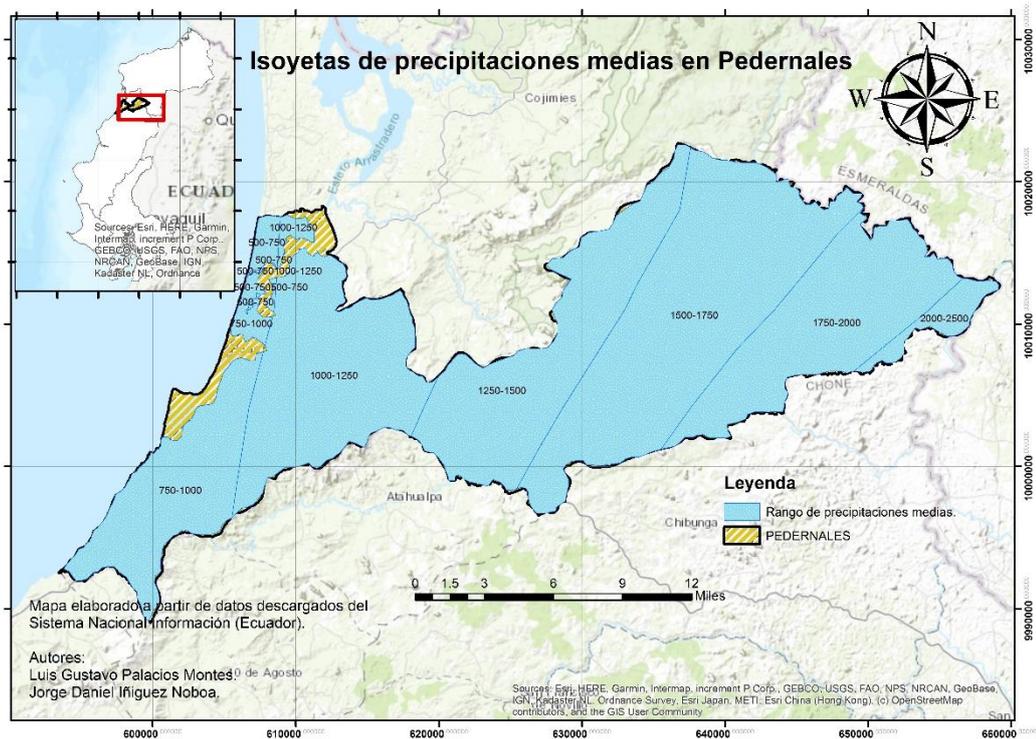


Figura A.14 Rango de precipitaciones en Pedernales (Fuente: www.sni.gob.ec).

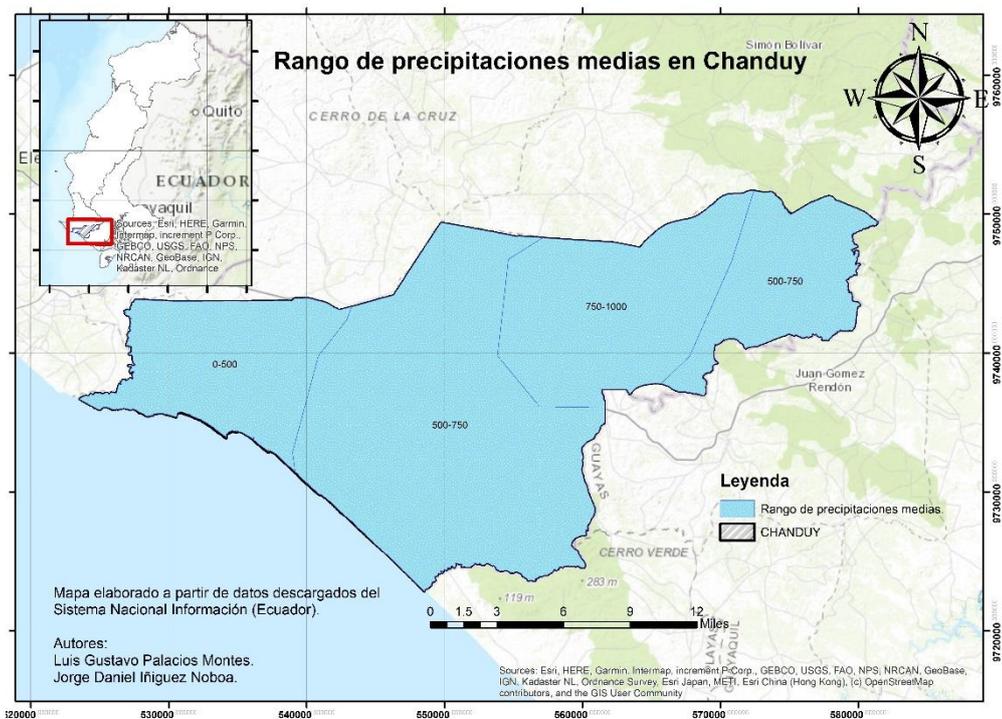


Figura A.15 Rango de precipitaciones en Chanduy (Fuente: www.sni.gob.ec).

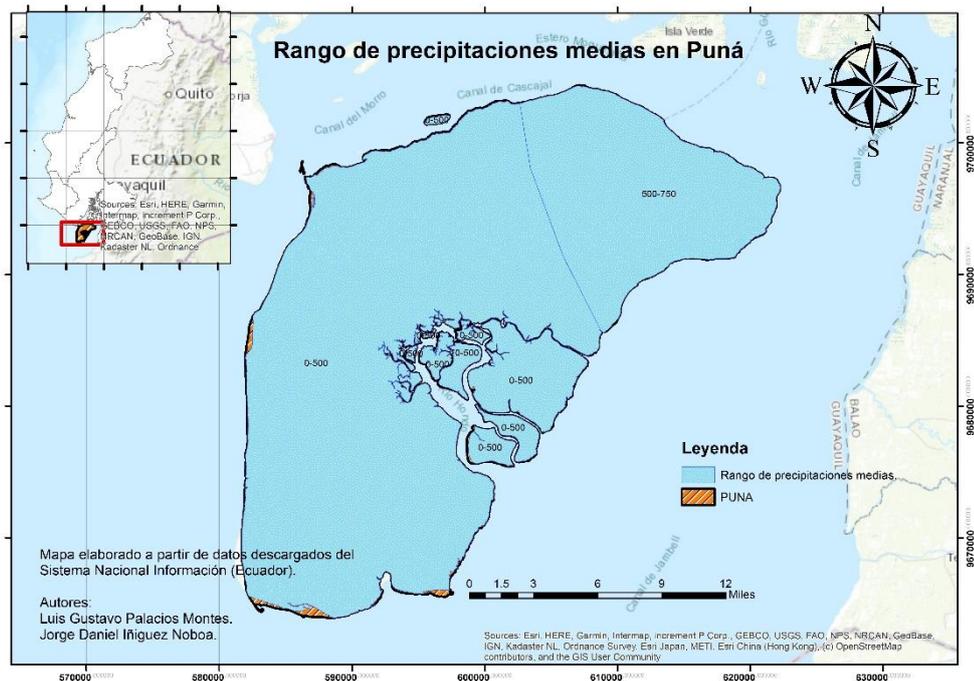


Figura A.16 Rango de precipitaciones en Puná (Fuente: www.sni.gob.ec).

Clima y Meteorología

Para clima y meteorología se consideró con la mayor puntuación a los valores de las isoyetas que tienen el menor rango de precipitaciones.

- Pedernales: Según las isoyetas descargadas del sistema nacional de información, el rango de precipitaciones media es de 500 a 1500.
 - Calificación: 3
- Chanduy: Según las isoyetas descargadas del sistema nacional de información, el rango de precipitaciones media es de 0 a 750.
 - Calificación: 4
- Puná: Según las isoyetas descargadas del sistema nacional de información, el rango de precipitaciones media es de 0 a 650.
 - Calificación: 4

APÉNDICE B

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura B.1 Recomendaciones de diseño (Fuente: USBR, 1987)	83
Figura B.2 Análisis de estabilidad del dique por medio de dovelas. (Fuente: Propia)	84
Figura B.3 Mapa de estaciones pluviométricas.	92
Figura B.4 Proyecciones de precipitaciones para distintos períodos de retorno. (Fuente Propia).....	93

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla B.1 Proyecciones de precipitaciones. (Fuente Propia)	93
Tabla B.2 Borde libre en canales revestidos de concreto. MOFFAT et. al, (2001)...	95

Diseño del dique costanero.

La primera metodología por parte de ingeniería en oceanografía fue encontrar la altura de agua quieta, altura de agua considerando run up y el diseño del enrocado que ayuda a disipar la energía de las olas sobre la estructura.

La segunda metodología por parte de ingeniería civil. Esto consistió en:

- i. El diseño del núcleo para impedir el paso del agua
- ii. El diseño del filtro para impedir pedidas de finos por parte del núcleo,
- iii. El diseño del dentellón de roca para evitar la socavación,
- iv. El diseño del dentellón de arcilla para darle más estabilidad al dique.

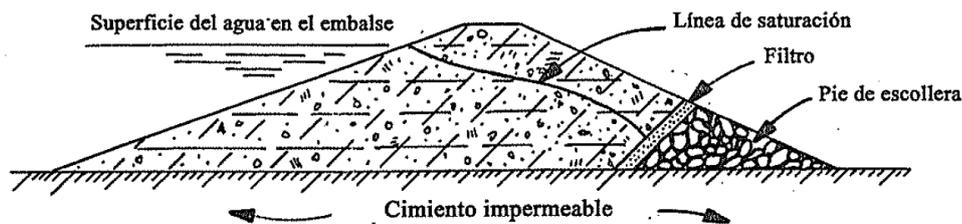


Figura B.1 Recomendaciones de diseño (Fuente: USBR, 1987)

Para el pre dimensionamiento del dique se utilizó las recomendaciones que hace el Bureau of Reclamation de los Estados Unidos (USBR, 1987). Estas dimensiones están en función de la altura de agua que alcance el incremento del nivel del mar dentro de un periodo de retorno de 100 años y adicionalmente se considera un borde libre de 1m por cuestión de seguridad. En la figura 2.6 del capítulo 2 podemos observar estas recomendaciones.

Con el programa Slide se analizó la estabilidad del dique como se puede observar en la figura B.2 y páginas siguientes en cual se describe un informe emitido por el programa.

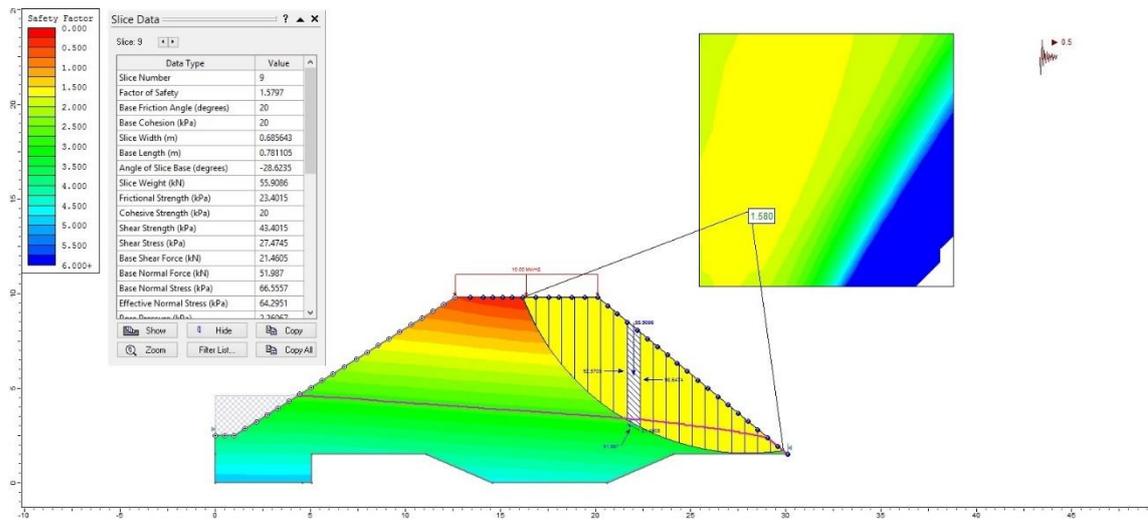


Figura B.2 Análisis de estabilidad del dique por medio de dovelas. (Fuente: Propia)

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

File Name: Estabilidad de dique
Slide Modeler Version: 6.005
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Date Created: 18/08/2019, 18:12:22

General Settings

Units of Measurement: Metric Units
Time Units: days
Permeability Units: meters/second
Failure Direction: Left to Right
Data Output: Standard
Maximum Material Properties: 20
Maximum Support Properties: 20

Analysis Options

Analysis Methods Used

- Bishop simplified
- Janbu corrected
- Lowe-Karafiath
- Spencer

Number of slices: 20
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50
Check $m\alpha < 0.2$: Yes
Initial trial value of FS: 1
Steffensen Iteration: Yes

Groundwater Analysis

Groundwater Method: Steady State FEA
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
Tolerance: 1e-006
Maximum number of iterations: 500
Advanced Groundwater Method: None
Mesh Element Type: 3 noded triangles
Number of Elements: 1169

Number of Nodes: 639

Random Numbers

Pseudo-random Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Surface Options

Surface Type: Circular
Search Method: Grid Search
Radius Increment: 10
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined

Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.5
1 Distributed Load present

Distributed Load 1

Distribution: Constant
Magnitude [kN/m²]: 10
Orientation: Normal to boundary

Material Properties

Property	Enrocado	Enrocado dentellon	filtro	nucleo
Color				
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m ³]	21	21	20	16
Cohesion [kPa]	0	0	0	20
Friction Angle [deg]	38	38	35	20
Unsaturated Shear Strength Angle [deg]	0	0	0	0
Air Entry Value [kPa]	0	0	0	0

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS: 1.579700

Center: 28.116, 14.365
Radius: 12.798
Left Slip Surface Endpoint: 16.160, 9.800
Right Slip Surface Endpoint: 29.873, 1.688
Resisting Moment=7388.25 kN-m
Driving Moment=4676.99 kN-m

Method: janbu corrected

FS: 1.590750
Center: 27.448, 16.370
Radius: 14.837
Left Slip Surface Endpoint: 14.145, 9.800
Right Slip Surface Endpoint: 29.828, 1.725
Resisting Horizontal Force=608.241 kN
Driving Horizontal Force=382.361 kN

Method: spencer

FS: 1.576030
Center: 28.116, 13.696
Radius: 12.145
Left Slip Surface Endpoint: 16.613, 9.800
Right Slip Surface Endpoint: 29.882, 1.681
Resisting Moment=6753.78 kN-m
Driving Moment=4285.32 kN-m
Resisting Horizontal Force=450.086 kN
Driving Horizontal Force=285.583 kN

Method: lowe-karafiath

FS: 1.609820
Center: 27.448, 17.039
Radius: 15.488
Left Slip Surface Endpoint: 13.755, 9.800
Right Slip Surface Endpoint: 29.819, 1.733
Resisting Horizontal Force=595.991 kN
Driving Horizontal Force=370.222 kN

Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 4679
Number of Invalid Surfaces: 172

Error Codes:

Error Code -103 reported for 70 surfaces
Error Code -108 reported for 36 surfaces
Error Code -1000 reported for 66 surfaces

Method: janbu corrected

Number of Valid Surfaces: 4511
Number of Invalid Surfaces: 340

Error Codes:

Error Code -103 reported for 70 surfaces
Error Code -108 reported for 204 surfaces
Error Code -1000 reported for 66 surfaces

Method: spencer

Number of Valid Surfaces: 2466
Number of Invalid Surfaces: 2385

Error Codes:

Error Code -103 reported for 70 surfaces
Error Code -108 reported for 1976 surfaces
Error Code -111 reported for 273 surfaces
Error Code -1000 reported for 66 surfaces

Method: lowe-karafiath

Number of Valid Surfaces: 2489
Number of Invalid Surfaces: 2362

Error Codes:

Error Code -103 reported for 70 surfaces
Error Code -108 reported for 1601 surfaces
Error Code -111 reported for 625 surfaces
Error Code -1000 reported for 66 surfaces

Error Codes

The following errors were encountered during the computation:

- 103 = Two surface / slope intersections, but one or more surface / nonslope external polygon intersections lie between them. This usually occurs when the slip surface extends past the bottom of the soil region, but may also occur on a benched slope model with two sets of Slope Limits.
- 108 = Total driving moment or total driving force < 0.1. This is to limit the calculation of extremely high safety factors if the driving force is very small (0.1 is an arbitrary number).
- 111 = safety factor equation did not converge
- 1000 = No valid slip surfaces are generated at a grid center. Unable to draw a surface.

Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.5797

Slice	Width	Weight	Base	Base	Base Friction	Shear	Shear	Base Normal	Pore	Effective Normal
-------	-------	--------	------	------	---------------	-------	-------	-------------	------	------------------

Number	[m]	[kN]	Material	[kPa]	Angle [degrees]	[kPa]	[kPa]	Stress [kPa]	[kPa]	Stress [kPa]
1	0.685643	8.21881	nucleo	20	20	11.7922	18.6281	-3.76922	-50.4284	-3.76922
2	0.685643	22.6377	nucleo	20	20	16.3608	25.8451	16.0593	-38.367	16.0593
3	0.685643	33.8712	nucleo	20	20	20.1397	31.8147	32.4607	-29.1151	32.4607
4	0.685643	43.1343	nucleo	20	20	23.3994	36.964	46.6083	-21.5697	46.6083
5	0.685643	50.9853	nucleo	20	20	26.2725	41.5026	59.0778	-15.2547	59.0778
6	0.685643	57.5375	nucleo	20	20	28.2894	44.6888	67.8318	-9.77587	67.8318
7	0.685643	58.8861	nucleo	20	20	27.8133	43.9367	65.7656	-5.10619	65.7656
8	0.685643	57.7321	nucleo	20	20	28.0024	44.2354	66.5863	-1.10922	66.5863
9	0.685643	55.9086	nucleo	20	20	27.4745	43.4015	66.5557	2.26067	64.2951
10	0.685643	53.4861	nucleo	20	20	26.5872	41.9998	65.5166	5.0725	60.4441
11	0.685643	50.5175	nucleo	20	20	25.5875	40.4205	63.4353	7.33057	56.1048
12	0.685643	47.0433	nucleo	20	20	24.4902	38.6871	60.3956	9.05305	51.3425
13	0.685643	43.0948	nucleo	20	20	23.3108	36.824	56.4598	10.2361	46.2237
14	0.685643	38.6957	nucleo	20	20	22.0434	34.822	51.6807	10.9575	40.7232
15	0.685643	33.8642	nucleo	20	20	20.6897	32.6835	46.0938	11.2462	34.8476
16	0.685643	28.6134	nucleo	20	20	19.2581	30.422	39.7227	11.0884	28.6343
17	0.685643	22.9522	nucleo	20	20	17.7645	28.0625	32.5823	10.4306	22.1517
18	0.685643	16.8858	nucleo	20	20	16.2405	25.6551	24.6821	9.14484	15.5373
19	0.685643	10.4156	nucleo	20	20	14.7675	23.3283	16.0329	6.88861	9.14427
20	0.685643	3.53981	nucleo	20	20	13.5412	21.391	6.66804	2.84621	3.82183

Global Minimum Query (janbu corrected) - Safety Factor: 1.59075

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.134782	0.37663	Enrocado	0	38	3.09364	4.92121	6.29887	-53.734	6.29887
2	0.153389	1.28876	filtro	0	35	4.31341	6.86156	9.79932	-51.2661	9.79932
3	0.855316	17.7585	nucleo	20	20	14.0888	22.4118	6.62625	-43.9802	6.62625
4	0.855316	34.0184	nucleo	20	20	18.2186	28.9812	24.6755	-33.1068	24.6755
5	0.855316	47.9204	nucleo	20	20	21.9204	34.8699	40.8547	-24.2169	40.8547
6	0.855316	59.6085	nucleo	20	20	25.186	40.0647	55.1273	-16.7482	55.1273
7	0.855316	69.5793	nucleo	20	20	28.0973	44.6958	67.8512	-10.3926	67.8512
8	0.855316	78.1428	nucleo	20	20	30.7083	48.8493	79.2627	-4.85996	79.2627
9	0.855316	84.8276	nucleo	20	20	32.1477	51.139	85.5538	-0.226444	85.5538
10	0.855316	83.328	nucleo	20	20	30.3578	48.2917	81.3797	3.64898	77.7307
11	0.855316	78.9806	nucleo	20	20	29.1594	46.3853	79.3123	6.81922	72.4931
12	0.855316	73.7683	nucleo	20	20	27.8102	44.239	75.9197	9.32358	66.5961
13	0.855316	67.7513	nucleo	20	20	26.3327	41.8887	71.2968	11.1583	60.1385
14	0.855316	60.9747	nucleo	20	20	24.7509	39.3725	65.5136	12.2881	53.2255
15	0.855316	53.4721	nucleo	20	20	23.0787	36.7124	58.6246	12.7076	45.917

16	0.855316	45.2674	nucleo	20	20	21.2868	33.8619	50.673	12.5878	38.0852
17	0.855316	36.3765	nucleo	20	20	19.3898	30.8443	41.6773	11.8827	29.7946
18	0.855316	26.8076	nucleo	20	20	17.4255	27.7195	31.6454	10.4361	21.2093
19	0.855316	16.5623	nucleo	20	20	15.4539	24.5832	20.5837	7.99138	12.5923
20	0.855316	5.63512	nucleo	20	20	13.724	21.8315	8.52716	3.49526	5.0319

Global Minimum Query (spencer) - Safety Factor: 1.57603

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.663444	8.39259	nucleo	20	20	12.3452	19.4564	-1.49364	-50.4218	-1.49364
2	0.663444	22.8974	nucleo	20	20	15.889	25.0416	13.8516	-37.7973	13.8516
3	0.663444	33.8988	nucleo	20	20	19.0182	29.9733	27.4014	-28.3929	27.4014
4	0.663444	42.8625	nucleo	20	20	21.9036	34.5207	39.8953	-20.8255	39.8953
5	0.663444	50.4062	nucleo	20	20	24.6018	38.7732	51.5789	-14.521	51.5789
6	0.663444	55.2437	nucleo	20	20	25.5542	40.2742	55.703	-9.12503	55.703
7	0.663444	55.1669	nucleo	20	20	26.0079	40.9892	57.6673	-4.50262	57.6673
8	0.663444	54.1565	nucleo	20	20	26.5746	41.8823	60.1211	-0.590077	60.1211
9	0.663444	52.4994	nucleo	20	20	26.3014	41.4518	61.6446	2.70628	58.9384
10	0.663444	50.266	nucleo	20	20	25.7836	40.6358	62.1362	5.43997	56.6962
11	0.663444	47.5087	nucleo	20	20	25.1597	39.6525	61.6272	7.63225	53.995
12	0.663444	44.2675	nucleo	20	20	24.444	38.5245	60.1555	9.25988	50.8957
13	0.663444	40.5729	nucleo	20	20	23.6253	37.2342	57.743	10.3924	47.3506
14	0.663444	36.4483	nucleo	20	20	22.694	35.7665	54.3941	11.0759	43.3182
15	0.663444	31.9111	nucleo	20	20	21.6428	34.1097	50.0984	11.3324	38.766
16	0.663444	26.9741	nucleo	20	20	20.4703	32.2618	44.8324	11.1435	33.6889
17	0.663444	21.6457	nucleo	20	20	19.1855	30.237	38.5618	10.4359	28.1259
18	0.663444	15.9306	nucleo	20	20	17.8029	28.0579	31.2418	9.10293	22.1389
19	0.663444	9.83002	nucleo	20	20	16.3969	25.842	22.8416	6.79089	16.0507
20	0.663444	3.34165	nucleo	20	20	15.0528	23.7237	13.0076	2.77678	10.2308

Global Minimum Query (lowe-karafiath) - Safety Factor: 1.60982

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.265397	1.34086	Enrocado	0	38	2.90591	4.678	5.98757	-52.1796	5.98757
2	0.164158	2.10516	filtro	0	35	4.31565	6.94742	9.92193	-48.8687	9.92193
3	0.868606	20.9795	nucleo	20	20	14.8774	23.9499	10.8523	-42.158	10.8523
4	0.868606	35.836	nucleo	20	20	17.9874	28.9564	24.6076	-32.0305	24.6076
5	0.868606	49.3891	nucleo	20	20	21.177	34.0911	38.7149	-23.5616	38.7149
6	0.868606	60.9021	nucleo	20	20	24.2978	39.1151	52.5184	-16.3557	52.5184
7	0.868606	70.7903	nucleo	20	20	27.3113	43.9662	65.8467	-10.171	65.8467
8	0.868606	79.3249	nucleo	20	20	29.4081	47.3417	75.1206	-4.76225	75.1206
9	0.868606	86.5126	nucleo	20	20	27.8491	44.8321	68.2257	-0.207695	68.2257

10	0.868606	86.1187	nucleo	20	20	27.3455	44.0213	69.6085	3.61038	65.9981
11	0.868606	81.5011	nucleo	20	20	29.7981	47.9695	83.5897	6.74421	76.8455
12	0.868606	76.0249	nucleo	20	20	29.0235	46.7226	82.6479	9.22824	73.4197
13	0.868606	69.7467	nucleo	20	20	27.9942	45.0657	79.9169	11.0497	68.8672
14	0.868606	62.7096	nucleo	20	20	26.7169	43.0094	75.4028	12.1848	63.218
15	0.868606	54.9455	nucleo	20	20	25.2046	40.5748	69.1343	12.6056	56.5287
16	0.868606	46.4777	nucleo	20	20	23.4254	37.7106	61.1431	12.4837	48.6594
17	0.868606	37.3212	nucleo	20	20	21.3997	34.4496	51.4851	11.7851	39.7
18	0.868606	27.4846	nucleo	20	20	19.1777	30.8726	40.2373	10.3651	29.8722
19	0.868606	16.9694	nucleo	20	20	16.8446	27.1168	27.5042	7.95083	19.5533
20	0.868606	5.77101	nucleo	20	20	14.684	23.6386	13.4899	3.49279	9.99707

A.2.2 Para el Diseño de los canales:

Para el diseño de los canales se utilizaron las pendientes recomendadas para un canal trapezoidal, según las nuestras tonadas en Chanduy el material es arcilloso y estos canales serán para transporte de aguas lluvias cuya pendiente recomendada es 1V:1.5H. El canal fue elaborado de hormigón por cuestiones de seguridad se trabaja con la misma pendiente (1V:1.5H).

Para los caudales de diseño se utilizó el método racional para un periodo de retorno de 100 años:

$$Q = \frac{C \cdot i \cdot A}{360} \quad (2.1)$$

Donde:

Q= caudal de diseño. [m³/seg]

C= coeficiente de escurrimiento.

I= intensidad de lluvia. [mm/h]

A= área de la cuenca. [km²]

En el caso de la intensidad de lluvia, podemos observar en la Figura B.3 las estaciones pluviométricas cercanas a Chanduy cuyo código es M1152 (SubeBaja).



Figura B.3 Mapa de estaciones pluviométricas.

Teniendo 18 datos de registros lluvia máximas diaria anual de la estación SubeBaja, y utilizando las distribuciones probabilísticas mencionadas en el capítulo 2, se realizó las respectivas proyecciones de las intensidades para un periodo de retorno de 100 años.

Tabla B.1 Proyecciones de precipitaciones. (Fuente Propia)

Precipitación diaria máxima (mm)					
Tr (años)	Gumbel	Log normal	Pearson tipo III	Log Pearson tipo III	Ln Pearson tipo III
2	58.551	57.218	55.207	51.397	51.397
5	88.115	83.267	80.132	77.355	77.355
10	107.690	101.309	98.288	102.982	102.982
25	132.422	124.875	122.124	148.698	148.698
50	150.769	142.938	140.204	195.621	195.621
75	161.434	153.685	150.829	229.522	229.522
100	168.981	161.408	158.396	257.052	257.052

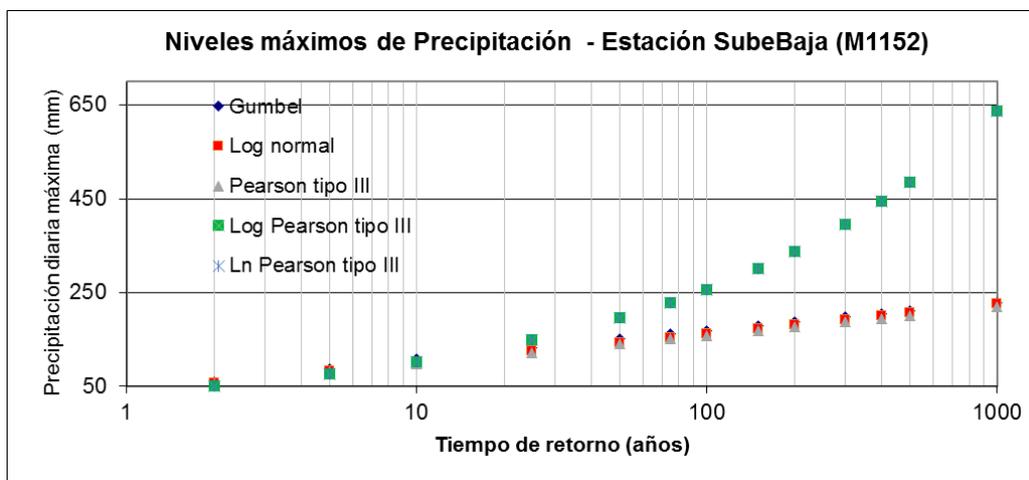


Figura B.4 Proyecciones de precipitaciones para distintos periodos de retorno. (Fuente Propia)

De las proyecciones realizadas se pudo observar que las distribuciones Log Pearson tipo III y Ln Pearson tipo III, hacen una proyección exagerada a la realidad debido al crecimiento exponencial, esto provoca un sobredimensionamiento de las estructuras, es por ello que se escogió como mejor opción la distribución Gumbel cuyo valor es de 168.98 mm/día.

Debido a los registros de duración de las precipitaciones en Chanduy es de 3 horas, el valor de intensidad para la zona de estudio fue de 56.33 mm/h, el coeficiente de escorrentía es 0.5 respectivamente.

Cálculo de los caudales para solución A, B y C

Datos:

C= 0.5

I= 56.33 [mm/h]

A= 200 [km²]

$$Q = \frac{0.5 * 56.33 * 200}{360}$$

$$Q = 15.65 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Tirante y ancho de solera

El tirante norma fue calculada a partir del método exacto ecuación (2.16). Del cual se asume una pendiente del canal de 0.003 con un coeficiente de manning de 0.014. (Chow, V.T, 1959)

$$Q = \frac{A * Rh^{2/3} * Sf^{1/2}}{n} \quad (2.16)$$

$$Q = \frac{(by + zy^2) * \left(\frac{by + zy^2}{b + 2y\sqrt{1 + z^2}} \right)^{2/3} * Sf^{1/2}}{n}$$

$$15.65 = \frac{(3y + 1.5y^2) * \left(\frac{3y + 1.5y^2}{3 + 2y\sqrt{1 + 1.5^2}} \right)^{2/3} * 0.003^{1/2}}{0.014}$$

$$Y_n = 2.5 \text{ m}$$

Entrando con el caudal de diseño de cada una de las soluciones, se pudo calcular el ancho de solera para el diseño los canales, estos valores no dependen del coeficiente de manning.

Para el canal A, B y C el ancho de solera es de 3 m y el tirante de 2.5 m respectivamente. (Figura 2.8).

Borde libre

Tabla B.2 Borde libre en canales revestidos de concreto. MOFFAT et. al, (2001)

Caudal (m ³ /s)	Borde libre (m)	Sobrebordo (m)
0-0.5	0.15	0.15
0.5-1	0.2	0.15
1-3	0.25	0.2
3-10	0.3	0.2
10-20	0.35	0.2
20-40	0.4	0.25
40-60	0.5	0.25
60-100	0.6	0.3

Considerando el sobrebordo, se tiene un valor para las solución A, B y C de 0.55 m.

Cálculo de propiedades hidráulicas del canal.

Área mojada.

$$A = by + zy^2 \text{ [m}^2\text{]} \quad (\text{B.1})$$

Perímetro mojado.

$$P = b + 2y \sqrt{1 + z^2} \text{ [m]} \quad (\text{B.2})$$

Radio hidráulico.

$$R_h = \frac{A}{P} \text{ [m]} \quad (\text{B.3})$$

Espejo de agua.

$$T = b + 2zy \text{ [m]} \quad (\text{B.4})$$

Propiedades hidráulicas del canal.

Datos:

$$Y = 2.5 \text{ [m]}$$

$$b = 3 \text{ [m]}$$

$$z = 1.5$$

$$A = 3 * 2.5 + 1.5 * 2.5^2 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$A = 16.88 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$P = 3 + 2 * 2.5 \sqrt{1 + 1.5^2} \text{ [m]}$$

$$P = 12.01 \text{ [m]}$$

$$Rh = \frac{16.88}{12.01} [m]$$

$$Rh = 1.40 [m]$$

$$T = 3 + 2 * 1.5 * 2.5 [m]$$

$$T = 10.5 [m]$$

Para el refuerzo del diseño del canal se utilizó las recomendaciones que da la Normativa Ecuatoriana de la Construcción (NEC, 2015).

APÉNDICE C

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla C.1 Rubros de la solución A, dique y canal. (Fuente Propia)	102
Tabla C.2 Rubros de la solución B, dique y canal. (Fuente Propia)	104
Tabla C.3 Rubros de la solución C, dique y canal. (Fuente Propia)	106
Tabla C.4 Cronograma de actividades solución A. (Fuente Propia).....	108
Tabla C.5 Cronograma de actividades solución B. (Fuente Propia).....	109
Tabla C.6 Cronograma de actividades solución C. (Fuente Propia).....	110

Especificaciones técnicas.

Recomendaciones generales (SUIA, 2019).

Fase de diseño.

- Realizar un análisis de estabilidad del suelo sobre el cual se construirá el dique.
- Considerar realizar un estudio preliminar, de las condiciones del entorno con la finalidad de identificar materiales aptos para la construcción.
- Los trabajadores deben tener equipos de protección personal durante toda la construcción del dique, debe haber señalización de advertencia dependiendo de la actividad.
- En caso de que la construcción se realice cercana al mar, solicitar los permisos otorgados por la autoridad competente de dicha actividad.

Fase de construcción.

- Revisar la calidad de los materiales que llegan a la zona de construcción, que estén libre de aceites e impurezas.
- Mantener en completo orden la zona donde se reciben los materiales.
- Aprovechar los materiales en su totalidad para reducir desperdicios.
- Dar constante capacitación al personal de la obra, para que sepan cómo proceder ante algún accidente.

Especificaciones técnicas del dique.

Construcción del núcleo. (USBR, 1987)

- Para evitar el paso del agua se recomienda un material arcilloso, no expansivo utilizar partículas inferiores a 2 micras. Realizar los ensayos de Límites de Atterberg para conocer su humedad y la cohesión.
- El grado de compactación del núcleo debe ser por lo menos de 99%, realizar ensayo de Densidad de campo para comprobar que se cumpla este porcentaje por medio del densímetro nuclear.

- Las pendientes recomendadas para el núcleo dependiendo del material en el caso de arcillas 1V:1.5H pudiendo extenderse más dependiendo de las características del material.
- Para la creación del núcleo compactar por capas de 30 cm con rodillo de patas de cabra para arcilla.
- Realizar ensayos para conocer la Cohesión, peso específico y ángulo de fricción interna del material para realizar un análisis de estabilidad.
- La arcilla debe presentar baja permeabilidad para que impida el paso del agua.

Geomembrana NT 3000.

- La geomembrana debe estar libre de aceites e impurezas.
- La zona de traslape con costura considerar 2/3 de su longitud una sobre otra geomembrana.
- Estar libres de la exposición del sol debido a que podría afectar las propiedades del material.
- No debe presentar orificios ni cortes que son realizados accidentalmente.
- El material puede ser de fibra sintética que cumpla la Norma AASHTO M-288-96.

Filtro.

- El material debe ser granular, de forma angular de granulometría variada entre 5-15 cm.
- Debe ser resistente a la abrasión y tener menos de 35% de pérdidas en peso después de 500 revoluciones).
- Debe ser colocado y compactado con una compactadora manual.

Enrocado.

- El material rocoso deberá venir de canteras cercanas, las rocas deben ser sanas, duras y durables. El tamaño del material utilizado dependerá del oleaje en la zona en nuestro caso de 4-5 toneladas cada roca.
- Tendrá un pie colocando rocas horizontales de 1 metro de altura para evitar la erosión de la playa hacia la estructura.

- La pendiente recomendada para el enrocado es de 1v:2H según el oleaje de la zona.
- La colocación de las rocas serán por medio de métodos mecánicos siendo estas grúas.

Especificaciones técnicas del canal.

Hormigón

- Realizar especímenes en moldes de acuerdo a la norma (ASTM C 39).
- Ensayar los especímenes, con la finalidad de obtener la resistencia de diseño (ASTM C 39).
- Conocer el módulo de elasticidad del hormigón.
- El curado del hormigón es importante para evitar pérdida de resistencia.

Acero

- Las varillas de acero de sección circular, con resaltes transversales deben cumplir con las norma AWS D1.4 (NEC, 2015).
- Deben estar libre de impurezas y grasas al momento de su colocación.
- Evitar varillas muy oxidadas, lo que reduciría la sección transversal de las mismas.

Rubros

A continuación se presentan los rubros de las distintas soluciones ingenieriles y sus respectivos cronogramas de actividades.

Rubro de la solución A, dique y canal.

Tabla C.1 Rubros de la solución A, dique y canal. (Fuente Propia)

Presupuesto de obra dique y canal A								
Código	Rubro	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Precio total		Duración teórica	Predecesoras
EDT 1	Obras preliminares					Obras preliminares		
1	Trazado y replanteo	16.55	ha	892.13	14764.75	47217.49	5.1719	
2	Caseta de obra	38	m2	53.23	2022.74		5.2778	1
3	Remoción de capa vegetal existente	179000	m2	0.17	30430.00		2.2375	1
EDT 2	Construcción del dique					Construcción del dique		
4	Geotextil NT 3000	63000	m2	4.8	302400.00	10140112.50	20.1923	7
5	Excavación para el Dentellón arcilla	70000	m3	1.5	105000.00		14.5833	3
6	Excavación para el Dentellón roca	18000	m3	1.4	25200.00		3.7500	3
7	Construcción del núcleo	615600	m3	6.09	3749004.00		197.3077	11
8	Construcción del filtro	22050	m3	11.97	263938.50		13.3799	7
9	Construcción del enrocado	136125	m3	4.2	571725.00		43.6298	8
10	Construcción del Dentellón	31500	m3	4.2	132300.00		10.0962	14
11	Transporte del material para el núcleo	21546000	m3/km	0.17	3662820.00		269.3250	3
12	Transporte del material para el filtro	771750	m3/km	0.2	154350.00		11.4844	3
13	Transporte del material para el enrocado	4764375	m3/km	0.2	952875.00		70.8984	3

14	Transporte del material para el Dentellón	1102500	m3/km	0.2	220500.00		16.4063	3
EDT 3	Construcción del Canal					Construcción del Canal		
15	Excavación para Canal	96000	m3	1.33	127680.00	6070372.00	19.04000	3
16	Refuerzo del canal	106800	kg	10.59	1131012.00		89.00000	15
17	Hormigón fc 350	16000	m3	300.73	4811680.00		20.00000	16
EDT 4	Componente SSA					Componente SSA		
18	Baterías sanitarias	4	mes	836	3344.00	4489.50	0.5000	2
19	Letreros	2	u	448.11	896.22		0.2083	1
20	Trípticos	2000	u	0.07	140.00		0.5000	16
21	control de polvo	2	u	3.72	7.44		0.0008	7
22	control de ruido	2	u	25.84	51.68		0.0147	9
23	Control de calidad de aire	2	u	25.08	50.16		0.0086	10
					Total			
						16262191.49		

Precio de metro lineal

3613.82

Tiempo de construcción

Días

813

Años

2.2

Rubro de la solución B, dique y canal.

Tabla C.2 Rubros de la solución B, dique y canal. (Fuente Propia)

Presupuesto de obra dique y canal B								
Código	Rubro	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Precio total	Obras preliminares	Duración teórica	Predecesoras
EDT 1	Obras preliminares					49230.93		
1	Trazado y replanteo	17.13	ha	892.13	15282.19		5.3531	
2	Caseta de obra	38	m2	53.23	2022.74		5.2778	1
3	Remoción de capa vegetal existente	187800	m2	0.17	31926.00		2.3475	1
EDT 2	Construcción del dique					Construcción del dique		
4	Geotextil NT 3000	70000	m2	4.8	336000.00	14685995.00	22.4359	7
5	Excavación para el Dentellón arcilla	70000	m3	1.5	105000.00		15.6250	3
6	Excavación para el Dentellón roca	20000	m3	1.5	30000.00		4.4643	3
7	Construcción del núcleo	684000	m3	6.24	4268160.00		225.0000	11
8	Construcción del filtro	24500	m3	12.33	302085.00		15.3125	7
9	Construcción del enrocado	151250	m3	4.76	719950.00		49.7533	8
10	Construcción del Dentellón	35000	m3	4.76	166600.00		11.5132	14
11	Transporte del material para el núcleo (DMT=40km)	27360000	m3/km	0.24	6566400.00		267.1875	3
12	Transporte del material para el filtro	980000	m3/km	0.26	254800.00		19.1406	3
13	Transporte del material para el enrocado	6050000	m3/km	0.26	1573000.00		118.1641	3

14	Transporte del material para el Dentellón	1400000	m3/km	0.26	364000.00		27.3438	3
EDT 3	Construcción del Canal					Construcción del Canal		
15	Excavación para Canal	86400	m3	1.33	114912.00	5463334.80	17.14000	3
16	Refuerzo del canal	96120	kg	10.59	1017910.80		80.10000	15
17	Hormigón fc 350	14400	m3	300.73	4330512.00		18.00000	16
EDT 4	Componente SSA							
18	Baterías sanitarias	4	mes	836	3344.00	Componente SSA	0.5000	2
19	Letreros	2	u	448.11	896.22	4489.50	0.2083	1
20	Trípticos	2000	u	0.07	140.00		0.5000	16
21	control de polvo	2	u	3.72	7.44		0.0008	7
22	control de ruido	2	u	25.84	51.68		0.0147	9
23	Control de calidad de aire	2	u	25.08	50.16		0.0086	10
					Total		20203050.23	

Precio de metro lineal 4040.61

Tiempo de construcción

Días 905

Años 2.5

Rubro de la solución C, dique y canal.

Tabla C.3 Rubros de la solución C, dique y canal. (Fuente Propia)

Presupuesto de obra dique y canal C								
Código	Rubro	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Precio total	Obras preliminares	Duración teórica	Predecesoras
EDT 1	Obras preliminares							
1	Trazado y replanteo	32.12	ha	903.31	29014.32	61630.88	10.2949	
2	Caseta de obra	56	m2	53.23	2980.88		7.7778	1
3	Remoción de capa vegetal existente	345000	m2	0.17	58650.00		4.3125	1
EDT 2	Construcción del dique					Construcción del dique		
4	Geotextil NT 3000	112000	m2	4.8	537600.00		35.8974	7
5	Excavación para el Dentellón arcilla	112000	m3	1.38	154560.00		22.9508	3
6	Excavación para el Dentellón roca	32000	m3	1.38	44160.00		6.5574	3
7	Construcción del núcleo	1094400	m3	5.8	6347520.00		664.0777	11
8	Construcción del filtro	39200	m3	11.97	469224.00		24.5000	7
9	Construcción del enrocado	242000	m3	4.43	1072060.00		73.7805	8
10	Construcción del Dentellón	56000	m3	4.43	248080.00		17.0732	14
11	Transporte del material para el núcleo	38304000	m3/km	0.19	7277760.00		684.0000	3
12	Transporte del material para el filtro	1372000	m3/km	0.24	329280.00		24.5000	3
13	Transporte del material para el enrocado	8470000	m3/km	0.24	2032800.00		151.2500	3
14	Transporte del material para el Dentellón	1960000	m3/km	0.24	470400.00		35.0000	3

EDT 3	Construcción del Canal					Construcción del Canal		
15	Excavación para Canal	240000	m3	1.33	319200.00	15175930.00	47.61000	3
16	Refuerzo del canal	267000	kg	10.59	2827530.00		222.50000	15
17	Hormigón fc 350	40000	m3	300.73	12029200.00		50.00000	16
EDT 4	Componente SSA					Componente SSA		
18	Baterías sanitarias	4	mes	836	3344.00	34254757.98	0.5000	2
19	Letreros	2	u	448.11	896.22		0.2083	1
20	Trípticos	2000	u	0.07	140.00		0.5000	16
21	control de polvo	2	u	3.72	7.44		0.0008	7
22	control de ruido	2	u	25.84	51.68		0.0147	9
23	Control de calidad de aire	2	u	25.08	50.16		0.0086	10
					Total	34254508.70		

Precio de metro
lineal

4281.81

Tiempo de construcción

Días
Años

2083
5.7

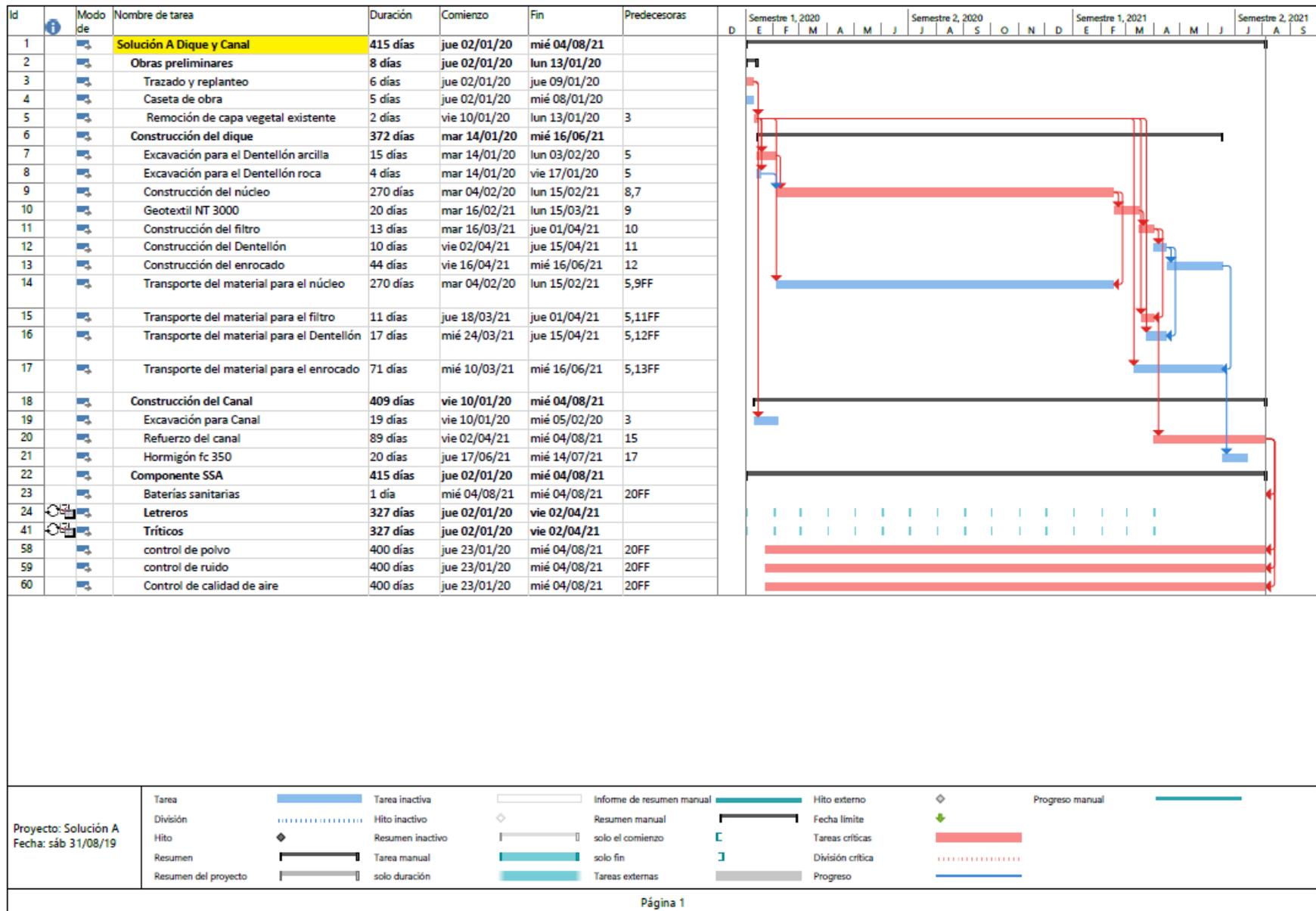


Tabla C.4 Cronograma de actividades solución A. (Fuente Propia)

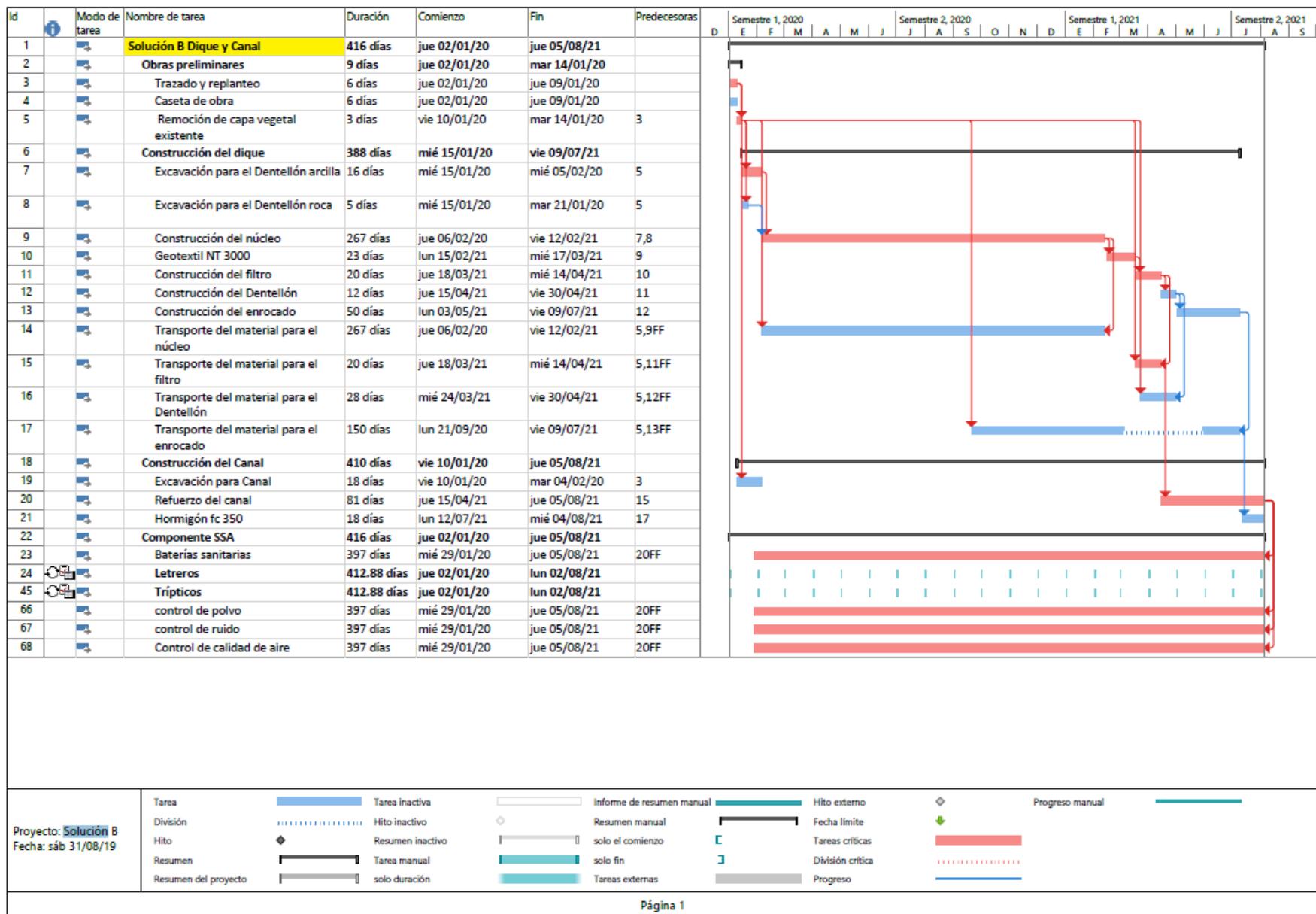


Tabla C.5 Cronograma de actividades solución B. (Fuente Propia)

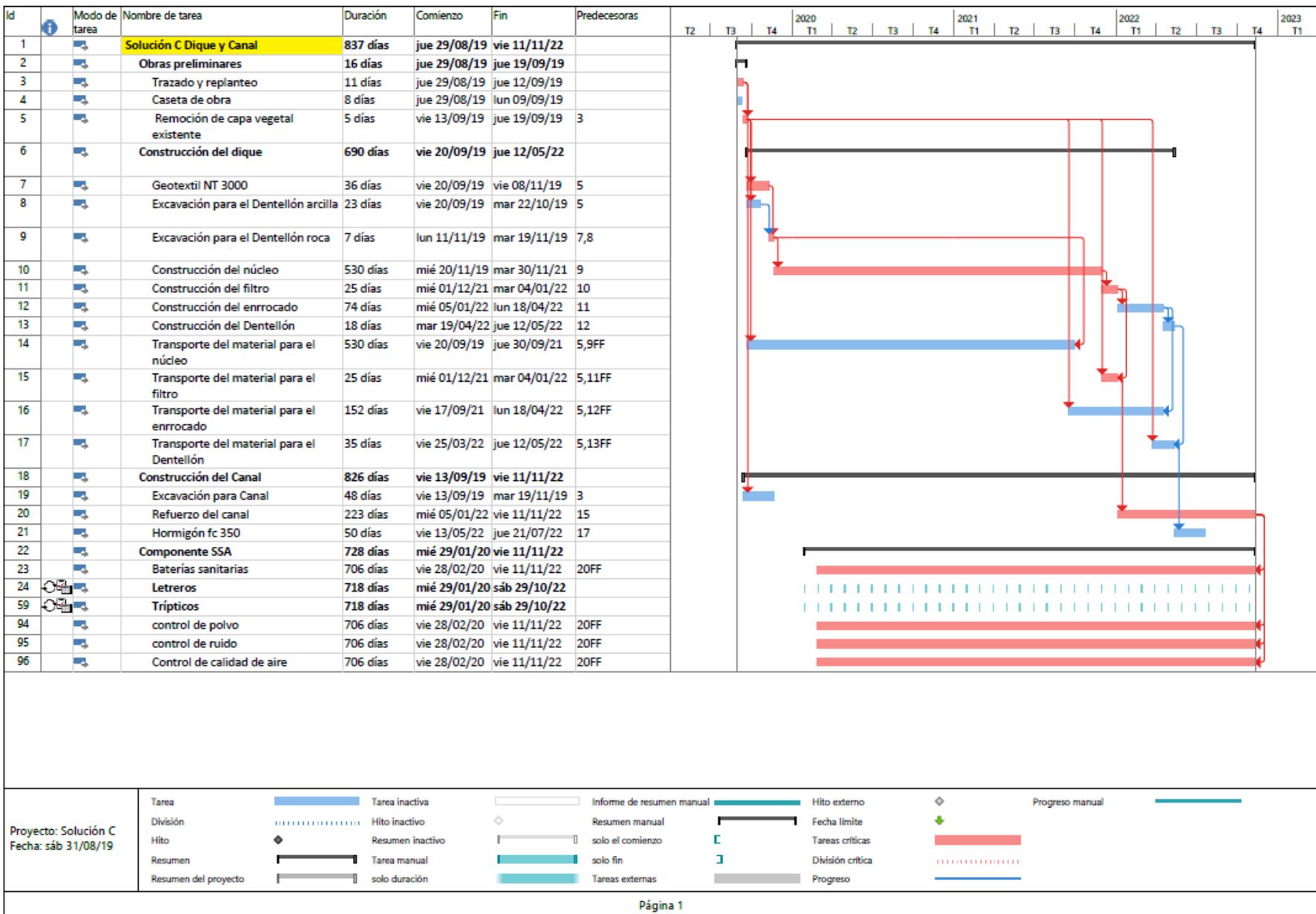


Tabla C.6 Cronograma de actividades solución C. (Fuente Propia)

APÉNDICE D

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura D.1 Ubicación del Proyecto (Fuente: google earth pro).....	113
Figura D.2 Certificado ambiental (SUIA, 2016)	115
Figura D.3 Datos del proyecto generado (SUIA, 2019)	115
Figura D.4 Certificado de intercepción. (SUIA, 2019).....	118
Figura D.5 Mapa temático de certificado de intercepción. (SUIA, 2019)	119

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla D.1 Coordenadas del proyecto (Fuente Propia).....	113
Tabla D.2 Reformas del Libro VI del TULSMA (Fuente: Propia)	114

Antecedentes

El proyecto se encuentra ubicado en la Provincia de Santa Elena, Parroquia Rural Chanduy, de manera referencial estará ubicado donde actualmente existen camaroneras como podemos apreciar en la figura 1.



Figura D.1 Ubicación del Proyecto (Fuente: google earth pro)

Tabla D.1 Coordenadas del proyecto (Fuente Propia).

Sistema	Datum	Componentes	Coordenadas	
			Metros este	Metros Norte
Coordenadas UTM Zona 17 Sur	Horizontal WGS 1984	Coordenadas	542711.00	9728542.00
		Elevación	Nivel del mar	

Según la ley de gestión ambiental, el Art. 19 Capítulo II DE LA EVALUACION DE IMPACTO Y CONTROL AMBIENTAL, establece que los proyectos de inversión pública o privada y las obras públicas, privadas o mixtas que ocasionen impactos ambientales. Se los calificará previamente a su ejecución, por organismos descentralizados de control, como lo amerita el SUIA.

También es importante considerar el Libro VI del TULSMA con los acuerdos ministerial 028 y 061, el cual nos indica los pasos a seguir por parte de la persona que realiza el trámite de acuerdo a la siguiente tabla:

Acuerdo Ministerial (Art. 028)	Acuerdo Ministerial (Art. 061)	Pasos a seguir
Categoría I	Certificado Ambiental	<ol style="list-style-type: none"> 1. Emisión del Certificado Ambiental 2. Descarga de la Guía Buenas Prácticas Ambiental
Categoría II	Registro Ambiental	<ol style="list-style-type: none"> 1. Certificado de intersección 2. Descarga del Plan de Manejo Ambiental 3. Pago de servicios administrativos 4. Emisión de Rechisto Ambiental
Categoría III	Licencia Ambiental	<ol style="list-style-type: none"> 1. Certificado de intersección 2. Descarga de Términos de Referencia 3. Estudio de Impacto Ambiental 4. Proceso de Participación Social. 5. Plan de Manejo Ambiental
Categoría IV		<ol style="list-style-type: none"> 6. Pago de servicios administrativos y presentación de pólizas de fiel cumplimiento 7. Emisión de Licencia Ambiental

Tabla D.2 Reformas del Libro VI del TULSMA (Fuente: Propia)

El siguiente proyecto consiste en la construcción de un dique Rompeolas, con su respectivo canal, en la Costa de Chanduy (Santa Elena), cuya área de construcción es de 240000 m². Tratando de aprovechar la arcilla presente en la zona lo cual no existirá un gran impacto ambiental, por esta razón el proyecto se ubica en la Categoría I según el Acuerdo Ministerial 028, sin ser de carácter obligatorio. Pero se requiere que una persona encargada llene el formulario de registro en la página oficial del SUIA.

A continuación se presenta el registro en la página del SUIA en el cual nos muestra el trámite correspondiente a nuestra actividad:

Actividad * ? ✓ Seleccionar

Antes de continuar, debe identificar la actividad económica a realizar/realizada en su obra o proyecto.

Descripción de la actividad	CONSTRUCCIÓN DE MUROS DE GAVIONES Y ESCOLLERAS
Su trámite corresponde a un(a)	CERTIFICADO AMBIENTAL
Tiempo de emisión	Inmediato.
Costo del trámite	No tiene. (Tiene un costo si existe remoción de cobertura vegetal nativa)

Figura D.2 Certificado ambiental (SUIA, 2016)

Según el trámite realizado nuestro proyecto corresponde a un Certificado Ambiental sin embargo este presenta un área de 240000 m², por esta razón nuestro proyecto está catalogado como categoría 1 según el Art. 25, el cual se recomienda uso de la Guía de buenas prácticas ambientales.

La imagen que se presenta a continuación detalla las características del proyecto como la actividad a realizar, ubicación geográfica, dirección del proyecto y coordenadas.

Detalles del Proyecto

Código	MAE-RA-2019-435079	Sector	Otros Sectores
Fecha de registro	29/08/2019	Superficie	240000.0 m2
Proponente	RALACIOS MONTES LUIS GUSTAVO	Remoción Cobertura Vegetal Nativa	Si
Ente responsable	GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO PROVINCIAL DE SANTA ELENA		

Nombre del Proyecto, obra o actividad: Construcción de Dique Rompeolas en la Costa de Chanduy.
 Resumen del Proyecto, obra o actividad: El siguiente proyecto tiene como finalidad la construcción de un Dique Rompeolas en la localidad de Chanduy, para la protección de un Puerto Espacial ante el

Actividad

Descripción de la actividad	CONSTRUCCIÓN DE MUROS DE GAVIONES Y ESCOLLERAS
Su trámite corresponde a un(a)	CERTIFICADO AMBIENTAL
Tiempo de emisión	Inmediato.
Costo del trámite	No tiene. (Tiene un costo si existe remoción de cobertura vegetal nativa)

Ubicación geográfica

Tipo de zona: Rural

Provincia	Cantón	Parroquia
SANTA ELENA	SANTA ELENA	CHANDUY

Dirección del proyecto, obra o actividad

Chanduy (Santa Elena)

Sistema de referencias (Formato: sistema WGS84, zona 17S)

Formato de Coordenadas: WGS84

Grupo de coordenadas 1 (Polígono)					
Shape	X	Y	Tipo	Descripción	Zona
1	539160	9731627	Polígono	Inicio del levantamiento	17S
2	539170	9731639	Polígono		17S
3	545936	9725607	Polígono		17S
4	545916	9725585	Polígono		17S
5	539160	9731627	Polígono	Punto de cierre	17S

Figura D.3 Datos del proyecto generado (SUIA, 2019)

Con lo que le compete a la ley, se pudo obtener la Guía de Buenas Prácticas y el Certificado Ambiental, también pudimos corroborar que nuestro proyecto no intersecta ningún área protegida de acuerdo a MAE-SUIA-RA-DPASE-2019-204280 según el mapa generado. A continuación se detallan las actividades recomendadas por la Guía de Buenas Practicas:

Durante la construcción se deben tomar en cuenta las siguientes recomendaciones para la construcción de muros de gaviones y escolleras.

Respecto a los materiales

- Con la finalidad de preservar la calidad de los materiales en todas sus fases, es necesario realizar inspecciones visuales.
- La zona de recepción y acopio siempre debe permanecer ordenada.
- Utilizar lonas y elementos separadores del suelo para proteger los materiales y herramientas de parámetros meteorológicos (sol, lluvia, humedad).
- Reducir la cantidad de residuos al aprovechar al máximo todos los materiales.
- Administrar de manera adecuada, todos los elementos potencialmente reutilizables.
- En caso de accidente, los trabajadores deberán conocer el procedimiento a seguir.

Respecto a uso de suelos y ocupación

- Efectuar un correcto acopio de los materiales para garantizar una correcta gestión de uso del suelo.
- Conservar los manifiestos de entrega a los estores ambientales autorizados de elementos como aceites y líquidos. Se deberá evitar el derrame de estos.
- Preservar la flora que pudiera ser afectada por el uso de la maquinaria.

Respecto a emisiones

- Monitorear la dirección del viento para prevenir las exposiciones de ruido y polvo.
- Evitar las actividades que generen ruidos molestos, sobre todo en el horario nocturno.
- Administrar horarios fijos de recepción n de materiales de construcción y trabajo de maquinaria.
- Apagar los motores de la maquinaria que no se encuentre en funcionamiento o en proceso de descarga de materiales.
- Los trabajadores deberán utilizar sus Equipos de Protección Personal para mitigar la contaminación por ruido.
- Evitar la generación de partículas de polvo y el uso no adecuado de equipos de comunicación.

Respecto a Energía

- Realizar la jornada laboral durante el día para aprovechar la luz natural.
- Apagar los equipos que no se estén utilizando.

Para el caso de los canales el SUIA no especifica la actividad específica a realizarse por lo que no se pudo determinar el tipo de permiso necesario para la construcción de los canales.

A continuación se detalla que certificado emitido por el SUIA, y mapa temático que indica que no interseca ningún área protegida para la construcción del dique.



Sr. Proponente
PALACIOS MONTES LUIS GUSTAVO
En su despacho

**CERTIFICADO DE INTERSECCIÓN CON EL SISTEMA NACIONAL DE ÁREAS PROTEGIDAS (SNAP), PATRIMONIO FORESTAL DEL ESTADO (PFE), BOSQUES Y VEGETACIÓN PROTECTORA (BVP), PARA EL PROYECTO:
"CONSTRUCCIÓN DE DIQUE ROMPEOLAS EN LA COSTA DE CHANDUY., UBICADO EN LA/S PROVINCIA/S DE (SANTA ELENA)"**

1.-ANTECEDENTES

Con la finalidad de obtener el Certificado de Intersección con el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), Patrimonio Forestal del Estado (PFE), Bosques y Vegetación Protectora (BVP), el/la Sr. PALACIOS MONTES LUIS GUSTAVO como Proponente del proyecto obra o actividad, solicita a esta Cartera de Estado, emitir el Certificado de Intersección para el Proyecto: CONSTRUCCIÓN DE DIQUE ROMPEOLAS EN LA COSTA DE CHANDUY., ubicado en la/s provincia/s de (SANTA ELENA).

2.-ANÁLISIS DE LA DOCUMENTACIÓN PRESENTADA

El señor/a proponente, remite la Información del proyecto, obra o actividad en coordenadas UTM en el sistema de referencia DATUM: WGS-84 Zona 17 Sur, la misma que es sobrepuesta automáticamente por el Sistema Único de Información Ambiental (SUIA) con las coberturas geográficas oficiales del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), Patrimonio Forestal del Estado (PFE), Bosques y Vegetación Protectora (BVP) del Ministerio del Ambiente.

Del análisis automático de la Información a través del Sistema SUIA, se obtiene que el proyecto, obra o actividad CONSTRUCCIÓN DE DIQUE ROMPEOLAS EN LA COSTA DE CHANDUY., ubicado en la/s provincia/s de (SANTA ELENA), **NO INTERSECTA** con el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), Patrimonio Forestal del Estado (PFE), Bosques y Vegetación Protectora (BVP).

3.-CERTIFICADO DE INTERSECCIÓN AUTOMÁTICO

En base al Acuerdo Ministerial No. 389 del 08 de diciembre de 2014, en el cual se establece que el Director Nacional de Prevención de la Contaminación Ambiental suscribirá a Nivel Nacional los Certificados de Intersección.

4.-CATÁLOGO DE PROYECTOS, OBRAS O ACTIVIDADES:

De la Información remitida por, Sr. PALACIOS MONTES LUIS GUSTAVO como Proponente del proyecto, obra o actividad; y de acuerdo al Catálogo de Proyectos, Obras o Actividades emitido mediante acuerdo Ministerial No. 061 del 04 de mayo del 2015, publicado en el Registro Oficial No. 316 del lunes 04 de mayo del 2015, se determina:

41.03.08 CONSTRUCCIÓN DE MUROS DE GAVIONES Y ESCOLLERAS, corresponde a: **CERTIFICADO AMBIENTAL**.

5.-CÓDIGO DE PROYECTO: MAE-RA-2019-436023

El trámite de Regularización Ambiental de su proyecto debe continuar en GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO PROVINCIAL DE SANTA ELENA, localizado en la Jurisdicción Territorial de la Provincia

Atentamente,

Ing. ROBERTO ENRIQUE GAVILANEZ TORRES
DIRECTOR NACIONAL DE PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL, SUBROGANTE

Yo, PALACIOS MONTES LUIS GUSTAVO con cédula de Identidad 0940523749, declaro bajo juramento que toda la Información Ingresada corresponde a la realidad y reconozco la responsabilidad que genera la falsedad u ocultamiento de proporcionar datos falsos o errados, en atención a lo que establece el artículo 255 del Código Orgánico Integral Penal, que señala: Falsedad u ocultamiento de información ambiental.- La persona que emita o proporcione Información falsa u oculte Información que sea de sustento para la emisión y otorgamiento de permisos ambientales, estudios de Impactos ambientales, auditorías y diagnósticos ambientales, permisos o licencias de aprovechamiento forestal, que provoquen el cometimiento de un error por parte de la autoridad ambiental, será sancionada con pena privativa de libertad de uno a tres años.

Atentamente,
PALACIOS MONTES LUIS GUSTAVO
0940523749

Figura D.4 Certificado de intercepción. (SUIA, 2019)

EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES
 CERTIFICADO DE INTERSECCIÓN
 Construcción de Dique Rompeolas en la Costa de Chanduy.

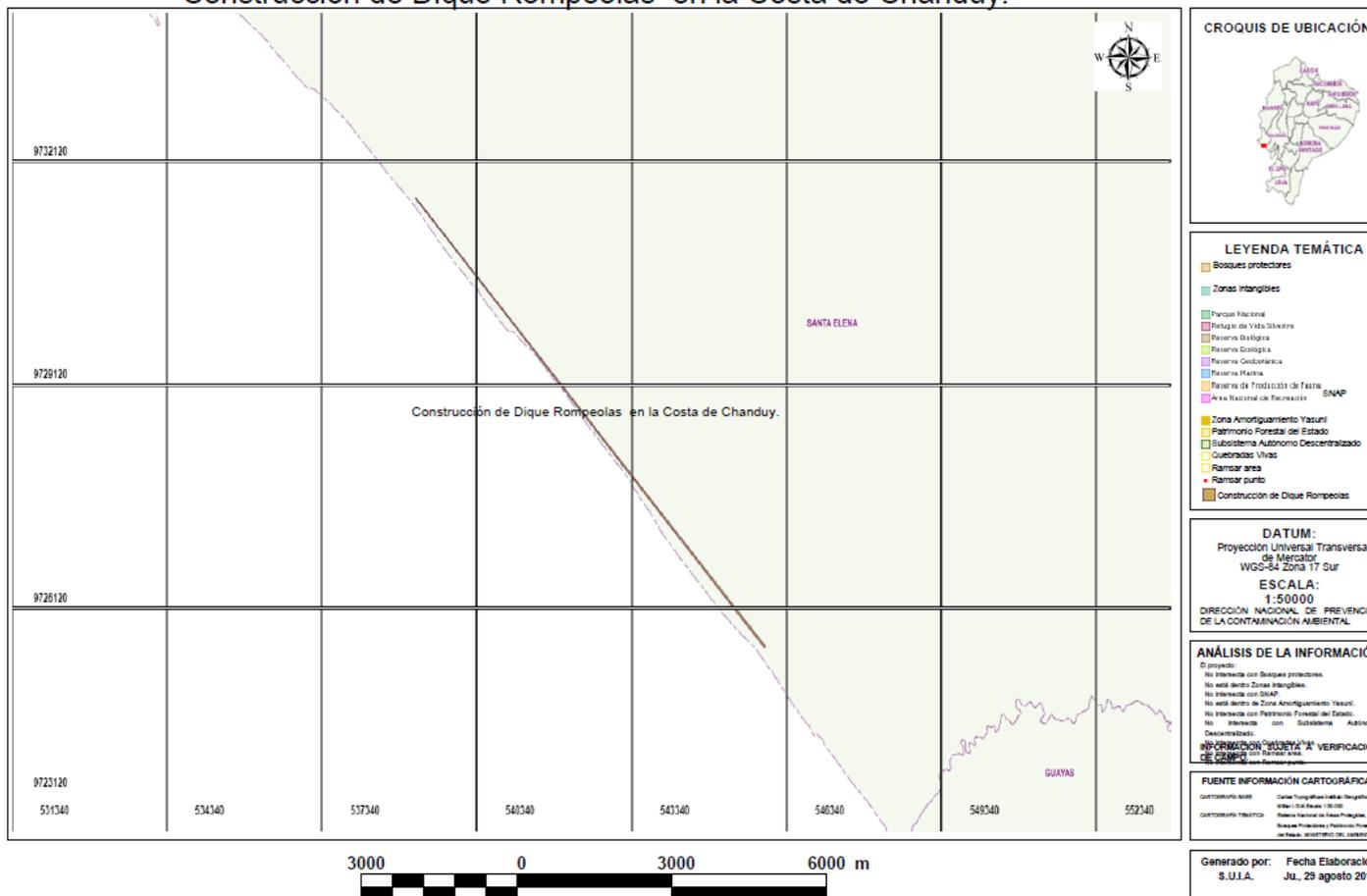
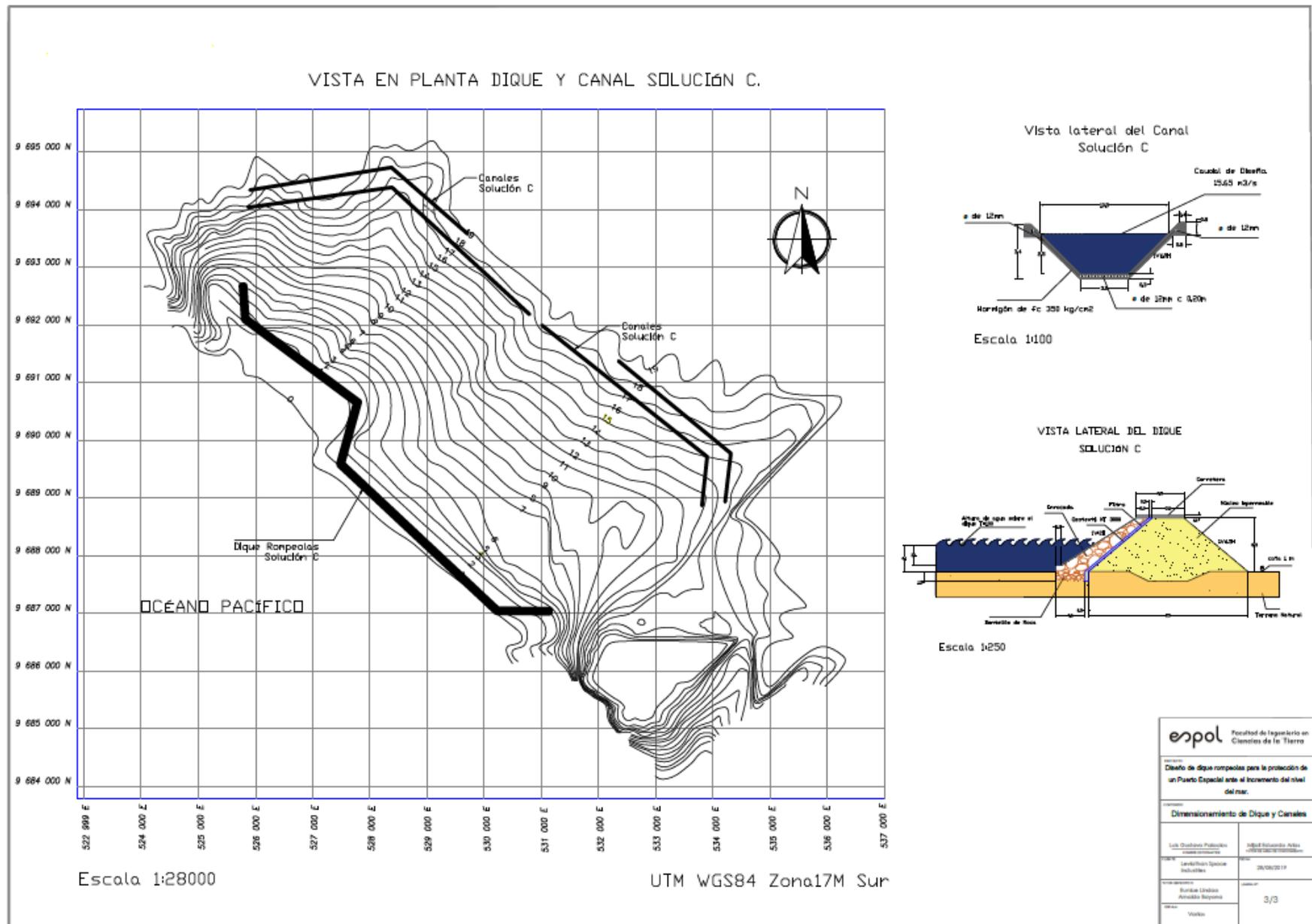


Figura D.5 Mapa temático de certificado de intersección. (SUIA, 2019)



Plano 3. Vista transversal y en planta de la solución C

