

**APOYO TÉCNICO EN CONSULTORÍA PARA LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE  
LOCACIONES PETROLERAS EN LA CUENCA DEL VALLE INFERIOR DEL  
MAGDALENA, COLOMBIA**

**Presentado por:**

**Laura Victoria Caballero Díaz**

**ID: 000292688**

**Universidad Pontificia Bolivariana – Seccional Bucaramanga**

**Escuela de Ingeniería**

**Bucaramanga**

**2019**

**APOYO TÉCNICO EN CONSULTORÍA PARA LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE  
LOCACIONES PETROLERAS EN LA CUENCA DEL VALLE INFERIOR  
DEL MAGDALENA, COLOMBIA**

**Laura Victoria Caballero Díaz**

**ID: 000292688**

**Proyecto de grado presentado como requisito para optar por el título de:**

**INGENIERA CIVIL**

**Supervisor Académico:**

**Elkin Mauricio López Morantes**

**Supervisor Empresarial:**

**Juan Carlos Villamizar Miranda**

**Universidad Pontificia Bolivariana – Seccional Bucaramanga**

**Escuela de Ingeniería**

**Bucaramanga**

**2019**

## **DEDICATORIA**

*Este trabajo está dedicado a mis padres, por todo su amor y apoyo incondicional. Gracias por darme el mejor regalo que se puede dar a una persona, creer en mí. Los amo.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Mis más sinceros agradecimientos a:

A Dios, por guiarme, bendecirme y por permitirme alcanzar mis metas.

A la Universidad Pontificia Bolivariana, a los profesores de la facultad de Ingeniería Civil por todo el conocimiento brindado y a mi supervisor académico Elkin Mauricio López Morantes, por guiarme durante el desarrollo de este proyecto.

A GRADEX INGENIERÍA S.A. por darme la oportunidad de realizar la práctica en su empresa, por confiar en mí y ayudarme en mi proceso formativo; especialmente a los ingenieros Juan Carlos Villamizar y Miller Hernández, por guiarme y enseñarme tanto.

A mi novio, por siempre escucharme, apoyarme y por brindarme su amor cada día.

A mis amigas y compañeros de carrera, por todo el apoyo, cariño y comprensión durante esta etapa de formación.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>2</b>
2.1	Objetivo general.....	2
2.2	Objetivos específicos.....	2
<b>3</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA</b> .....	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>GLOSARIO</b> .....	<b>5</b>
<b>5</b>	<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>7</b>
<b>5.1</b>	<b>Sistema de drenaje y subdrenaje en locaciones petroleras</b> .....	<b>7</b>
5.1.1	Estudios y diseño para el sistema de drenaje superficial.....	8
<b>5.2</b>	<b>Determinar el presupuesto</b> .....	<b>11</b>
5.2.1	Definición de la estructura de costos e identificación de las actividades del proyecto con su respectiva unidad de medida.....	12
5.2.2	Cálculo de cantidades para cada actividad del presupuesto.....	12
5.2.3	Valor unitario para cada actividad del presupuesto.....	12
<b>6</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LOS PROYECTOS ABORDADOS DURANTE LA PRÁCTICA EMPRESARIAL</b> .....	<b>13</b>
<b>6.1</b>	<b>ESTUDIO GEOTÉCNICO Y DISEÑO CIVIL DE LA VÍA DE ACCESO Y LOCACIÓN POZO GÜEPAJÉ SUR-1</b> .....	<b>13</b>
<b>6.2</b>	<b>DISEÑO DE OBRAS DE CONTROL DE INUNDACIONES PARA LA VÍA DE ACCESO Y LOCACIÓN ARRECIFE</b> .....	<b>14</b>
<b>6.3</b>	<b>ESTUDIO GEOTÉCNICO Y DISEÑO DE LA VÍA DE ACCESO Y LOCACIÓN OBIWAN (VERSIÓN 2)</b> .....	<b>16</b>
<b>6.4</b>	<b>ESTUDIO GEOTÉCNICO Y DISEÑO DE LA VÍA DE ACCESO Y LOCACIÓN CICUCO</b>	<b>35</b>
<b>18</b>		
<b>6.5</b>	<b>ESTUDIO GEOTÉCNICO Y DISEÑO DE LA VÍA DE ACCESO Y LOCACIÓN BASARÍ</b>	<b>20</b>
<b>7</b>	<b>ACTIVIDADES DESARROLLADAS PARA LOS PROYECTOS ABORDADOS DURANTE LA PRÁCTICA EMPRESARIAL</b> .....	<b>21</b>
<b>7.1</b>	<b>ACTIVIDADES DESARROLLADAS PARA EL DISEÑO CIVIL DE LA VÍA DE ACCESO Y LOCACIÓN POZO GÜEPAJÉ SUR-1</b> .....	<b>21</b>
7.1.1	Análisis hidráulico y diseño del sistema de drenaje superficial y subsuperficial ....	21
7.1.2	Cantidades de obra y presupuesto.....	27
7.1.3	Correcciones de detalles en planos.....	30
7.1.4	Realización del informe de entrega para la empresa contratante.....	33
<b>7.2</b>	<b>ACTIVIDADES DESARROLLADAS PARA EL DISEÑO DE OBRAS DE CONTROL DE INUNDACIONES PARA LOCACIÓN Y VÍA DE ACCESO POZO ARRECIFE</b> .....	<b>35</b>
7.2.1	Cálculo y determinación del sistema de bombeo.....	37
7.2.2	Especificaciones técnicas y análisis de precios unitarios para válvulas de compuerta tipo charnela.....	39
7.2.3	Presupuesto para obras de control de inundaciones.....	42

7.2.4	Realización del informe de entrega para la empresa contratante .....	45
<b>7.3</b>	<b>ACTIVIDADES DESARROLLADAS PARA EL DISEÑO CIVIL DE LA VÍA DE ACCESO Y LOCACIÓN OBIWAN (VERSIÓN 2) .....</b>	<b>47</b>
7.3.1	Análisis hidráulico y diseño del sistema de drenaje .....	48
7.3.2	Cantidades de obra y presupuesto .....	49
<b>7.4</b>	<b>ACTIVIDADES DESARROLLADAS PARA EL DISEÑO DE LA LOCACIÓN CICUCO</b>	<b>35</b>
		<b>52</b>
<b>7.5</b>	<b>ACTIVIDADES DESARROLLADAS PARA EL DISEÑO DE LA VÍA DE ACCESO Y LOCACIÓN BASARÍ.....</b>	<b>56</b>
7.5.1	Análisis hidráulico y diseño del sistema de drenaje superficial .....	56
7.5.2	Diseño del sistema de drenaje subsuperficial .....	59
7.5.3	Cantidades de obra y presupuesto .....	61
<b>8</b>	<b>APORTE AL CONOCIMIENTO.....</b>	<b>66</b>
8.1	Organización y modificación de hoja de cálculo en software MS EXCEL para la determinación de cantidades de obra .....	66
8.2	Generación de plano base para despiece de placa de taladro con dimensiones de 24.40 m x 13.30 m .....	67
8.3	Elaboración de especificaciones técnicas para válvulas de compuerta tipo charnela.....	67
8.4	Realización de Análisis de Precios Unitarios para válvulas de compuerta tipo charnela de 20" y 36" .....	67
8.5	Adecuación de hoja de cálculo en software MS EXCEL para la determinación de cantidades de obra para cunetas trapezoidales revestidas en sacos con suelo.....	68
<b>9</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>69</b>
<b>10</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>71</b>

## LISTADO DE FIGURAS

<i>Figura 3.1</i>	Organigrama administrativo y técnico de GRADEX INGENIERÍA S.A. ....	4
<i>Figura 6.1</i>	Localización locación pozo Güepajé Sur-1 .....	13
<i>Figura 6.2</i>	Localización locación Arrecife .....	14
<i>Figura 6.3</i>	Localización locación Obiwan .....	16
<i>Figura 6.4</i>	Restricciones y área de interés Obiwan (Primera y segunda versión) .....	18
<i>Figura 6.5</i>	Localización regional pozo Cicuco 35.....	19
<i>Figura 6.6</i>	Cárcamo tipo 3 (CT-3), locación Cicuco 35 .....	19
<i>Figura 6.7</i>	Localización regional APE Basarí .....	20
<i>Figura 7.1</i>	Curvas IDF estación Carmen de Bolívar .....	22
<i>Figura 7.2</i>	Locación Güepajé Sur-1 .....	23
<i>Figura 7.3</i>	Cunetas trapezoidales revestidas en concreto y geomanto .....	23
<i>Figura 7.4</i>	Hoja de cálculo cunetas trapezoidales .....	24
<i>Figura 7.5</i>	Cuneta trapezoidal escalonada .....	25
<i>Figura 7.6</i>	Drenajes subsuperficiales .....	26
<i>Figura 7.7</i>	Subdren tipo francés - Sección transversal .....	27
<i>Figura 7.8</i>	Área de mejoramiento del taladro .....	31
<i>Figura 7.9</i>	Despiece placa de taladro .....	32
<i>Figura 7.10</i>	Detalle terraplén reforzado .....	33
<i>Figura 7.11</i>	Portada informe estudio geotécnico y diseño civil de la vía de acceso y locación pozo Güepajé Sur-1 .....	34
<i>Figura 7.12</i>	Distribución general actual de la locación Arrecife y obras proyectadas ....	36
<i>Figura 7.13</i>	Cálculo de potencia bomba centrífuga .....	38
<i>Figura 7.14</i>	Curva de rendimiento típica de una bomba centrífuga .....	39
<i>Figura 7.15</i>	APU válvulas de compuerta tipo charnela de 20" y 36" .....	41
<i>Figura 7.16</i>	Detalle válvula de compuerta tipo charnela en fibra de vidrio .....	43
<i>Figura 7.17</i>	Distribución general locación Obiwan (Versión 2) .....	47
<i>Figura 7.18</i>	Sección transversal cuneta CT-7 en placa del taladro - Cicuco 35 .....	53
<i>Figura 7.19</i>	Planta sistema de drenaje placa del taladro .....	54
<i>Figura 7.20</i>	Áreas aferentes cuneta CT-7 .....	54
<i>Figura 7.21</i>	Hoja de cálculo para verificación hidráulica cuneta CT-7 .....	55
<i>Figura 7.22</i>	Distribución general locación Basarí.....	56
<i>Figura 7.23</i>	Hoja de cálculo hidráulico cunetas trapezoidales perimetrales .....	57
<i>Figura 7.24</i>	Drenajes subsuperficiales locación Basarí .....	60
<i>Figura 7.25</i>	Pestaña cálculo cantidades de obra cuneta tipo 7 (CT-7) .....	62
<i>Figura 7.26</i>	Detalle sección y perfil cuneta trapezoidal en sacos de suelo.....	63
<i>Figura 8.1</i>	Nota explicativa, pestaña piscinas .....	66

## LISTADO DE TABLAS

<i>Tabla 5.1</i> Coeficiente de escorrentía.....	9
<i>Tabla 5.2</i> Periodo de retorno.....	10
<i>Tabla 7.1</i> Tablas resumen de cantidades de obra.....	27
<i>Tabla 7.2</i> Cantidades de obra y presupuesto.....	30
<i>Tabla 7.3</i> Incremento a partir de la potencia al freno.....	38
<i>Tabla 7.4</i> Ficha técnica para válvulas de compuerta tipo charnela.....	40
<i>Tabla 7.5</i> Cantidades de obra y presupuesto locación Arrecife.....	44
<i>Tabla 7.6</i> Tablas resumen cantidades de obra y presupuestos locación y vía de acceso.....	50
<i>Tabla 7.7</i> Tabla Excel drenajes superficiales Basarí.....	58
<i>Tabla 7.8</i> Tabla para el cálculo de corte y relleno de jagüeyes.....	61
<i>Tabla 7.9</i> Fórmulas para el cálculo de cunetas trapezoidales revestidas en sacos de suelo.....	63
<i>Tabla 7.10</i> Cálculo cunetas trapezoidales en sacos con suelo y tabla resumen.....	64
<i>Tabla 7.11</i> Cantidades de obra y presupuesto Basarí.....	65



## LISTADO DE FOTOGRAFÍAS

<i>Fotografía 6.1 Inundación locación Arrecife 2018.....</i>	15
--	----

## RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

**TITULO:** APOYO TÉCNICO EN CONSULTORÍA PARA LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LOCACIONES PETROLERAS EN LA CUENCA DEL VALLE INFERIOR DEL MAGDALENA, COLOMBIA

**AUTOR(ES):** Laura Victoria Caballero Díaz

**PROGRAMA:** Facultad de Ingeniería Civil

**DIRECTOR(A):** Elkin Mauricio López Morantes

### RESUMEN

La construcción de locaciones petroleras requiere de estudios y diseños con el fin de establecer las características del área a nivel regional y local, la disposición del espacio y las obras civiles necesarias, con el objetivo de seleccionar la opción más viable en términos ambientales y constructivos. El presente informe describe las actividades realizadas dentro del marco de la práctica empresarial llevadas a cabo en la empresa GRADEX INGENIERÍA S.A., las cuales incluyeron los análisis hidráulicos y diseño de los sistemas de drenaje, determinación de cantidades de obra y presupuesto, corrección de detalles en planos, creación de especificaciones técnicas, análisis de precios unitarios y realización de informes de entrega para la empresa contratante para cada uno de los proyectos asignados. Las actividades descritas anteriormente fueron hechas para los pozos petroleros: Güepajé Sur-1, Arrecife, Obiwan, Cicuco 35 y Basarí, todos ellos ubicados en el Valle Inferior del Magdalena. Para la elaboración de los diseños y presupuestos se aplicaron los conocimientos y destrezas adquiridos en las materias correspondientes a hidráulica de canales, hidrología, programación y presupuesto de obras. En la presentación se emplearon hojas de cálculo programadas en Microsoft Excel. Adicionalmente, para las correcciones de planos se utilizó el programa AutoCAD Civil 3D. Los diseños de las locaciones y las vías de acceso deben basarse en la mayor cantidad de datos posibles previamente obtenidos a partir de los estudios ambientales, geotécnicos y geológicos, con el fin de evitar impactos ambientales, demoras en la entrega y ejecución de proyectos, lo cual finalmente se traduce en sobrecostos para la empresa de perforación.

### PALABRAS CLAVE:

Locaciones Petroleras, Pozos Petroleros, Hidráulica, Presupuestos, Valle Inferior del Magdalena

V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

## GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

**TITLE:** TECHNICAL SUPPORT IN CONSULTING STUDIES AND DESIGNS FOR OIL FIELDS AT THE LOWER MAGDALENA VALLEY BASIN, COLOMBIA

**AUTHOR(S):** Laura Victoria Caballero Díaz

**FACULTY:** Facultad de Ingeniería Civil

**DIRECTOR:** Elkin Mauricio López Morantes

### ABSTRACT

Oilfield construction requires studies and designs to establish the regional and local areal characteristics, the space configuration and the definition of the civil works needed. The designs and its analysis allows to select the most viable option in environmental and constructive terms. This report describes the activities done by the author during its profesional practice (internship) in the consulting firm GRADEX INGENIERIA S.A., which included the hydraulic analysis, drainage system design, quantity takeoff and cost estimating, detail correction in construction drawings, technical specifications redaction, unit price analysis and the report to the contracting firm for each of the projects assigned. The previously described activities were done for the following oil wells: Güepajé Sur-1, Arrecife, Obiwan, Cicuco 35 and Basarí; all these wells are located in the Lower Magdalena Valley. To accomplish the elaboration of the designs and budgets, it was necessary to apply the knowledge and skills aquired in the university from classes of channel hydraulics, hydrology, programming and budgeting. The presentation of the work was aided by spreadsheet using Microsoft Excel and the designs by the use of AutoCAD Civil 3D. The oilfield and road access design must be based on the most possible quantity of data previously collected in the environmental, geotechnical and geologic studies and calculations. This is to avoid future environmental impacts, project execution and culmination delays, which translates into overcosts for the enterprise in charge of the oil well perforation.

### KEYWORDS:

Oilfield, Oil Wells, Hydraulics, Budget, Lower Magdalena Valley

**V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK**

## 1 INTRODUCCIÓN

El servicio de consultoría prestado por determinadas empresas para la realización de obras de ingeniería, como lo son las plataformas petroleras, constituye un factor de gran importancia en el ámbito de la construcción dado que ofrece el conocimiento profesional especializado y técnico, así como el juicio de profesionales basado en la experiencia, con el fin de brindar objetividad en el análisis y toma de decisiones para garantizar la calidad de los proyectos, al igual que el ahorro en lo referente a recursos, sobrecostos e incertidumbre que se puedan presentar.

En el caso de la construcción de locaciones petroleras, son requeridos estudios y diseños con el fin de establecer las características del área a nivel regional y local y realizar el reconocimiento de las zonas específicas a intervenir, para finalmente tomar la mejor decisión en cuanto a los diseños, la disposición del espacio y el proceso constructivo que se deberá llevar a cabo para la puesta en marcha del proyecto.

La realización de dichos estudios permitirá ejecutar de forma segura y eficiente la perforación de los pozos exploratorios ubicados en el Valle Inferior del Magdalena por parte de la empresa HOCOL S.A., lo cual implicará beneficios económicos para la comunidad y para el país en general, debido a la producción de petróleo y gas.

A continuación, se dan a conocer los objetivos establecidos para el desarrollo de la práctica empresarial, así como una breve descripción de la empresa GRADEX INGENIERÍA S.A. Adicionalmente, dentro del marco teórico se abordan los temas concernientes a los objetivos, el alcance y las generalidades de diseño implícitas dentro de la construcción de locaciones petroleras.

Más adelante, el lector podrá encontrar una explicación general para cada uno de los proyectos asignados, donde se esclarece información referente a la localización y el objetivo de cada trabajo. Acto seguido, se profundiza en las actividades llevadas a cabo por el practicante, para finalmente dar a conocer los productos de aporte al conocimiento realizados a la empresa y exponer las principales conclusiones y recomendaciones basadas en las experiencias específicas vividas durante la realización del trabajo de grado.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo general**

- Ofrecer apoyo técnico a la empresa consultora GRADEX INGENIERÍA S.A. durante la realización de estudios y diseños de obras civiles de locaciones petroleras con el fin de establecer las características del área a nivel regional y local, realizar el reconocimiento de las áreas específicas a intervenir y presentar los diseños de las plataformas de perforación y vías de acceso requeridas por la empresa HOCOL S.A. en la cuenca del Valle Inferior del Magdalena.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Participar en la realización de los informes técnicos requeridos previo a la construcción de plataformas petroleras, a partir de estudios y diseños geotécnicos, hidrológicos, hidráulicos, estructurales y viales del área a intervenir, de acuerdo los requerimientos del proyecto.
- Contribuir en el análisis y diseño hidráulico de los sistemas de drenaje superficiales y subsuperficiales de las plataformas petroleras.
- Digitalizar los detalles técnicos solicitados en los diseños utilizando la herramienta software Autodesk AutoCAD Civil 3D.
- Acompañar el proceso de elaboración y corrección de presupuestos generales de proyectos destinados al diseño de plataformas petroleras, de acuerdo a la base de precios contractuales de obra brindada por la empresa HOCOL S.A.
- Desarrollar un producto de aporte al conocimiento basado en las experiencias específicas vividas durante la práctica empresarial.

### **3 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA (GRADEX INGENIERÍA S.A., s.f.)**

En el año 1986, un grupo de ingenieros civiles de la Universidad de los Andes en Bogotá, fundaron la empresa de consultoría Gradex Ingeniería Ltda. – hoy GRADEX INGENIERÍA S.A. con sede en la ciudad de Bucaramanga y oficinas en Bogotá D.C., Colombia.

GRADEX INGENIERÍA S.A. es una empresa de consultoría con la misión de realizar estudios, diseños e interventorías, asesorar y dar soluciones de ingeniería especializada en las áreas de: medio ambiente, obras civiles, planes de contingencia y gestión del riesgo.

Fue una de la primeras empresas de ingeniería especializada en temas ambientales en el oriente colombiano y como tal ha participado en algunos de los estudios y proyectos de ingeniería más importantes para la ciudad y el departamento entre los que se encuentran: Ruitoque Condominio, el Gasoducto Gibraltar – Bucaramanga, el Proyecto Aurífero de Angostura en California y Vetas, los estudios Ambientales y Sociales del Campo La Cira – Infantas en El Centro, el plan de saneamiento hídrico y control pluvial de Piedecuesta, El Centro de Ferias y Exposiciones Cenfer, el diseño de la planta de tratamiento de lixiviados del relleno sanitario El Carrasco, el estudio de amenazas de los Cerros Orientales de Bucaramanga, los planes de manejo ambiental de los ríos Vetas, Suratá, Rionegro, Salamaga, Bajo Lebrija etc.

#### **MISIÓN:**

GRADEX INGENIERÍA S.A. es una empresa de consultoría con la misión de realizar estudios, diseños e interventorías, asesorar y dar soluciones de ingeniería especializada en las áreas de: medio ambiente, obras civiles, planes de contingencia y gestión del riesgo.

GRADEX INGENIERÍA S.A. está en capacidad de prestar sus servicios a nivel nacional e internacional, apoyada en un equipo de trabajo experto, altamente capacitado que garantiza la excelencia y comprometido con la calidad y cumplimiento de cada proyecto con base en una continua actualización tecnológica y del conocimiento.

GRADEX INGENIERÍA S.A., es responsable con la comunidad asesorando a las empresas privadas y entidades del Estado en el desarrollo sostenible del país.

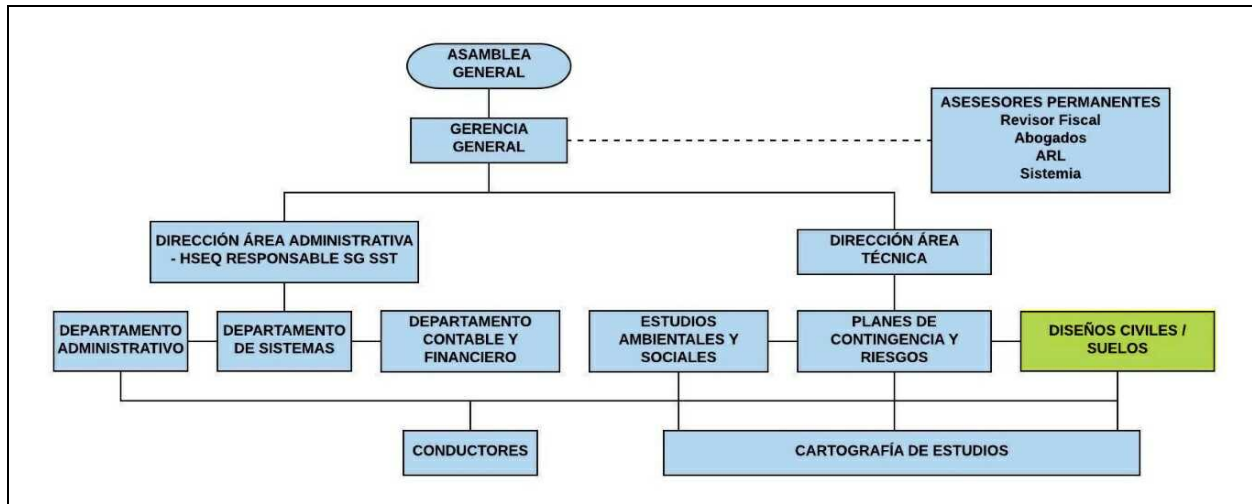
#### **VISIÓN:**

Posicionar a GRADEX INGENIERÍA S.A. como una empresa líder a nivel nacional en el campo de la consultoría en Ingeniería.

Queremos ser motivo de orgullo para nuestras familias, empleados, clientes y la sociedad en general, mediante un proceso de mejoramiento empresarial y personal continuo,

acorde con el significado de «ascenso» implícito en nuestro nombre, que garantice la calidad de nuestros servicios de consultoría y una eficiente y eficaz gestión técnica, financiera y administrativa.

A continuación, se presenta el organigrama administrativo de la empresa (*Figura 3.1*) donde el recuadro de color amarillo corresponde al área donde se llevará a cabo el desarrollo de la presente práctica empresarial.



*Figura 3.1* Organigrama administrativo y técnico de GRADEX INGENIERÍA S.A.  
Recuperado de: GRADEX INGENIERÍA S.A. – con modificaciones del autor

## 4 GLOSARIO

**ZODME:** Zona de disposición de material de excavación. El material a disponer se extiende horizontalmente y uniformemente en capas de máximo 40 centímetros de espesor suelto, que se compactarán hasta lograr el 80% de la densidad máxima obtenida en el proctor modificado. (HOCOL S.A.)

**Tea:** También conocida como antorcha, es un dispositivo o sistema usado para disponer de forma segura gases de alivio de una manera ambientalmente correcta por medio del uso de combustión. Cuando el gas no puede ser almacenado o usado comercialmente, la disposición de una tea para incinerar aquellos gases resulta la opción más factible. (Mondragón, 2015)

**Frac Tank:** Son utilizados por las empresas petroleras para el almacenamiento de lodos y petróleo crudo. Posee válvulas de entrada y salida que permiten llenar y vaciar el tanque sin derramar el producto. (Construcciones & Servicios Integrales PETROSCOL S.A.S., 2014)

**Desarenador – Trampa de Grasas (Skimmer):** Son estructuras encargadas de llevar el proceso de retención de arenas y de grasas o hidrocarburos. (GRADEX INGENIERÍA S.A., 2019)

**Cellar – Contrapozo:** Excavación revestida en concreto que se ubica por debajo del equipo de perforación. En el centro de la estructura se instala un tubo conductor por donde desciende la tubería de perforación del pozo exploratorio. El contrapozo también recibe los retornos de lodo del pozo, que se vuelven a bombear al equipo de lodo de superficie. (SCHLUMBERGER)

**Piscina:** Para el tratamiento de las aguas residuales industriales, la plataforma cuenta con un sistema de dos piscinas, de tratamiento y de escorrentía.

- **Piscina de tratamiento:** Tratamiento de aguas provenientes de los equipos.
- **Piscina de escorrentía:** Almacenamiento de aguas lluvias provenientes de la placa del taladro y equipos.

En el fondo de cada piscina se coloca un dren tipo francés de 0.80 metros de ancho y altura variable, conformado por geotextil no tejido y material filtrante, que conduce el agua a cajas de bombeo. Este subdrenaje se coloca con el objeto de poder monitorear la calidad de las aguas subsuperficiales y monitorear la contaminación en el evento de una ruptura de la geomembrana de la piscina. (GRADEX INGENIERÍA S.A., 2019)

**Zona de control de sólidos:** Lugar donde se ubican los equipos de control de sólidos, cuyo objetivo es eliminar y remover la mayor cantidad posible de sólidos indeseables, como fragmentos y/o cortes de la formación, generados durante el proceso de perforación, mediante la utilización de equipos especializados para tal fin, en función del tamaño y el tipo de sólido. (ENVIRONMENTAL SOLUTIONS DE VENEZUELA C.A.,



2011)

**Caseta de químicos:** Estructura portátil, ubicada en la explanación, para el almacenamiento de químicos y residuos peligrosos. (GRADEX INGENIERÍA S.A., 2019)

**Mini camp:** Son las oficinas del personal técnico, las cuales funcionan en los contenedores que se instalan cerca de la plataforma de perforación. (GRADEX INGENIERÍA S.A., 2019)

## 5 MARCO TEÓRICO

Las empresas dedicadas a la consultoría se enfrentan al reto de guiar y asesora a personas u empresas, desde la experiencia y el conocimiento específico de un área. En el caso particular de la consultoría en la industria petrolera, la experiencia de los ingenieros incluye estudios, informes, diseños, revisiones, administración, operación e investigación de las obras civiles requeridas para la conformación de locaciones, con el fin de poner en contacto un yacimiento de hidrocarburos con la superficie a partir de la exploración y explotación de pozos petroleros.

Dentro de los temas principales abordados para la realización de diseños de locaciones se encuentran las obras de drenaje, cuyo objetivo implica conducir las aguas residuales, provenientes de los procesos de perforación, hacia un punto de tratamiento donde se llevará a cabo el proceso de retención de grasas e hidrocarburos, para finalmente disponerlas fuera del área de interés. De igual manera, estas obras no solo se destinan a la captación y conducción de aguas residuales, sino que buscan dar manejo al exceso de agua acumulado en la superficie del terreno a causa de lluvias intensas y frecuentes, topografía muy plana e irregular y/o suelos poco permeables, así como el control de las aguas que se infiltran al suelo.

### 5.1 Sistema de drenaje y subdrenaje en locaciones petroleras

Durante el proceso de diseño del sistema de drenaje se aplican elementos importantes de la ingeniería hidráulica la cual incluye la aplicación de las teorías de la mecánica de los fluidos, hidráulica, hidrología e hidrogeología.

Teniendo en cuenta la topografía del terreno se debe garantizar que el sistema de recolección y evacuación de aguas de escorrentía conduzca hacia los drenajes naturales del terreno. Todas las locaciones deben contar con un sistema de drenaje superficial con el fin de evacuar el agua de escorrentía hacia dos puntos, mediante cunetas revestidas perimetrales. Estas cunetas pueden ser revestidas en concreto, en sacos de suelo-cemento, geotextil o prefabricadas, entre otras opciones, siempre que se garantice la fácil limpieza y recolección de grasas o aceites. (GRADEX INGENIERÍA S.A., 2019)

Las aguas son conducidas hasta cada Skimmer (el cuál actúa como trampa de grasas), ubicados generalmente sobre los costados de la plataforma. De estas estructuras salen cunetas, en tierra o revestidas, que conducen las aguas hasta el sistema de drenaje natural más cercano. Los tipos de cunetas a utilizar se seleccionan de acuerdo con las características del proyecto y la fase de construcción. (GRADEX INGENIERÍA S.A., 2019)

Adicionalmente, es posible identificar la necesidad de incluir drenajes subsuperficiales con el fin de controlar las aguas que se infiltran en el suelo, abatir el nivel freático de la zona y proteger los taludes de relleno de la locación mediante la instalación de filtros tipo francés. El filtro francés primario debe tener dimensiones mínimas de 0.60 m x 0.40 m y los filtros secundarios de 0.40 m x 0.40 m. Estos filtros son revestidos por geotextil no

tejido y conformados con material filtrante. (GRADEX INGENIERÍA S.A., 2019)

### **5.1.1 Estudios y diseño para el sistema de drenaje superficial**

El exceso de agua en el terreno se debe a cuatro causas principales: precipitación, inundaciones, topografía y características edáficas. La precipitación corresponde a la fuente principal del exceso de agua, las inundaciones son consecuencia directa de la precipitación y la topografía y características edáficas contribuyen a agravar la acción de las causas anteriores. (Rojas, 1984)

La necesidad de implementar un drenaje superficial se justifica en zonas donde los factores climáticos, junto con las condiciones hidrológicas, las características del suelo y la topografía ocasionan la permanente inundación de la superficie. (Corrales)

En la realización de los estudios para el diseño del sistema de drenaje superficial resulta sumamente importante la topografía del terreno, lo cual determina la elección del trazado y la configuración del sistema.

Para el trazado de los canales requeridos en las locaciones petroleras se llevan a cabo las siguientes fases:

#### **5.1.1.1 Reconocimiento del terreno**

Mediante el levantamiento topográfico detallado de los predios donde se proyecta la construcción de la locación y las imágenes satelitales obtenidas en campo, el ingeniero se puede formar una idea de las características más importantes de la zona de interés, especialmente en temas concernientes a la pendiente que facilitará el drenaje y las características hidrológicas del sitio; además permitirá identificar las posibles alternativas de trazado en función de la configuración preliminar de la locación.

#### **5.1.1.2 Determinación de parámetros de diseño y evaluación del caudal de diseño (CDBM, 1994)**

Entre los principales parámetros requerido para la realización del diseño del sistema de drenaje se encuentran la intensidad de la precipitación, el coeficiente de escorrentía y las áreas aferentes, de acuerdo la ubicación del proyecto.

Dichos valores son obtenidos de estudios hidrológicos previos de cada proyecto, realizados a partir de los datos brindados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM).

La estimación de los caudales de diseño se realiza empleando el Método Racional, que matemáticamente se expresa así:

$$Q = C * I * A$$

Donde:

**Q:** Descarga estimada de un sitio determinado en litros por segundo (lps).

**C:** Coeficiente de escorrentía, número adimensional.

**I:** Intensidad de la lluvia en litros por segundo por hectárea (lps/ha), para una duración igual al tiempo de concentración de la cuenca (Tc), y para una frecuencia o periodo de retorno determinado (F).

**Coeficiente de escorrentía (C):** Es función del tipo de suelo, la impermeabilización de la zona, la pendiente del terreno y otros factores que determinan la fracción de lluvia que se convierte en escorrentía. De acuerdo a las condiciones del proyecto, se puede asumir los valores de la *Tabla 5.1*.

Tabla 5.1 Coeficiente de escorrentía

Cobertura del suelo	Tipo de suelo	Pendiente (%)				
		> 50	20 - 50	5 - 20	1 - 5	0 - 1
Sin vegetación	Impermeable	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60
	Semipermeable	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	Permeable	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
Cultivos	Impermeable	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	Semipermeable	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
	Permeable	0.40	0.35	0.30	0.25	0.20
Pastos, vegetación ligera	Impermeable	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45
	Semipermeable	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	Permeable	0.35	0.30	0.25	0.20	0.15
Hierba	Impermeable	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
	Semipermeable	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
	Permeable	0.30	0.25	0.20	0.15	0.10
Bosque, vegetación densa	Impermeable	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	Semipermeable	0.45	0.40	0.35	0.30	0.25
	Permeable	0.25	0.20	0.15	0.10	0.05

Recuperado de: Benítez, C.; Arias, W.; y Quiroz, J. (1980). Manual de conservación de suelos y aguas. Ministerio de Agricultura y Alimentación. Dirección. Lima, Perú.

**Intensidad de la lluvia (I):** Se determina con las curvas de intensidad – duración – frecuencia, o de aguaceros equivalentes en función del período de retorno.

**Periodo de retorno (P):** Para efectos de diseño, el período o frecuencia de retorno del aguacero de diseño se selecciona de acuerdo con los criterios observados en la *Tabla 5.2*.

Tabla 5.2 Periodo de retorno

Características del Área de Drenaje	Período de Retorno (años)
a. Para tramos iniciales con áreas tributarias menores a dos (2) hectáreas.	2
b. Para tramos del sistema con áreas tributarias comprendidas entre 2 y 10 hectáreas, donde el caudal que exceda al diseño no tenga la posibilidad de verter por una ladera o escarpa.	5
c. Para tramos del sistema con áreas tributarias mayores a 10 hectáreas, donde el caudal que exceda al de diseño tenga la posibilidad de verter por una ladera o escarpa.	10
d. Para tramos del sistema donde el caudal que exceda al de diseño tenga la posibilidad de verter por una ladera o escarpa.	25
e. Para emisarios finales, o estructuras de vertimiento, se utilizará un período de retorno de 25 años, con un borde libre tal que permita alojar, sin desbordamiento, la escorrentía producida por un aguacero de 50 años de período de retorno.	50

Recuperado de: CDMB (1994). Normas técnicas para el diseño de alcantarillado. Bucaramanga, Colombia.

**Tiempo de concentración (T<sub>c</sub>):** Para efecto de utilización de curvas de intensidad – duración – frecuencia, la duración de la tormenta de diseño será igual al tiempo de concentración de la cuenca, definido como el tiempo de viaje del agua desde el punto más alejado hasta el punto de desagüe de la cuenca.

**Área de drenaje (A):** La extensión y el tipo de áreas tributarias deberán determinarse para cada tramo por diseñar. El área aferente deberá incluir el área propia del tramo en consideración y se expresará en hectáreas (ha), con una aproximación de 0.01 ha.

### 5.1.1.3 Definición de los elementos geométricos del sistema de drenaje

Para la determinación de los elementos geométricos de las cunetas que se proyecten para su futura implementación en locaciones es necesario definir la sección geométrica. Generalmente, dicha sección corresponde a cunetas trapezoidales, para las cuales se debe definir la base (entre 0.30 y 0.50 m), la pendiente (entre 0.3% y 0.5%), los taludes izquierdo y derecho (generalmente 1.0H:2.0V) y el coeficiente de Manning, de acuerdo al material con el cual se planea realizar el revestimiento.

### 5.1.1.4 Verificación de cada tramo del sistema

Finalmente, para se realiza la verificación para cada uno de los tramos del sistema de drenaje con lo cuál se corrobora que el elemento en cuestión sea capaz de soportar caudal de diseño estimado.

Adicional a los diseños y obras de drenaje requeridos para la conformación de locaciones petroleras, el ámbito administrativo también desarrolla un papel fundamental en lo referente a la dirección de proyectos, donde la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades del proyecto conllevan al cumplimiento de los requisitos del mismo, de manera eficaz y eficiente. Esto se logra mediante la aplicación e integración adecuada de los diferentes procesos de dirección de proyectos, de los cuales forma parte la gestión de los costos. (Project Management Institute, 2017)

La gestión de los costos del proyecto incluye los procesos involucrados en planificar, estimar, presupuestas, financiar, obtener financiamiento, gestionar y controlar los costos, de modo que se complete el proyecto dentro del presupuesto aprobado. Los procesos de gestión de los costos del proyecto son: (Project Management Institute, 2017)

- **Planificar la gestión de los costos:** Corresponde al proceso de definir cómo se han de estimar, presupuestar, gestionar, monitorear y controlar los costos del proyecto.
- **Estimar los costos:** Es el proceso de desarrollar una aproximación de los recursos monetarios necesarios para completar el trabajo del proyecto.
- **Determinar el presupuesto:** Consiste en sumar los costos estimados de las actividades individuales o paquetes de trabajo para establecer una línea base de costos autorizada.
- **Controlar los costos:** Proceso que consiste en monitorear el estado del proyecto para actualizar los costos del mismo y gestionar cambios a la línea base de costos.

## 5.2 Determinar el presupuesto

El presupuesto de un proyecto contempla todos los fondos autorizados para ejecutar el proyecto. La línea base de costos es la versión aprobada del presupuesto del proyecto en sus diferentes fases temporales. (Abuabara, 2018)

Un presupuesto de obra contempla tres tipos de análisis:

- **Análisis Geométrico:** Corresponde a la definición de las actividades, cantidades de obra, cantidades de obra y análisis de precios unitarios, a partir de los diseños y estudios técnicos del proyecto.
- **Análisis Estratégico:** Es el estudio de la forma de ejecución, coordinación y administración de la logística de construcción y en todo el proceso productivo.
- **Análisis del Entorno:** Incidencia de la ubicación del proyecto, de factores organizacionales y legales, de estrategias comerciales, de condiciones financieras.

Para dar inicio a la realización de un presupuesto de obra se requiere información base como lo es el alcance del proyecto, la ubicación de la obra, el tiempo de entrega, el proceso logístico constructivo y los diseños y especificaciones técnicas respectivos. Adicionalmente, calcular un presupuesto de obra requiere del desarrollo de varias etapas en función de su presentación.

### **5.2.1 Definición de la estructura de costos e identificación de las actividades del proyecto con su respectiva unidad de medida (Abuabara, 2018)**

La estructura de costos (EDT/WBS) comprende el desglose de los diferentes tipos de costos del proyecto y sus respectivas actividades. Su contenido depende del tipo de obra civil a construir.

La definición de actividades es un proceso que requiere principalmente de los diseños y estudios técnicos, a partir del Análisis Geométrico y se complementa con el Análisis Estratégico (logística de construcción) y la experiencia en procesos constructivos.

### **5.2.2 Cálculo de cantidades para cada actividad del presupuesto (Abuabara, 2018)**

El ejercicio de cálculo de cantidades de obra puede apoyarse en fuentes de información como planos impresos, diseños digitales en 2D, diseños digitales en 3D, modelos BIM, modelos construidos, obras existentes, entre otros.

El cálculo de cantidades se orienta a una categoría específica del presupuesto a partir de una o varias técnicas como lo son el conteo básico de elementos, cantidades por espacios o ubicación específica en planta, cantidades por ejes, fachadas, vistas y cantidades estándar.

Es importante durante el proceso de cálculo de cantidades de obra el registro de memorias y soportes que permitan revisar, validar y editar la información cuando sea necesario.

### **5.2.3 Valor unitario para cada actividad del presupuesto (Análisis de Precios Unitarios) (Abuabara, 2018)**

Un Análisis de Precios Unitarios (APU) es una estimación cuantitativa y valorizada de diferentes tipos de recursos con los cuales se puede construir una determinada actividad por unidad de medida cuantificable. Para estimar correctamente los recursos necesarios en un APU es importante tener en cuenta los diseños y especificaciones técnicas, el conocimiento del procesos constructivo y la logística de ejecución, la forma de subcontratación y un conocimiento general de diferentes tipos de insumos.

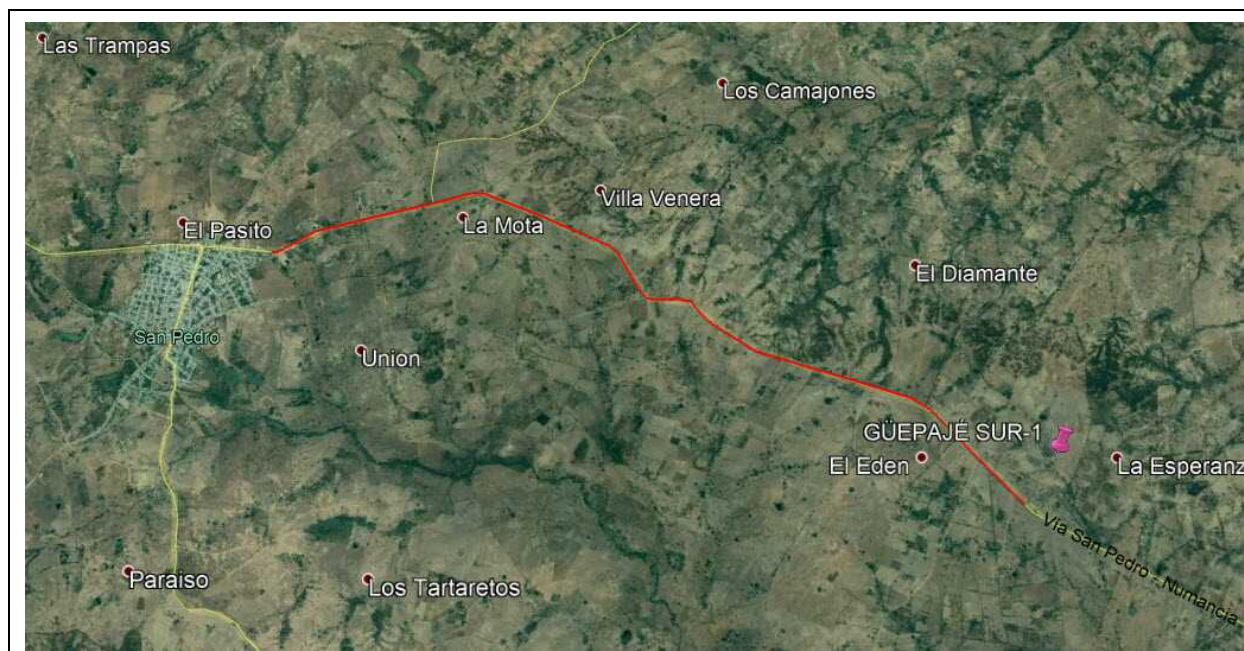
Los APU junto con las Especificaciones Técnicas son documentos fundamentales de respaldo para cada actividad del presupuesto.

## 6 DESCRIPCIÓN DE LOS PROYECTOS ABORDADOS DURANTE LA PRÁCTICA EMPRESARIAL

A continuación, se realiza la descripción de cada uno de los proyectos abordados por el practicante durante el desarrollo del trabajo de grado, donde se brinda la localización general de cada locación y el objetivo principal de cada uno.

### 6.1 ESTUDIO GEOTÉCNICO Y DISEÑO CIVIL DE LA VÍA DE ACCESO Y LOCACIÓN POZO GÜEPAJÉ SUR-1

El proyecto a realizar durante la primera fase de la práctica empresarial consistió en el diseño de la vía de acceso y la locación del pozo denominado Güepajé Sur-1. Este proyecto se encuentra ubicado en el municipio de San Pedro, departamento de Sucre, aproximadamente a 8.35 km del casco urbano (Ver *Figura 6.1*).



*Figura 6.1* Localización locación pozo Güepajé Sur-1  
Recuperado de: Google Earth

La empresa HOCOL S.A. solicitó a GRADEX INGENIERÍA S.A. la realización del estudio geotécnico y los diseños requeridos para dar inicio al desarrollo del área de perforación exploratoria APE Güaimaro, perteneciente al bloque Magangué, departamento de Sucre.

La elaboración de los estudios y los diseños civiles se realizó a partir de información recolectada en campo, información secundaria existente, levantamiento topográfico de las áreas de interés y de los resultados obtenidos a partir de la exploración del subsuelo

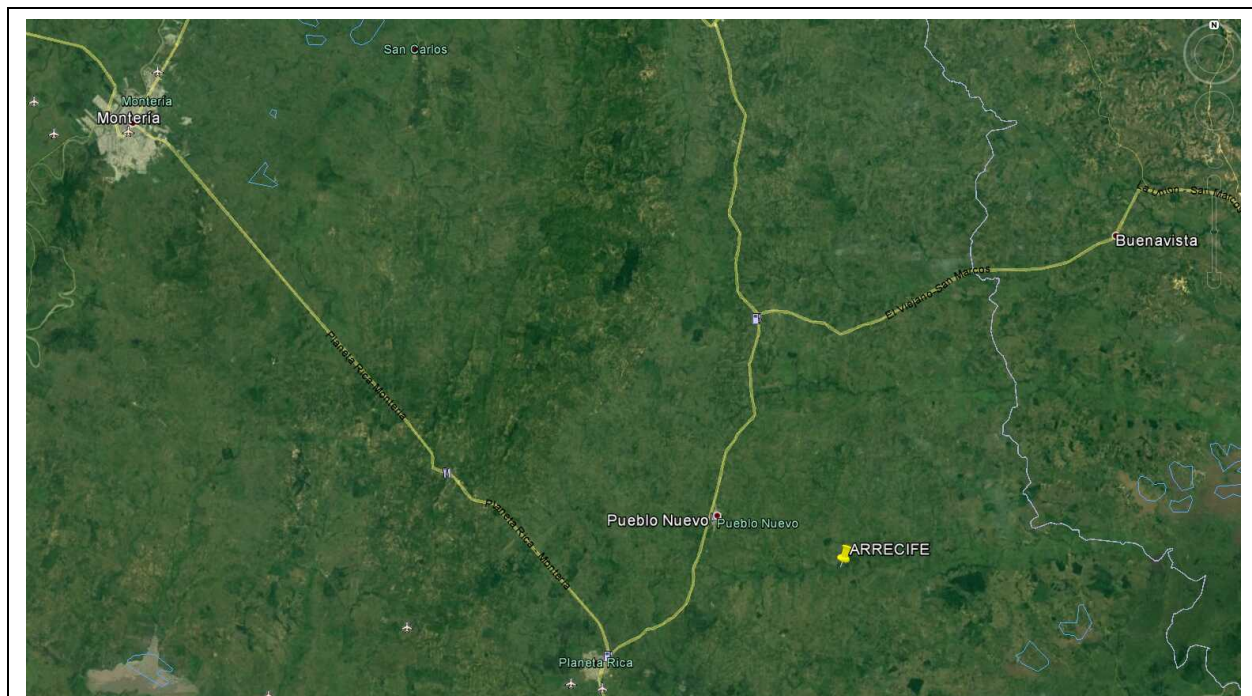


mediante pruebas de ensayo de penetración estándar (SPT), perforaciones a percusión y apiques.

El estudio tiene como propósito el diseño de alternativas para la locación y la vía de acceso, teniendo en cuenta las condiciones ambientales existentes. Este diseño tuvo en cuenta la caracterización geológica, geomorfológica y geotécnica, así como las condiciones climáticas e hidrológicas, tanto regionales como locales.

## 6.2 DISEÑO DE OBRAS DE CONTROL DE INUNDACIONES PARA LA VÍA DE ACCESO Y LOCACIÓN ARRECIFE

Con el fin de dar desarrollo al área de perforación exploratoria VIM 8-13-D localizada en el departamento de Córdoba, en los municipios de Planeta Rica y Pueblo Nuevo (*Figura 6.1*), HOCOL S.A. solicitó a GRADEX INGENIERÍA S.A. realizar el estudio geotécnico y el diseño de la vía de acceso y locación Arrecife. Dicho estudio fue realizado entre los meses de marzo y abril de 2017, y la construcción de la plataforma se ejecutó entre los meses de febrero y septiembre de 2018.



*Figura 6.2* Localización locación Arrecife  
Recuperado de: Google Earth

Tras la construcción de la plataforma en el año 2018, y a causa de los fuertes eventos de lluvia ocurridos en el mes de octubre del mismo año, se produjo la inundación de la locación Arrecife a causa del desbordamiento del caño Aguas Claras, produciendo una

lámina de agua de aproximadamente 40 cm de altura, de acuerdo al registro fotográfico obtenido (Ver *Fotografía 6.1*). Por este motivo, HOCOL S.A. solicitó a GRADEX INGENIERÍA S.A. realizar el diseño de las obras de control para prevenir y mitigar futuros riesgos por inundaciones en el sector.

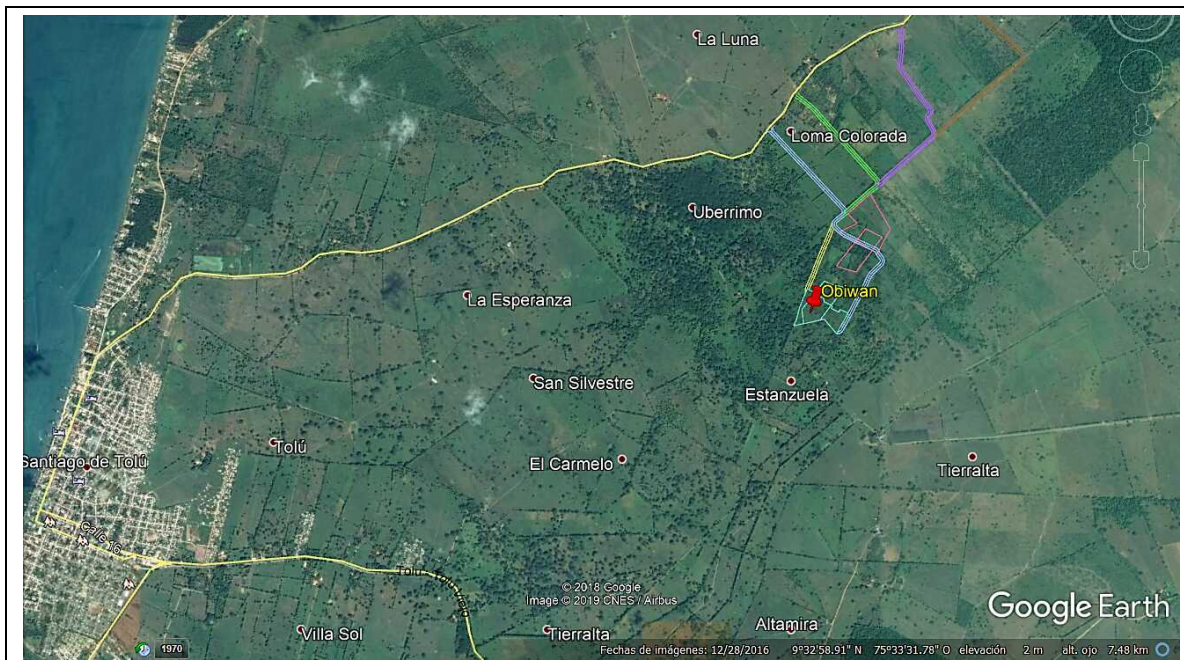
La realización de ciertas actividades requeridas para la ejecución del diseño, las cuales se mencionan con mayor detalle en el título 7.2, comprenden la primera parte correspondiente a la segunda etapa de la práctica empresarial.



*Fotografía 6.1 Inundación locación Arrecife 2018  
Recuperado de: Interventoría HOCOL S.A.*

### 6.3 ESTUDIO GEOTÉCNICO Y DISEÑO DE LA VÍA DE ACCESO Y LOCACIÓN OBIWAN (VERSIÓN 2)

Con el fin de dar desarrollo al bloque de perforación exploratoria YDS1 localizado en el departamento de Sucre, en los municipios de Santiago de Tolú y Tolú Viejo (*Figura 6.3*), HOCOL S.A. solicitó a GRADEX INGENIERÍA S.A. realizar el estudio geotécnico y diseño de la vía de acceso y locación Obiwan. Dicho estudio fue realizado entre los meses de diciembre de 2018 y enero de 2019. Sin embargo, a partir de la actualización del mapa de zonificación ambiental entregado por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), se generó una segunda versión del proyecto.



*Figura 6.3* Localización locación Obiwan  
Recuperado de: Google Earth

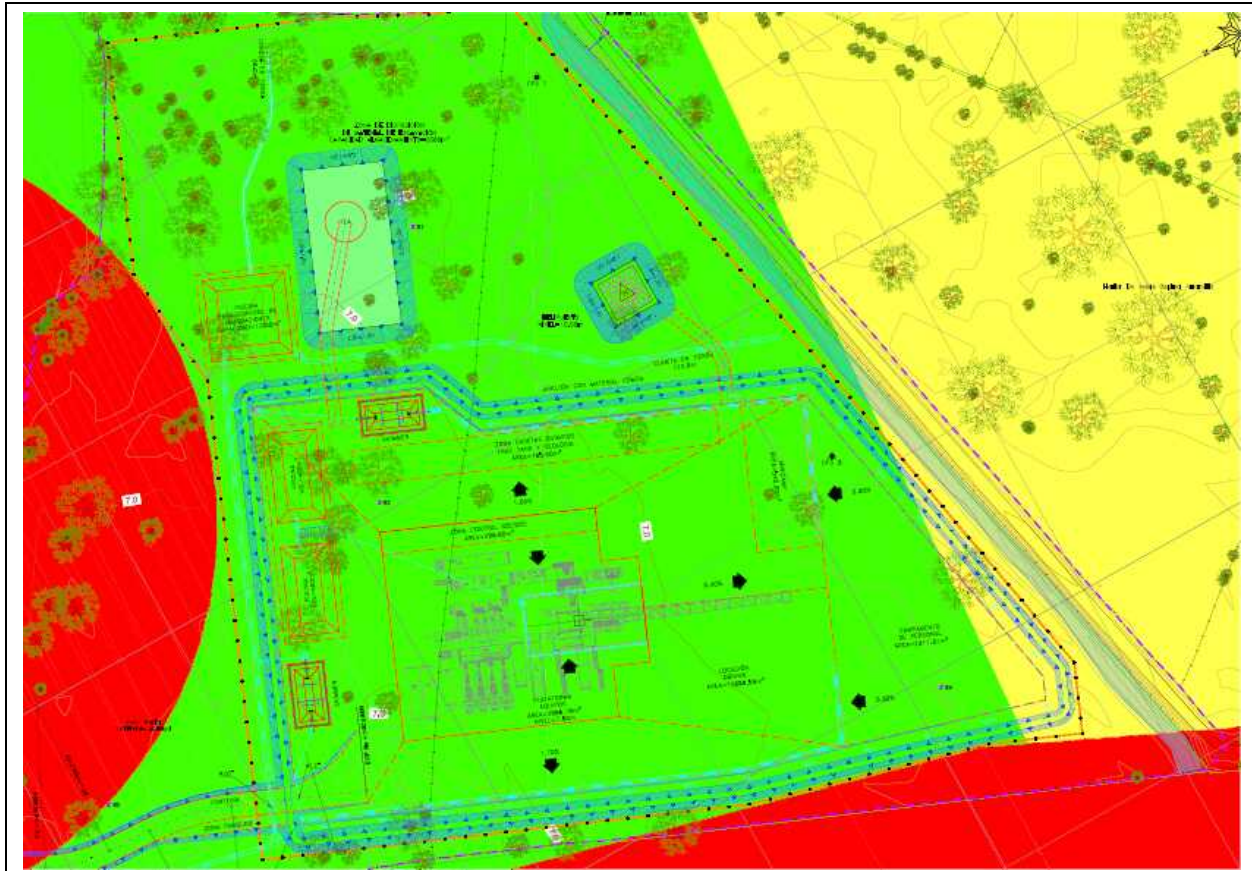
Para dar inicio a las actividades que comprenden el diseño de locaciones petroleras se deben realizar visitas de campo previas, con el fin de establecer las distintas perspectivas requeridas desde las diversas áreas del conocimiento que engloban este tipo de proyectos.

En primer lugar, y teniendo claros los puntos de interés geológico para la perforación de los pozos, el área ambiental de HOCOL S.A. genera una pre zonificación ambiental con escala 1:25.000, a partir de cartografías del IGAC, imágenes satelitales y/o bases existentes, de las cuales se identifican las posibles exclusiones. Con esta información previa se realiza una visita a campo, en la cual una comisión de aproximadamente diez profesionales, entre ellos ambientales, geólogos, sociales, prediales, profesionales en perforación y civiles se encargan de recorrer en campo los puntos de interés y de acuerdo a su disciplina dan a conocer su opinión sobre los posibles predios donde se contempla la construcción de la plataforma. Una vez se determina el predio más conveniente, el área ambiental, como parte de la segunda etapa, genera una zonificación actualizada de

acuerdo a lo observado en la visita de campo, la cual se envía al área civil para realizar los trabajos y estudios requeridos, con el fin de generar la última versión de diseño de la locación, la cual es entregada al cliente.

A partir de las actividades adelantadas por la empresa contratante en términos de licencias ambientales, y tomando los trabajos previamente desarrollados por cada área, se presenta el proyecto ante la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) para obtener los permisos respectivos. Tras la revisión correspondiente por parte de la ANLA para la locación Obiwan se determinaron inconsistencias, una de ellas respecto a un drenaje artificial, el cual se convirtió posteriormente en área de exclusión, para el cual la franja de exclusión comprende 30 m contados después del borde de inundación para un periodo de retorno de 15 años, generalmente.

De acuerdo a las observaciones realizadas por la ANLA y tomando como base el mapa de zonificación actualizado, en el mes de octubre del año 2019 se efectuaron los cambios requeridos para la segunda versión del proyecto (Ver *Figura 6.4*).



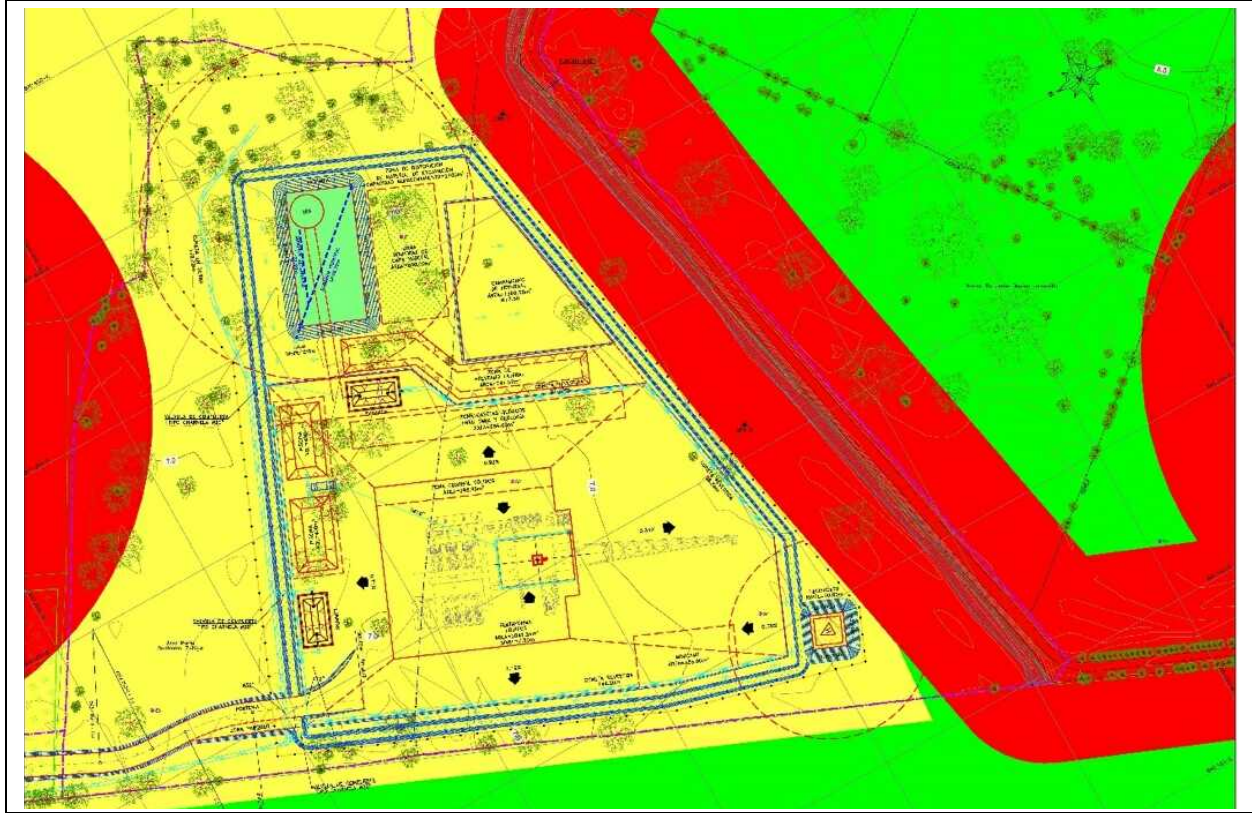


Figura 6.4 Restricciones y área de interés Obiwan (Primera y segunda versión)  
Recuperado de: Google Earth y equipo Ambiental-GIS de HOCOL S.A.

## 6.4 ESTUDIO GEOTÉCNICO Y DISEÑO DE LA VÍA DE ACCESO Y LOCACIÓN CICUCO 35

Con el fin de dar desarrollo al bloque de perforación exploratoria localizado en el departamento de Bolívar, en el municipio de Cicuco (*Figura 6.5*), HOCOL S.A. ha solicitado a GRADEX INGENIERÍA S.A. realizar el estudio geotécnico y diseño de la locación Cicuco 35. El estudio fue realizado entre los meses de agosto y septiembre de 2019.



Figura 6.5 Localización regional pozo Cicuco 35  
Recuperado de: Google Earth

Dentro de las solicitudes realizadas por HOCOL S.A. para los diseños de la locación se encuentra el cambio del cárcamo tipo 3 (CT-3) (Ver Figura 6.6, recuadro amarillo), con el fin de reducir costos de construcción para el sistema de drenaje. Dicho cárcamo se construye con el fin de conducir las aguas residuales, provenientes de la placa del taladro.

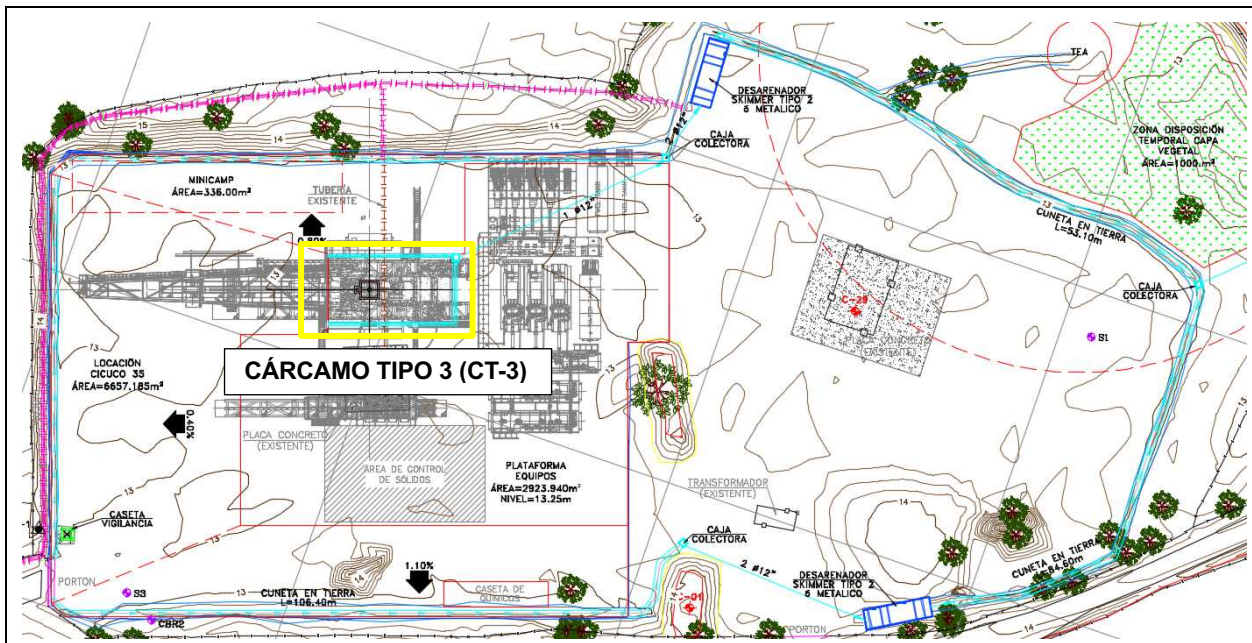
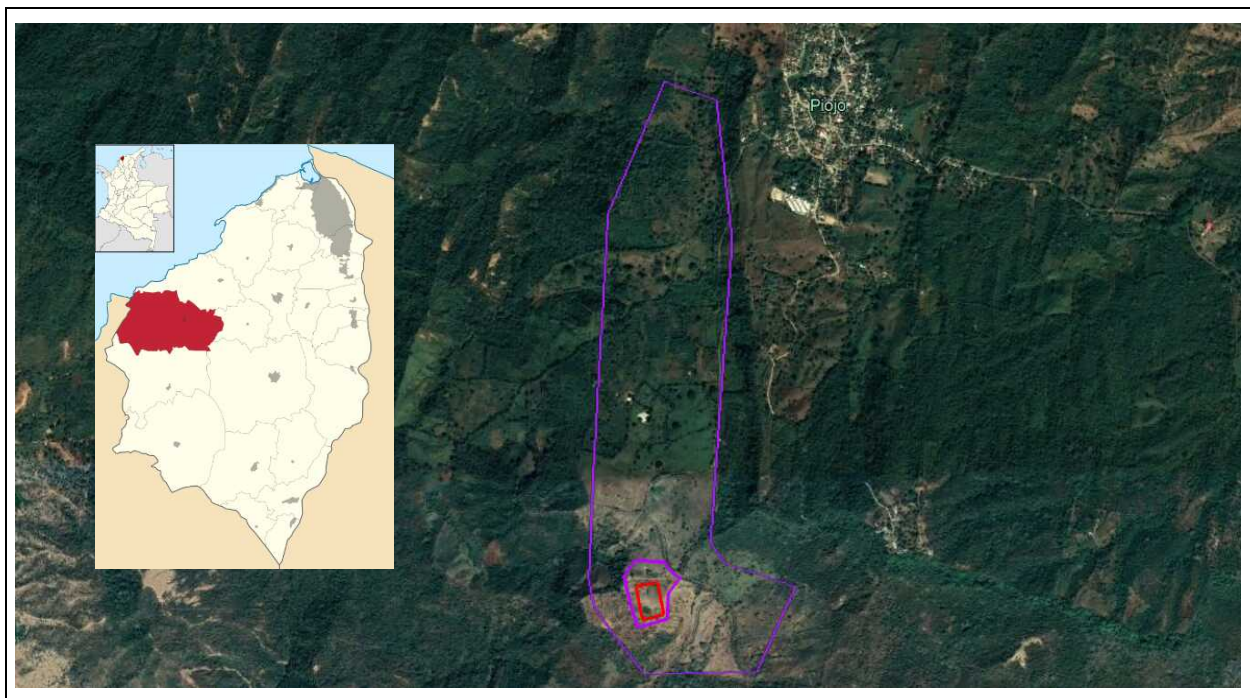


Figura 6.6 Cárcamo tipo 3 (CT-3), locación Cicuco 35  
Recuperado de: GRADEX INGENIERÍA S.A.

## 6.5 ESTUDIO GEOTÉCNICO Y DISEÑO DE LA VÍA DE ACCESO Y LOCACIÓN BASARÍ

Con el fin de dar desarrollo al bloque de perforación exploratoria Basarí localizado en el departamento de Atlántico, en el municipio de Piojó, HOCOL S.A. ha solicitado a GRADEX INGENIERÍA S.A. realizar el estudio geotécnico y diseño de la vía de acceso y locación Basarí.

La localización general del pozo Basarí con respecto a los municipios y corregimientos aledaños, se observa en la *Figura 6.7*. Éste se encuentra en la zona sur del casco urbano del municipio de Piojó, sobre la vía que comunica con Hibacharo, dentro del Área de Perforación Exploratoria (APE) Basarí en el Bloque RC-7.



*Figura 6.7* Localización regional APE Basarí  
Recuperado de: Google Earth

La elaboración de los estudios y los diseños civiles se realizó a partir de información recolectada en campo, información secundaria existente, levantamiento topográfico de las áreas de interés y de los resultados obtenidos a partir de la exploración del subsuelo.

El estudio tiene como propósito el diseño de alternativas para la locación y la vía de acceso, teniendo en cuenta las condiciones ambientales existentes. Este diseño tuvo en cuenta la caracterización geológica, geomorfológica y geotécnica, así como las condiciones climáticas e hidrológicas, tanto regionales como locales.

## **7 ACTIVIDADES DESARROLLADAS PARA LOS PROYECTOS ABORDADOS DURANTE LA PRÁCTICA EMPRESARIAL**

Las actividades que se presentan a continuación corresponden a los trabajos realizados directamente por el practicante para cada uno de los proyectos asignados durante la ejecución de la práctica empresarial.

### **7.1 ACTIVIDADES DESARROLLADAS PARA EL DISEÑO CIVIL DE LA VÍA DE ACCESO Y LOCACIÓN POZO GÜEPAJÉ SUR-1**

A continuación, se presenta la descripción de las actividades desarrolladas entre las fechas del 20 de agosto al 20 de octubre de 2019, las cuales comprenden la primera etapa de la práctica empresarial.

#### **7.1.1 Análisis hidráulico y diseño del sistema de drenaje superficial y subsuperficial**

Con el fin de realizar el análisis hidráulico requerido para el diseño del sistema de drenaje de la locación fue necesario seguir una serie de pasos y método, así como la aplicación de conceptos los cuales se describen a continuación.

- **Análisis hidráulico del sistema de drenaje superficial**

En primer lugar y para dar inicio a las actividades de diseño, se requirió la determinación de parámetros como la intensidad de la precipitación, las áreas aferentes a la locación y el coeficiente de escorrentía. Estos valores fueron extraídos del informe de hidrología, realizado para la locación Güepajé Sur-1.

El valor de intensidad se obtuvo a partir de las curvas IDF (Intensidad-Duración-Frecuencia) estimada por el IDEAM para la estación Carmen de Bolívar, ubicada aproximadamente a 18.5 km en el municipio de Carmen de Bolívar (Ver *Figura 7.1*). De acuerdo a esto se adoptó un valor de 116.7 mm/hr, que corresponde a precipitaciones con duraciones típicas de 30 minutos y un periodo de retorno de 25 años.



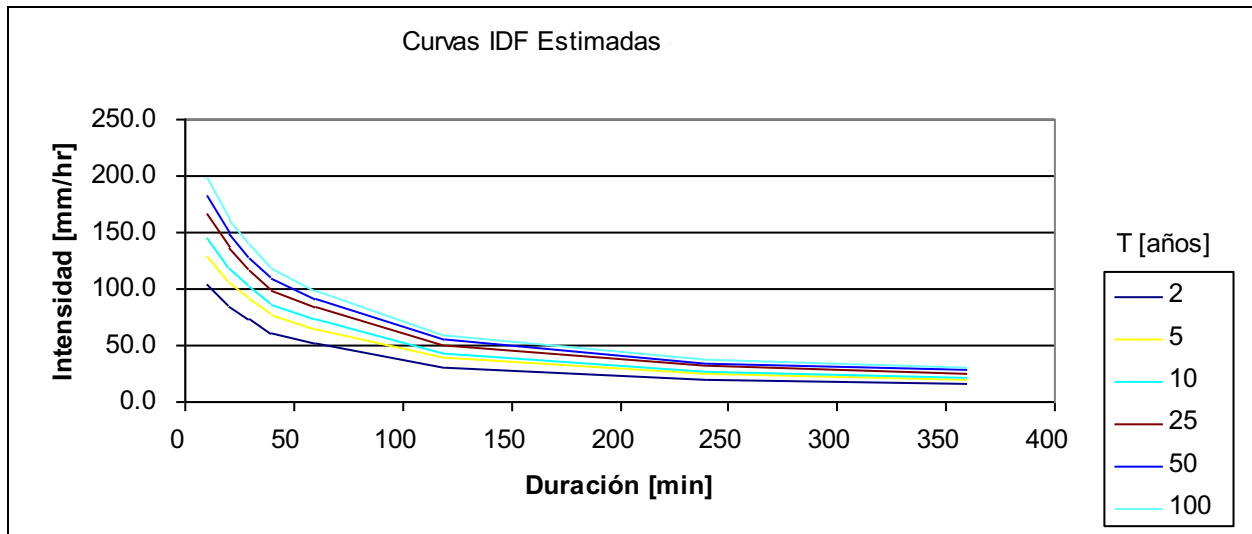


Figura 7.1 Curvas IDF estación Carmen de Bolívar  
Recuperado de: GRADEX INGENIERÍA S.A.

Acto seguido, se procedió a establecer los caudales correspondientes a cada tramo del sistema de drenaje, a partir de una hoja de cálculo del software Microsoft Excel, propiedad de GRADEX INGENIERÍA S.A. En ella, también se definieron los elementos geométricos de la sección transversal de una cuneta trapezoidal, la cual se empleará en los drenajes perimetrales de la locación, así como en el exterior, las cuales se revestirán en concreto y en manto permanente (geomanto), respectivamente (Ver Figura 7.2, líneas en color cyan y Figura 7.3).

De igual forma, dentro de la placa del taladro se construirán cárcamos con rejillas los cuales se conectarán a una caja colectora, de la cual saldrá una tubería de 12" de diámetro que conducirá las aguas provenientes de la placa al Desarenador – Trampa de Grasas Tipo 1, ubicado entre las piscinas de tratamiento, donde se llevará a cabo el proceso de retención de grasas e hidrocarburos.

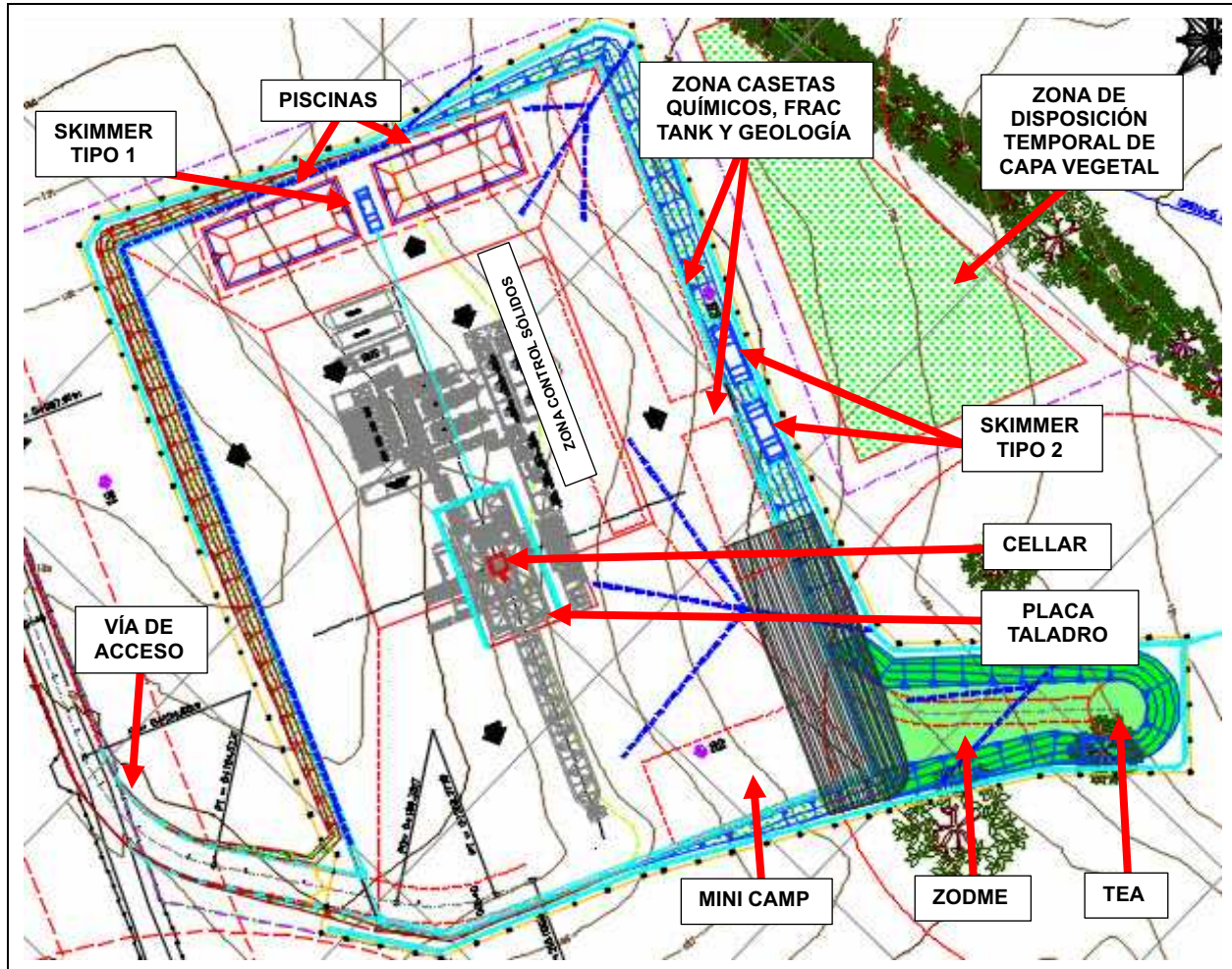


Figura 7.2 Locación Güepajé Sur-1  
 Recuperado de: GRADEX INGENIERÍA S.A. – con modificaciones del autor

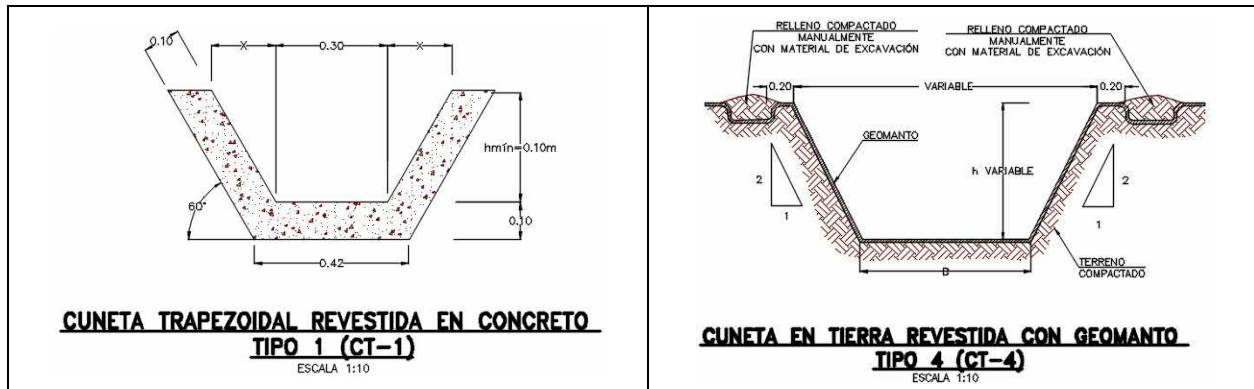


Figura 7.3 Cunetas trapezoidales revestidas en concreto y geomanto  
 Recuperado de: GRADEX INGENIERÍA S.A.

Las cunetas trapezoidales se diseñaron con bases que varían entre 0.30 y 0.50 m, pendientes entre 0.3% y 0.5% y con coeficientes de 0.013 en el caso del concreto y 0.03 en el caso del manto permanente. (Ver Figura 7.4). Una vez completados todos los datos en la hoja de cálculo, se emplea la opción “buscar objetivo”, de acuerdo al caudal de

cada tramo, con lo cual se obtiene la profundidad y el tirante respectivo, para dar inicio al diseño empleando AutoCAD Civil 3D.

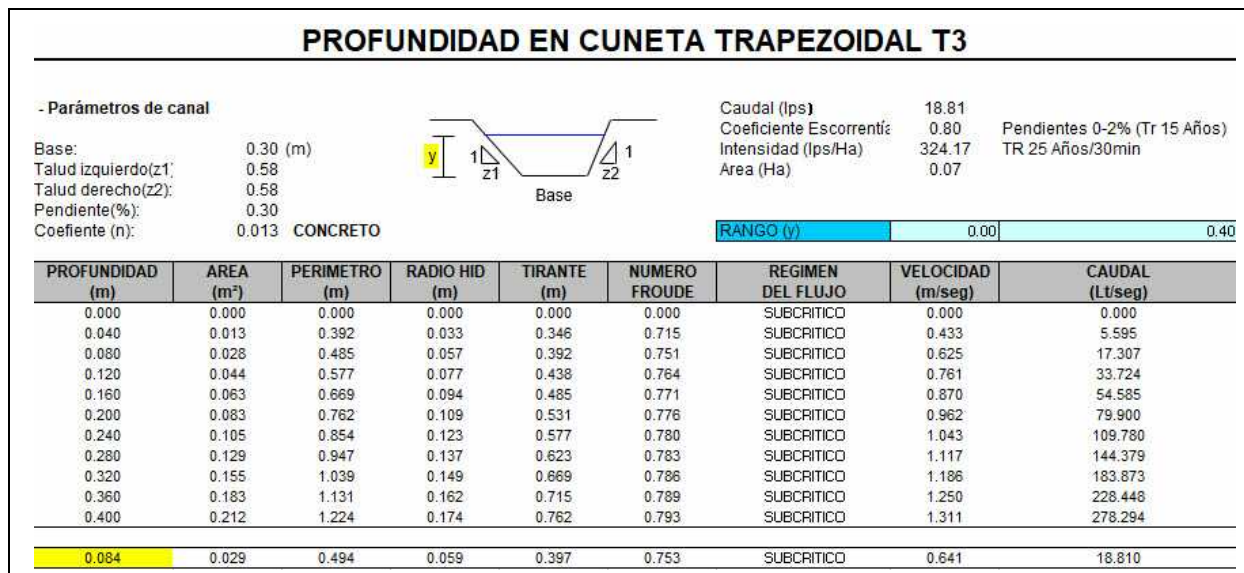


Figura 7.4 Hoja de cálculo cunetas trapezoidales  
 Recuperado de: GRADEX INGENIERÍA S.A.

- **Diseño del sistema de drenaje superficial**

Teniendo en cuenta la topografía del terreno, se contempló el diseño de un sistema de drenaje perimetral que permite la recolección y evacuación del agua de escorrentía hacia los drenajes naturales cercanos, con el fin de evitar la afectación directa de la locación y los equipos.

Uno de los criterios más importantes a tener en cuenta para el diseño de esta locación es la restricción de espacio, pues a diferencia de una locación promedio que puede tener áreas de aproximadamente 3.5 Ha y 4 Ha, esta cuenta con un espacio limitado de 1.5 Ha, de acuerdo a las especificaciones contenidas en la licencia ambiental, por lo cual se debe realizar una correcta distribución del espacio. Debido a esto, a lo largo del diseño del drenaje se debía verificar constantemente que los tirantes en los tramos no sobrepasaran los límites del proyecto y quedara el espacio suficiente para el paso de maquinaria.

Otro criterio fundamental fue diseñar los drenajes externos de forma escalonada, dado que la zona presenta pendientes que oscilan entre el 3% y el 8%. Para ello, se deben crear dos superficies, una con las curvas de nivel dadas por la topografía y otra de acuerdo a las cotas finales donde se ubicará la plataforma. Acto seguido se procede a crear perfiles para cada tramo del drenaje. Una vez creados los perfiles se realiza un offset, cuyo valor depende de la profundidad obtenida en la hoja de cálculo (Ver Figura 7.4, valor subrayado en amarillo). Posteriormente se procede a diseñar escalones, con pendientes entre 0.3% y 0.5% y altura de escalón de 25 cm, para este caso particular, los cuales se extienden hasta tocar el offset previamente realizado (Ver Figura 7.5). Esta acción se repite hasta llegar al final del tramo.

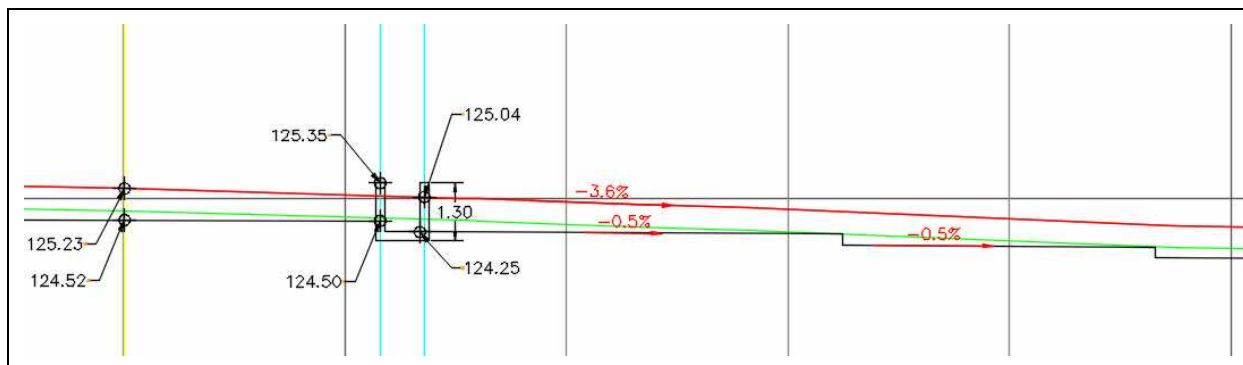


Figura 7.5 Cuneta trapezoidal escalonada

Como se mencionó anteriormente, la plataforma cuenta con un área central donde se ubica el equipo de perforación. Esta presenta bombeos mínimos de 0.30% con el fin de drenar el agua de escorrentía hacia las cunetas perimetrales. Dichas cunetas perimetrales descargan el agua hacia dos Desarenadores – Trampa de Grasas Tipo 2 (Skimmer tipo 2). Debido a que la cota de la plataforma se mantiene constante (128.20 m.s.n.m) el diseño de los cárcamos es más sencillo pues simplemente se inicia bajando 10 centímetros desde la línea del terreno y se proyecta una línea con pendiente de 0.30% hasta llegar a la caja direccional. Una vez allí, se proyecta una línea, correspondiente a la tubería de 12” de diámetro, la cual se extiende hasta el Desarenador – Trampa de Grasas Tipo 1 (Skimmer tipo 1). Esta cuenta con una pendiente de 0.5% a 15 centímetros por debajo del terreno, indicando que la tubería se encuentra atracada.

- **Diseño del sistema de drenaje subsuperficial**

Con el fin de dar manejo a las aguas que se infiltran en el suelo, abatir el nivel freático de la zona y proteger los taludes de relleno de la locación, se proyecta la construcción de subdrenajes (filtros franceses) (Ver *Figura 7.7*), en distribución “espinas de pescado” para captar dichas aguas y posteriormente disponerlas fuera de la locación.

Empleando el programa AutoCAD Civil 3D, se realizaron perfiles a partir de las curvas de nivel obtenidas de la topografía, para saber las pendientes en la zona y determinar en qué punto se podría realizar la entrega final de cada filtro, con lo cual se va modificando la ubicación de los filtros hasta definir cotas que cumplan con los criterios anteriores. De igual manera, es importante tener presente la existencia de cunetas y su ubicación, evitando conflicto entre ambos elementos.

Una vez verificada la ubicación y el cumplimiento de los parámetros descritos anteriormente, se determinan las cotas del terreno y del fondo de los filtros para ubicarlas en el plano correspondiente a drenajes subsuperficiales (Ver *Figura 7.6*).

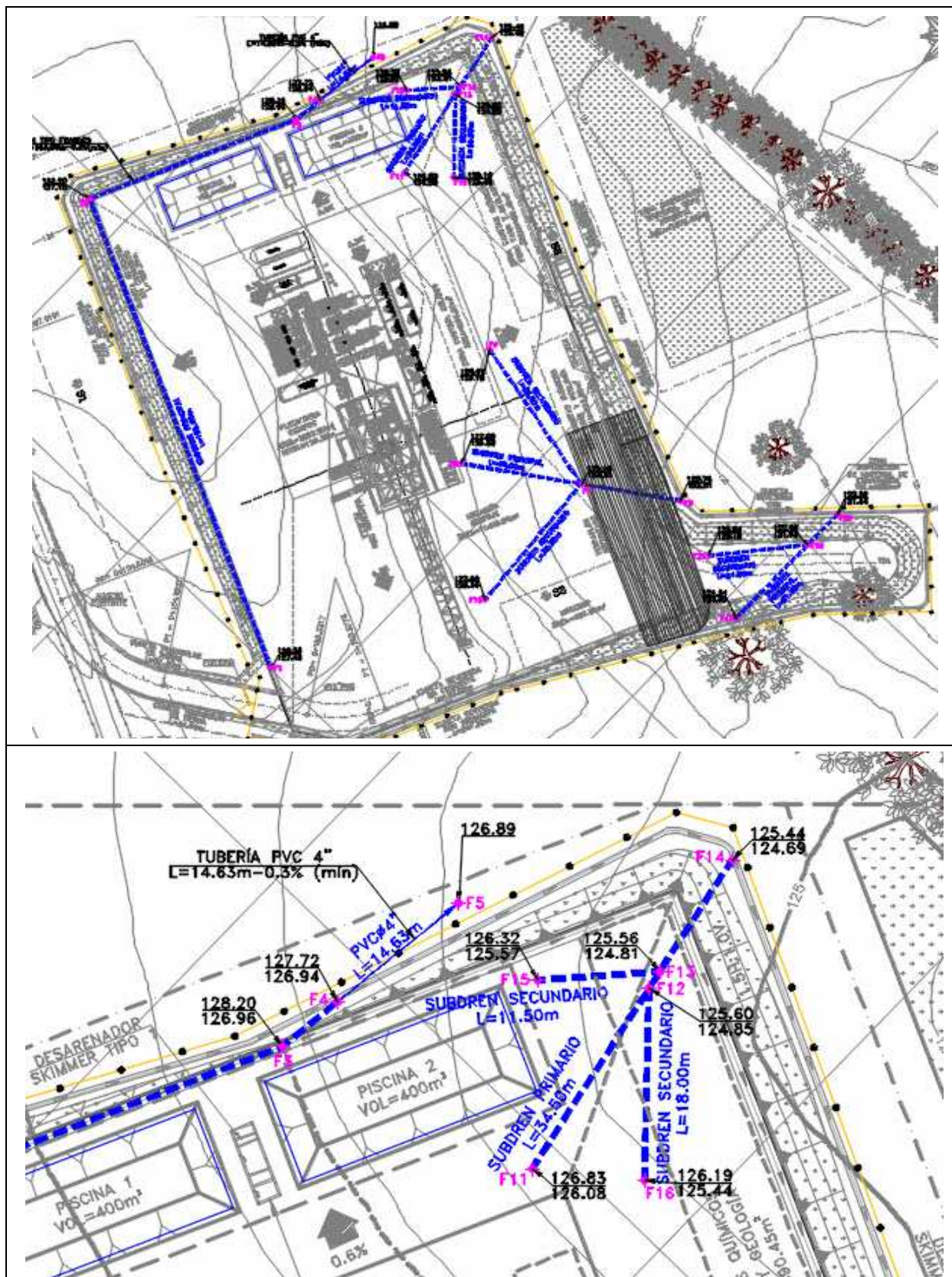


Figura 7.6 Drenajes subsuperficiales  
 Recuperado de: GRADEX INGENIERÍA S.A.

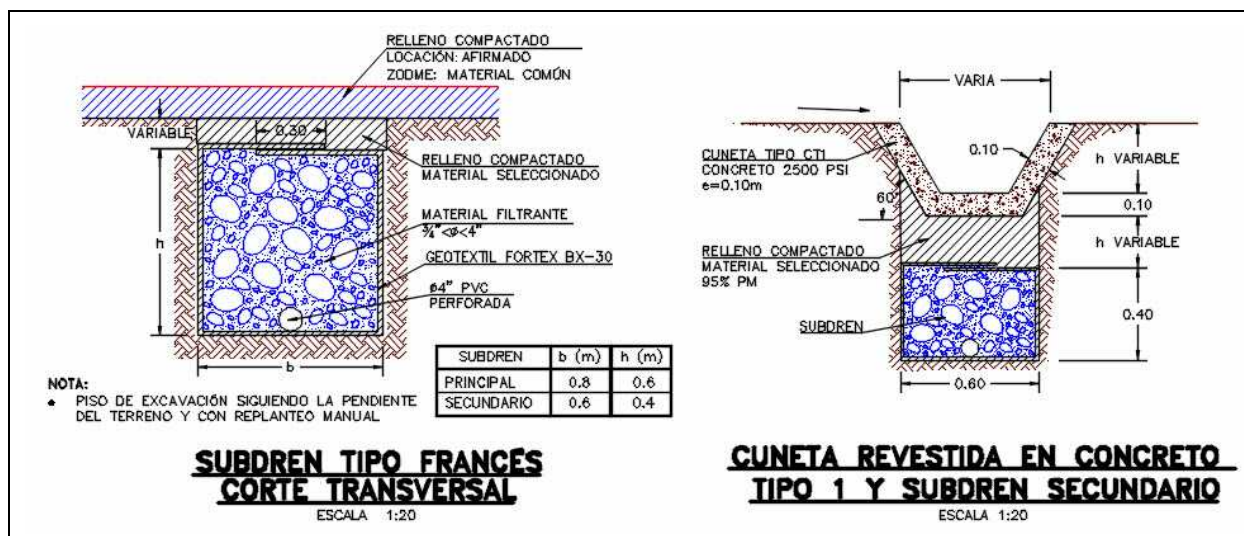


Figura 7.7 Subdren tipo francés - Sección transversal  
Recuperado de: GRADEX INGENIERÍA S.A.

## 7.1.2 Cantidades de obra y presupuesto

La siguiente actividad a realizar consistió en la determinación de cantidades de obra para las estructuras que conforman la plataforma, como lo son la placa de taladro, el cellar, los desarenadores, las cajas direccionales, las cunetas, los subdrenajes y el cárcamo, así como actividades a realizar dentro de la misma, como son las excavaciones, los rellenos y conformación de terraplenes, la empradización de taludes y obras para el control de erosión, entre otras.

Para ello se empleó una hoja de cálculo base brindada por GRADEX INGENIERÍA S.A., la cual se revisó y modificó a partir de los planos actualizados, con el fin de dar mayor exactitud y orden a los valores obtenidos. En la *Tabla 7.1* se presentan algunas de las tablas resumen donde se evidencia el cálculo de las cantidades de obra.

Tabla 7.1 Tablas resumen de cantidades de obra

1	OBRAS PRELIMINARES		
1,1	Localización, Trazado, Replanteo y Control Topográfico	Ha	1,70
1,2	Desmote y Limpieza de Cobertura Vegetal	Ha	
1,3	Disposición de Materiales en Zodmes	m <sup>3</sup>	1.281,76

3	RELLENOS Y TERRAPLENES		
3,1	Relleno General (90% de la densidad máxima del Proctor Modificado)	m <sup>3</sup>	11327,253
3,9	Afirmado con material de región. Sin transporte	m <sup>3</sup>	2579,4
8,8	Geotextil Tejido (<200 a < 300 gr/m2) 2400	m <sup>2</sup>	1980

2	EXCAVACIONES		
2,1	Descapote	m <sup>3</sup>	2993
2,2	Excavación general (mecánica)	m <sup>3</sup>	12609

TABLA RESUMEN CUNETAS					
Ítem	Descripción	Unidad	Subtotal	Imprevistos (10%)	TOTAL
2,5	Excavación Zanjas y Cunetas	m <sup>3</sup>	407,19	40,72	447,91
4,3	Concreto 2500 psi	m <sup>3</sup>	71,35	7,13	78,48
8,12	Manto Permanente Terratrac TRM 50 de Geomatrix	m <sup>2</sup>	2010,22	201,02	2211,25
3,1	Relleno general al 90% PM	m <sup>3</sup>	5,43	0,54	5,97
7,12	Suministro e instalación Tubería PVC f 12"	ml	62,64	6,26	68,90

Ítem	TABLA RESUMEN SKIMMER TIPO 1		
2,4	Excavación para estructuras	m <sup>3</sup>	47
3,2	Relleno Estructural (95% de la densidad máxima del Proctor Modificado)	m <sup>3</sup>	0
4,2	Concreto 3000 psi	m <sup>3</sup>	10,5
4,4	Concreto 1500 psi	m <sup>3</sup>	0,9
5,1	Acero de refuerzo fy = 60000 psi	Kg	68,2
5,1	Barandas en kg de acero	Kg	341,2
5,4	Malla Electrosoldada Q6	Kg	243,1
5,6	Ángulo Tipo AM-1 (L 1 ½"x1 ½"x1/8")	Kg	39,1
5,7	Angulo L2" x 2" x 1/8"	Kg	52,5
12,2	Rejilla Skimmer	Kg	593,1
12,4	Cinta pvc tipo 1	ml	20,7

Ítem	TABLA RESUMEN SKIMMER TIPO 2		
2,4	Excavación para estructuras	m <sup>3</sup>	112
3,2	Relleno Estructural (95% de la densidad máxima del Proctor Modificado)	m <sup>3</sup>	0
4,2	Concreto 3000 psi	m <sup>3</sup>	40,8
4,4	Concreto 1500 psi	m <sup>3</sup>	3,8
5,1	Acero de refuerzo fy = 60000 psi	Kg	189,5
5,1	Barandas en kg de acero	Kg	1137,0
5,4	Malla Electrosoldada Q6	Kg	915,3
5,6	Ángulo Tipo AM-1 (L 1 ½"x1 ½"x1/8")	Kg	109,5
5,7	Angulo L2" x 2" x 1/8"	Kg	147,2
12,2	Rejilla Skimmer	Kg	2604,8
12,4	Cinta pvc tipo 1	m	59,8

Ítem	TABLA RESUMEN SUBDRENAJES		
9,2	Construcción de filtros tipo francés	ml	449
7,14	Suministro e instalación Tubería PVC f 4" Perforada para filtro	ml	16

Ítems	TABLA RESUMEN PISCINAS		
2,2	Excavación general mecánica	m <sup>3</sup>	1144
2,4	Excavación estructuras	m <sup>3</sup>	47,59
3,1	Relleno general	m <sup>3</sup>	39,83
3,7	Sacos en suelo cemento	un	781,00
4,3	Concreto 2500 psi	m <sup>3</sup>	5,46
4,4	Concreto 1500 psi	m <sup>3</sup>	0,15
5,1	Barandas (en kg de acero)	kg	1687,61
5,4	Malla Electrosoldada Q6	kg	79,46
7,13	Suministro e instalación tubería PVC Ø 8" RDE 41	ml	9,33
8,1	Geomembrana 40 mils	m <sup>2</sup>	1073,28
8,4	Geotextil GNT-2	m <sup>2</sup>	1073,28
9,2	Construcción de filtro tipo francés	ml	42,15

11	OBRAS PARA CONTROL DE EROSIÓN Y REVEGETALIZACIÓN		
11,1	Conformación de taludes con material de descapote e=10cm	m <sup>2</sup>	2153
11,2	Revegetalización con biomanto	m <sup>2</sup>	655
11,11	Barreras de madera (trinchos)	ml	308

Ítems	TABLA RESUMEN PLACA TALADRO		
2,4	Excavación para estructuras	m <sup>3</sup>	816
4,2	Concreto 3000 psi	m <sup>3</sup>	87
4,4	Concreto 1500 psi	m <sup>3</sup>	17
5,1	Acero de refuerzo fy = 60000 psi	kg	147
5,5	Malla Electrosoldada Q7	kg	4916
8,14	Geotextil (> 300gr/m <sup>2</sup> ) 4000	m <sup>2</sup>	1945,9
3,8	Afirmado con sub base. Sin transporte	m <sup>3</sup>	610,3
3,2	Relleno Estructural (95% de la densidad máxima del Proctor Modificado)	m <sup>3</sup>	610,3

Ítem	TABLA RESUMEN CELLAR		
2,4	Excavación para estructuras	m <sup>3</sup>	34,4
3,2	Relleno Estructural (95% de la densidad máxima del Proctor Modificado)	m <sup>3</sup>	0,0
4,2	Concreto 3000 psi	m <sup>3</sup>	13,79
4,4	Concreto 1500 psi	m <sup>3</sup>	0,54
5,1	Acero de refuerzo fy = 60000 psi	Kg	132,26
5,5	Malla Electrosoldada Q7	Kg	690,05
12,4	Cinta pvc tipo 1	ml	16,016

Ítem	TABLA RESUMEN CÁRCAMOS		
2,4	Excavación para estructuras	m <sup>3</sup>	9
4,2	Concreto 3000 psi	m <sup>3</sup>	6
5,5	Malla electrosoldada Q7	Kg	264
5,7	Angulo 2" x 2" x 1/4"	Kg	677
12,3	Rejilla tipo carcamo	Kg	2364

Cerramiento en Alambre de Puas de 5 hilos con poste en concreto		
<b>Total con imprevistos (10%)</b>	<b>627</b>	<b>ml</b>

Puertas de acceso		
Puerta de Acceso de 6 m Malla Eslabonada		1 Un
Puerta de Acceso de 1 m Malla Eslabonada		1 Un

En el caso de pestañas como las cunetas y el cárcamo se adecuaron las fórmulas para el cálculo del concreto, teniendo en cuenta la configuración del elemento estructural.

Entre los ítems de mayor relevancia en el presupuesto se encuentra el concreto (267 m<sup>3</sup>), el afirmado (3190 m<sup>3</sup>), el acarreo de material (383 m<sup>3</sup> - Km), la construcción de filtros tipo francés (492 ml) y las actividades de excavación (15837 m<sup>3</sup>), pues presentan valores significativos en comparación a otras actividades.

Una vez finalizado el cálculo las cantidades de obra se procede a amarrar dichas cantidades a los precios contractuales brindados por la empresa HOCOL S.A., para la determinación del presupuesto final de la plataforma, obteniendo un valor total de \$1.827.810.859,47 (Ver *Tabla 7.2*).



Tabla 7.2 Cantidades de obra y presupuesto

	B	C	D	E	F
148	Suministro e instalación de señales de tránsito preventivas	Und	\$ 364.573,00	2	\$ 729.146,00
149	Cuadrilla (1 oficial 4 obreros) con transporte	dia	\$ 976.451,00		
150	Suministro controlador vial día ordinario	Un	\$ 92.833,00	60	\$ 5.569.980,00
151	<b>TARIFAS MAQUINARIA PESADA</b>				
152	Buldozer 140HP (con Ripper)	Hr	\$ 175.000,00		
153	Retroexcavadora de Orugas	Hr	\$ 168.750,00		
154	Retrocargador	Hr	\$ 112.500,00		
155	Motoniveladora	Hr	\$ 175.000,00		
156	Vibrocompactador	Hr	\$ 112.500,00		
157	Carrotanque	Viaje	\$ 1.000.000,00	8	\$ 8.000.000,00
158	<b>MANTENIMIENTO VIAS</b>				
159	Reconformación de vías 6 m con adición de afirmado (e=5cm). Sin acarreo	Km	\$ 6.969.241,00		
160	Reconformación de vías 6m sin adición de afirmado	Km	\$ 2.139.469,00	0,165	\$ 353.012,39
161	Remoción de Afirmado vía y conformación de área	m3	\$ 8.611,00		
162	<b>MANTENIMIENTO LOCACIONES</b>				
163	Reconformación de plataforma con de afirmado (e=5cm), Pozos exploratorios, Si	m2	\$ 1.738,00		
164	Reconformación de plataforma sin adición de material	m2	\$ 590,00		
165	Remoción de derrumbes	m3	\$ 6.828,00		
166	Limpieza de cunetas	ml	\$ 9.088,00		
167	Roceria	m2	\$ 339,00		
168	Imprimación	m2	\$ 2.681,16		
169	Reparqueo	m2	\$ 798.529,00		
170	Remoción de Afirmado locacion y conformación de área	m3	\$ 5.973,00		
171				<b>TOTAL</b>	<b>\$ 1.476.899.530,92</b>
172					<b>\$ 1.191.048.008,81</b>
173	<b>Movilizacion y desmovilizacion Contratista</b>	4%			<b>\$ 47.641.920,35</b>
174					<b>\$ 1.238.689.929,16</b>
175	<b>AIU</b>	24%			<b>\$ 1.535.975.512,16</b>
176		<b>Acompañamiento e interventoria = 15%</b>			<b>\$ 221.534.929,64</b>
177					<b>\$ 1.757.510.441,80</b>
178	<b>AJUSTE POR IPC</b>	4%			<b>\$ 1.827.810.859,47</b>

Recuperado de: GRADEX INGENIERÍA S.A.

### 7.1.3 Correcciones de detalles en planos

La siguiente actividad consistió en la corrección del plano del contrapozo y el diseño del detalle correspondiente al terraplén reforzado.

#### 7.1.3.1 Plano del contrapozo y placa del taladro

Debido a las bajas propiedades del suelo en el sector donde se proyecta la construcción de la placa de concreto reforzado para apoyar el taladro, y de acuerdo a las recomendaciones geotécnicas, se debe realizar el mejoramiento del suelo a 1.0 m de profundidad en un área de 27.30 m de largo por 16.20 m de ancho, el cual posteriormente será reemplazado con una capa de material granular compactado al 98% del proctor modificado y reforzado con capas de geotextil tejido, dispuestas cada 0.50 m.

Con base en la información anterior y los datos de la placa del taladro definidos en el diseño estructural, realizado por el ingeniero especialista correspondiente, se realizó el detalle respectivo para el mejoramiento del área del taladro, empleando el programa AutoCAD Civil 3D. (Ver *Figura 7.8*).

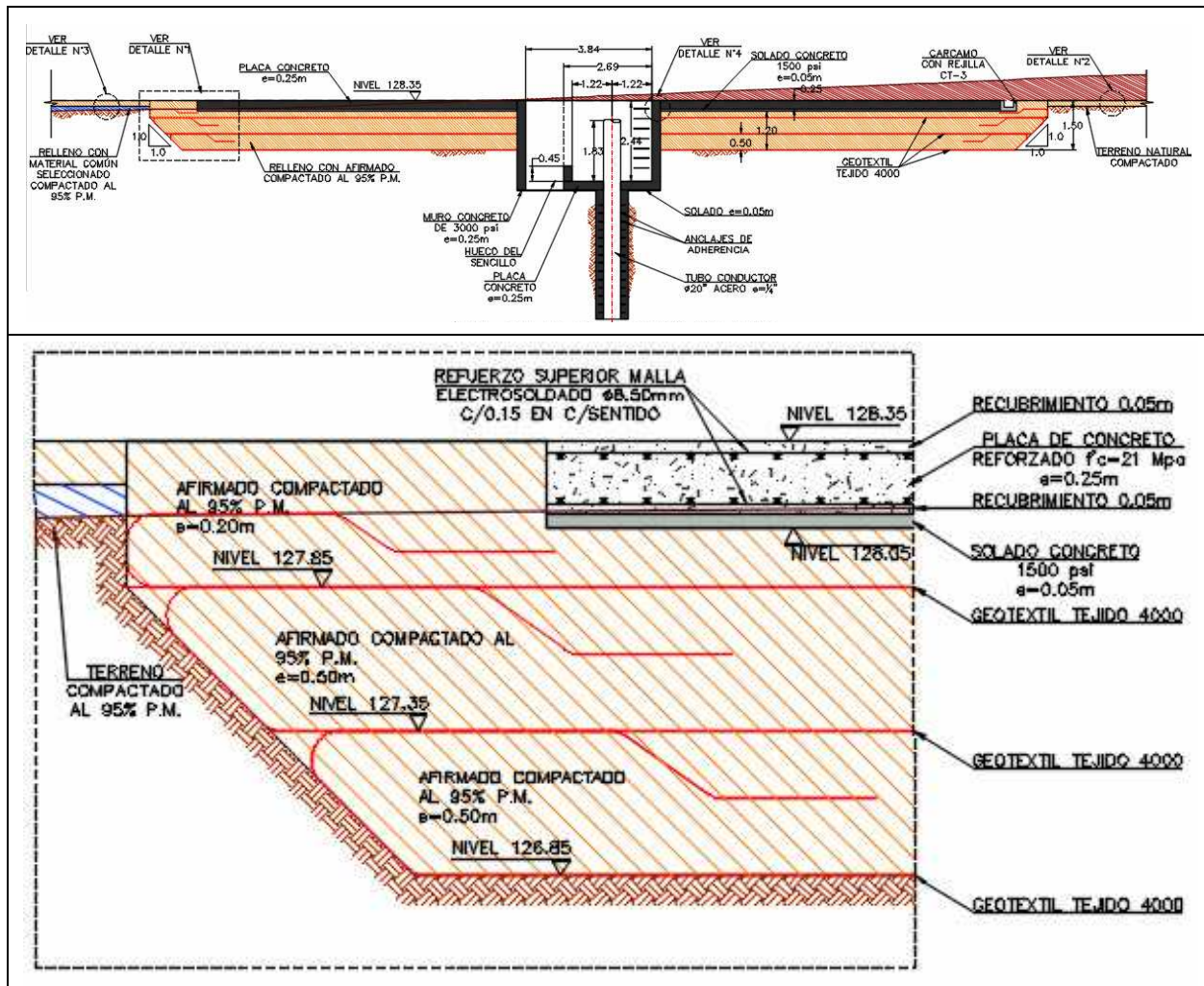


Figura 7.8 Área de mejoramiento del taladro  
Recuperado de: GRADEX INGENIERÍA S.A.

De igual manera, fue necesario realizar el despiece de la placa del taladro, dado que esta no había sido empleada en proyectos anteriores. Esto se hace con el fin de determinar el área de las mallas, las cantidades y los traslapes entre ellas.

Para poder realizar el despiece de la placa se requieren ciertos datos como los son las dimensiones del contrapozo y las características del taladro que se utilizará para la perforación. La empresa HOCOL S.A. definió el uso del taladro RIG 109 de Tuscany, razón por la cual la placa contará con dimensiones de 24.40 m de largo por 13.30 m de ancho. Por otro lado, se empleará un celular de 8"x8".

Una vez definidos estos valores, se procede a realizar la configuración de las mallas, buscando generar el menor desperdicio de espacio, lo cual se traducirá en menores gastos de material en la fase de construcción. Así mismo, los traslapes entre mallas deben estar entre 30 cm y 20 cm, esto último con el fin de realizar un correcto empalme entre los elementos y una óptima transferencia de esfuerzos. (Ver Figura 7.9).

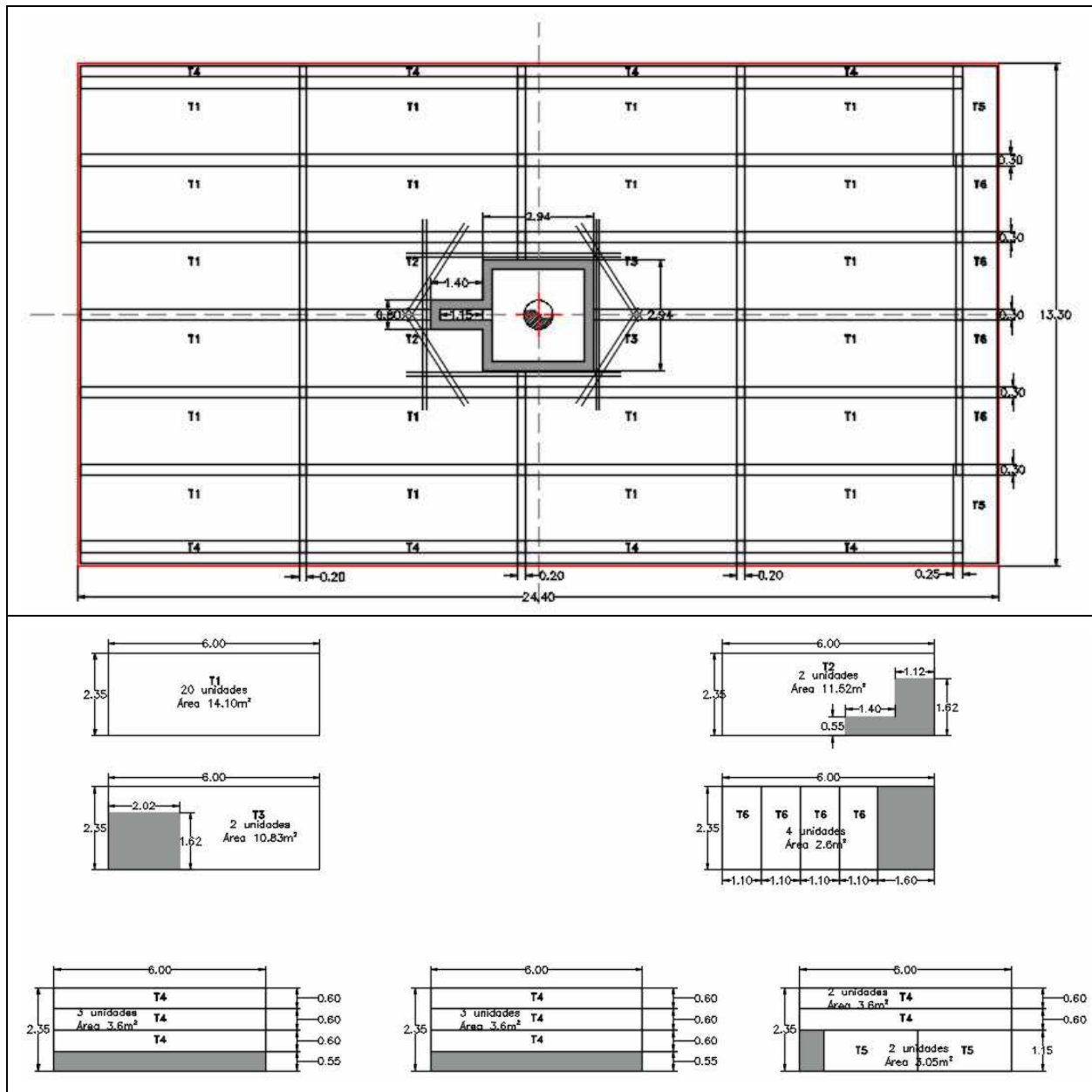


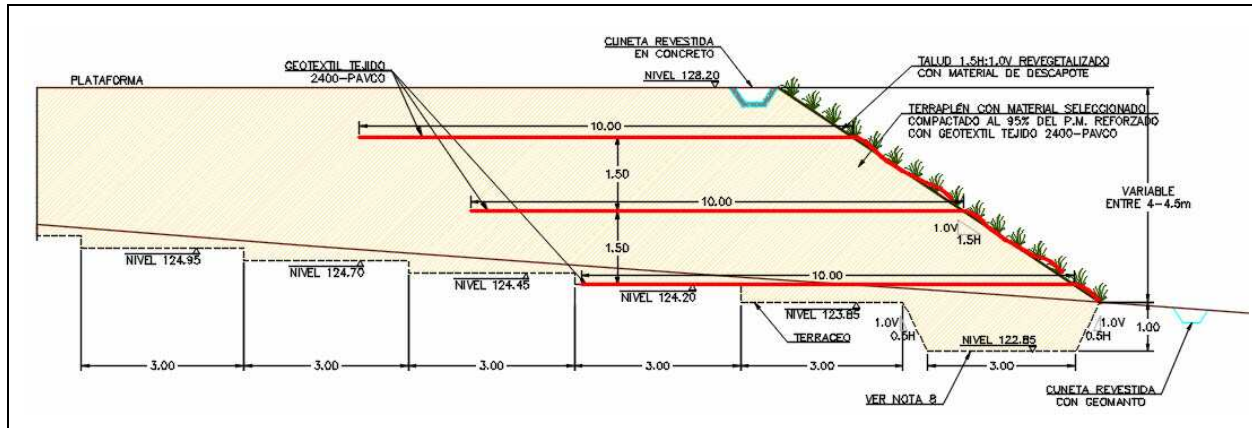
Figura 7.9 Despiece placa de taladro  
 Recuperado de: GRADEX INGENIERÍA S.A.

### 7.1.3.2 Detalle terraplén reforzado

Dado que los suelos presenten en el área no son propicios para la construcción de terraplenes altos o sujetos a cargas importantes, se contempla el mejoramiento del suelo mediante la instalación de capas de geotextil tejido con longitudes de 10.0 m, dispuestas casa 1.50 m, para terraplenes con alturas mayores a 4.0 m.

De igual forma, tanto para las áreas de terraplén reforzado y no reforzado, se planea realizar un cimienta con inclinación 0.5H:1.0V y un terraceo, antes de llevar a cabo la conformación del relleno.

Para iniciar el dibujo del detalle fue necesario definir, de acuerdo a las curvas de nivel, el área donde se presentaban terraplenes con alturas superiores a 4.0 m. Posteriormente, se realizó una sección transversal en el lugar donde se presentaba la mayor altura, y a partir de las superficies creadas de la plataforma y del terreno se obtuvo el perfil sobre el cuál se trazaron los detalles y se definieron las cotas y longitudes a tener en cuenta al momento de la construcción. (Ver *Figura 7.10*).



*Figura 7.10* Detalle terraplén reforzado  
Recuperado de: GRADEX INGENIERÍA S.A.

#### 7.1.4 Realización del informe de entrega para la empresa contratante

Una vez se tienen definidos todos los parámetros de diseño y los anexos como el estudio geotécnico, la geología, la hidrología, la información topográfica, los planos y las cantidades de obra y presupuesto, se procede a realizar el informe (*Figura 7.11*), el cual será entregado a HOCOL S.A., donde se explicarán los detalles del proyecto.

Para iniciar el informe se tuvo en cuenta un informe base correspondiente a otro proyecto, realizado por GRADEX INGENIERÍA S.A., con el objetivo de seguir la misma estructura manejada por la empresa.



**GRDDEX**

Gradex Ingeniería S.A.

## **ESTUDIO GEOTÉCNICO Y DISEÑO CIVIL DE LA VÍA DE ACCESO Y LOCACIÓN POZO GÜEPAJÉ SUR-1**

### **INFORME FINAL**

#### **ÍNDICE GENERAL**

	Pág.
<b>1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>2</b>
<b>1.1 OBJETIVO DEL ESTUDIO .....</b>	<b>2</b>
<b>1.2 ANTECEDENTES .....</b>	<b>2</b>
<b>1.3 LOCALIZACIÓN DEL POZO GÜEPAJÉ SUR-1 .....</b>	<b>3</b>
<b>1.4 ALCANCES DEL ESTUDIO .....</b>	<b>4</b>
<b>1.5 METODOLOGÍA .....</b>	<b>4</b>
1.5.1 Información de referencia.....	4
1.5.2 Trabajos realizados .....	5
1.5.3 Productos Entregables .....	5
1.5.3.1 Levantamiento topográfico .....	6
1.5.3.2 Geología y geotecnia.....	6
1.5.3.3 Esquema general de la locación .....	6
1.5.3.4 Diseño de la vía de acceso a la locación .....	6
1.5.3.5 Elaboración del informe.....	6

*Figura 7.11* Portada informe estudio geotécnico y diseño civil de la vía de acceso y locación pozo Güepajé Sur-1  
Recuperado de: GRADEX INGENIERÍA S.A.

A este informe, aparte de adjuntar la información anteriormente nombrada, le fueron añadidas las coordenadas del área de perforación exploratoria, las coordenadas de interés geológico y la localización respectiva del lote donde se construirá la plataforma.

Así mismo, se incluyó una descripción de los diseños de la locación y la vía de acceso, donde se explicó la configuración general del área de la locación, las áreas correspondientes a las facilidades, los movimientos de tierras y la disposición del material sobrante de la excavación, la cimentación del equipo del taladro y los equipos principales, el diseño de las piscinas, los diseños para los taludes de corte y relleno, los sistemas de drenaje y los parámetros constructivos y de diseño para la vía de acceso.

Posteriormente, se realizó un capítulo dedicado al proceso constructivo sugerido. En él se incluyeron ítems como la movilización dentro del proyecto, la localización, trazado, replanteo y control topográfico, el acceso al lote y el desmote, el descapote del terreno y la construcción de zanjas de coronación, el terraceo del terreno y la construcción de subdrenes en el sector donde se realizará los terraplenes, los movimientos de tierras (cortes y rellenos) y las actividades complementarias como la construcción de la placa del taladro y el contrapozo, la instalación de las capas de afirmado, la construcción de cunetas y la empradización de los taludes. En esta parte del informe se sugiere el orden en que se deberían realizar las actividades, algunas recomendaciones para el constructor y se destacan los aspectos más relevantes a tener en cuenta durante la etapa de construcción.

Finalmente, se dieron a conocer las conclusiones, las recomendaciones, las obras propuestas y las limitaciones de los diseños. Entre las principales se encuentra la clasificación de los suelos en limos y arcillas ligeramente a medianamente plásticas, la ejecución de movimientos de tierras en época de verano, el mejoramiento de la placa del taladro, la instalación de un dren francés en el pie de los taludes de corte, la revegetalización inmediata de los taludes de corte debido a que los suelos son altamente erodables, el terraceo del lote antes de la conformación de los terraplenes, la construcción de cunetas perimetrales con sección trapezoidal, las pendientes de los taludes de corte de 1.0H:1.0V, los taludes de relleno con inclinación máxima de 1.5H:1.0V y la conexión de la vía de acceso con la vía existente (Ruta Nacional 78, Vía San Pedro - Magangué).

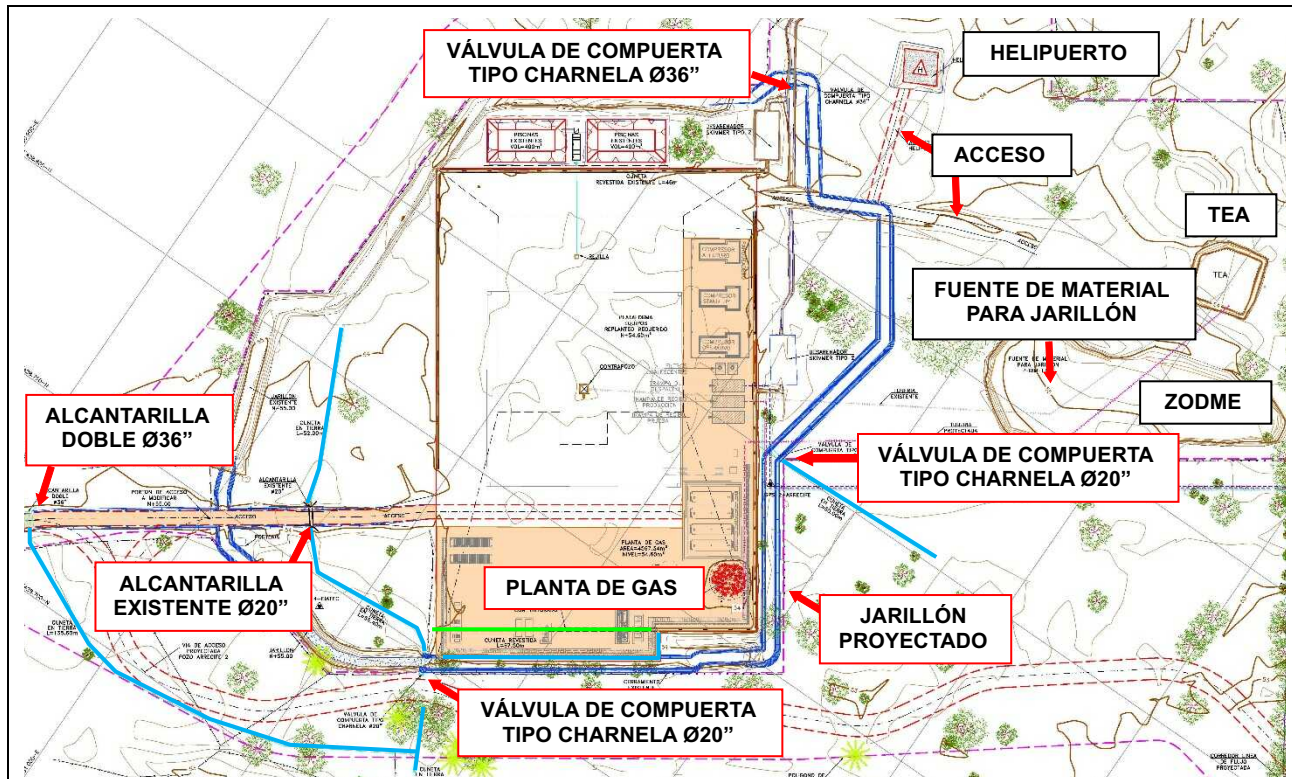
## **7.2 ACTIVIDADES DESARROLLADAS PARA EL DISEÑO DE OBRAS DE CONTROL DE INUNDACIONES PARA LOCACIÓN Y VÍA DE ACCESO POZO ARRECIFE**

A partir del análisis de la información topográfica actualizada y los registros fotográficos, durante y después de la construcción de la locación, se puede identificar que los eventos de inundación al interior de la plataforma Arrecife, fueron el producto del desbordamiento del caño Aguas Claras a causa de diferentes factores naturales y antrópicos como: la intensidad de las precipitaciones, las condiciones geomorfológicas de la zona del proyecto (planicies de inundación), la baja velocidad del flujo superficial que ocasionaba retención del mismo y el ingreso del contraflujo por la salida del drenaje principal. Sumado a lo anterior, los modelos hidrológicos predecían niveles de inundación que llegaban hasta los 40 cm de lámina de agua, sin embargo, las inundaciones presentadas alcanzaron hasta los 90 cm aproximadamente en algunas zonas.

Los modelos hidrológicos se realizaron con base en la información suministrada por el equipo ambiental de la empresa contratante, a petición de ellos. Sin embargo, los datos empleados para la determinación de cotas máximas de inundación por parte del área ambiental son poco detallados, pues se basan en imágenes satelitales y modelos digitales de elevación (DEM). Sin embargo, para el diseño civil se requiere mayor precisión, debido a que los alcances difieren de una actividad a otra. Se considera que este hecho pudo contribuir en las predicciones hidrológicas y la posterior inundación de la plataforma.

Analizando visualmente la entrada del flujo de inundación a la locación Arrecife, la extensión y propagación de la inundación, la velocidad del flujo y altura de la lámina de agua, se proponen las obras de drenaje para la prevención, atención y mitigación del riesgo por desbordamiento del caño Aguas Claras dentro de la zona de interés.

En la *Figura 7.12* se presenta la distribución actual de la locación, así como las obras proyectadas para el control de inundaciones.



*Figura 7.12* Distribución general actual de la locación Arrecife y obras proyectadas  
Recuperado de: GRADEX INGENIERÍA S.A.

Para el control de inundación por el desbordamiento del caño Aguas Claras, se proponen líneas generales de manejo externo e interno.

- **Manejo Externo**

Dentro de las alternativas de manejo externo se plantea extender la construcción del jarillón perimetral de forma que rodee completamente la plataforma (línea azul oscura, *Figura 7.12*) creando una barrera de protección contra posibles inundaciones al interior de la misma, empleando para ello material proveniente del ZODME. De igual manera, se requiere modificar el acceso a la locación, elevando el portón existente mediante la conformación de un relleno de aproximadamente 1.0 m, hasta alcanzar la cota 55 msnm.

Adicionalmente, se plantea un sistema de drenaje superficial, que consiste en la construcción de cunetas trapezoidales en tierra que conducen el agua a través de válvulas de compuerta tipo charnela hacia la zona exterior del área de interés (líneas celestes, *Figura 7.12*).

- **Manejo Interno**

Como alternativas de manejo interno, se recomienda contar con un sistema de bombeo al norte de la plataforma que permita drenar el área de interés en caso de alguna contingencia. Este sistema de bombeo estará compuesto por un par de bombas de 25 hp ubicadas a la salida del desarenador-trampa de grasas tipo 2, junto a la válvula de compuerta tipo charnela de 36". Igualmente, se recomienda la construcción de dos alcantarillas de Ø36", una doble y una sencilla, que conduzcan las aguas de lado a lado a la vía de acceso a la locación, para evitar inundación de la misma.

Adicionalmente, de acuerdo a los requerimientos de HOCOL S.A., se propone la adecuación de una zona al costado sur para la instalación de una planta de gas dentro de la plataforma, con el fin de llevar a cabo el procesamiento del hidrocarburo extraído, que consiste en el levantamiento de aproximadamente 60 cm de espesor de relleno, con una capa de 15 cm afirmado. Para llevar a cabo el proceso de adecuación de la zona, se debe rellenar con triturado la cuneta existente ubicada al costado sur (línea verde, *Figura 7.12*) y se debe realizar la adecuación de este tramo del canal ubicándolo al borde de la planta de gas (línea celeste bajo la línea verde, *Figura 7.12*).

Las actividades realizadas, las cuales se describen a continuación, comprenden la primera parte de la segunda etapa dentro del marco de la práctica empresarial, con fechas del 21 de octubre al 4 de noviembre de 2019.

### **7.2.1 Cálculo y determinación del sistema de bombeo**

El sistema de bombeo proyectado para la plataforma Arrecife, ubicado junto a la válvula de 36" (Ver *Figura 7.12*), comprende dos bombas centrífugas de 25 hp, cada una con capacidad para evacuar 112 lps y con diámetros de succión y descarga de aproximadamente 10". El uso de estas máquinas tiene como fin recolectar el agua que se acumula dentro de la plataforma, dado que esta se encuentra hermética, y disponerla fuera del sitio de interés.

Para el cálculo de la potencia requerida por las bombas se determinó del caudal posible a partir del método racional, asumiendo una intensidad de 115 mm/hr, un coeficiente de escorrentía de 0.35 y un área de 2 Ha, correspondiente a la locación.

Posteriormente, se efectuó el cálculo de la potencia hidráulica asumiendo una altura dinámica total de 10 m.c.a. Seguidamente, se determinó la potencia al freno, empleando una eficiencia del 65%, para finalmente establecer una potencia de la bomba de 25 hp, empleando un incremento del 10% en relación al valor anteriormente obtenido de la potencia al freno. La memoria de cálculo se puede observar en la *Figura 7.13*.



CÁLCULO DE POTENCIA BOMBA CENTRÍFUGA				
Caudal (lps)	223.61	Método Racional	Cálculo Potencia al Freno	
Coefficiente Escorrentía	0.35			
Intensidad (lps/Ha)	319.44		Potencia hidráulica (hhp)	29.42
Área (Ha)	2.00		Eficiencia de la bomba	0.65
Caudal para 1 sola bomba (lps)	111.81		Potencia al freno (bhp)	45.27
			Cálculo Potencia Bomba	
Cálculo Potencia Hidráulica				
			Potencia al freno (bhp)	45.27
Altura dinámica total HDT (m.c.a)	10		Incremento	1.10
Caudal de bombeo (lps)	223.61		Potencia bomba (hp)	49.79
Potencia hidráulica (hhp)	29.42			
			Como son dos bombas:	
			Potencia de 1 bomba (hp)	24.90
			Potencia comercial motor (hp)	25

Figura 7.13 Cálculo de potencia bomba centrífuga

Para el cálculo de potencia, teniendo en cuenta un caudal y altura establecidos, se emplearon las siguientes fórmulas:

$$\text{Potencia hidráulica (hhp)} = \frac{Q}{76} * HDT$$

$$\text{Potencia al freno (bhp)} = \frac{hhp}{\varepsilon}$$

$$\text{Potencia requerida (Pot)} = bhp * incremento$$

Donde:

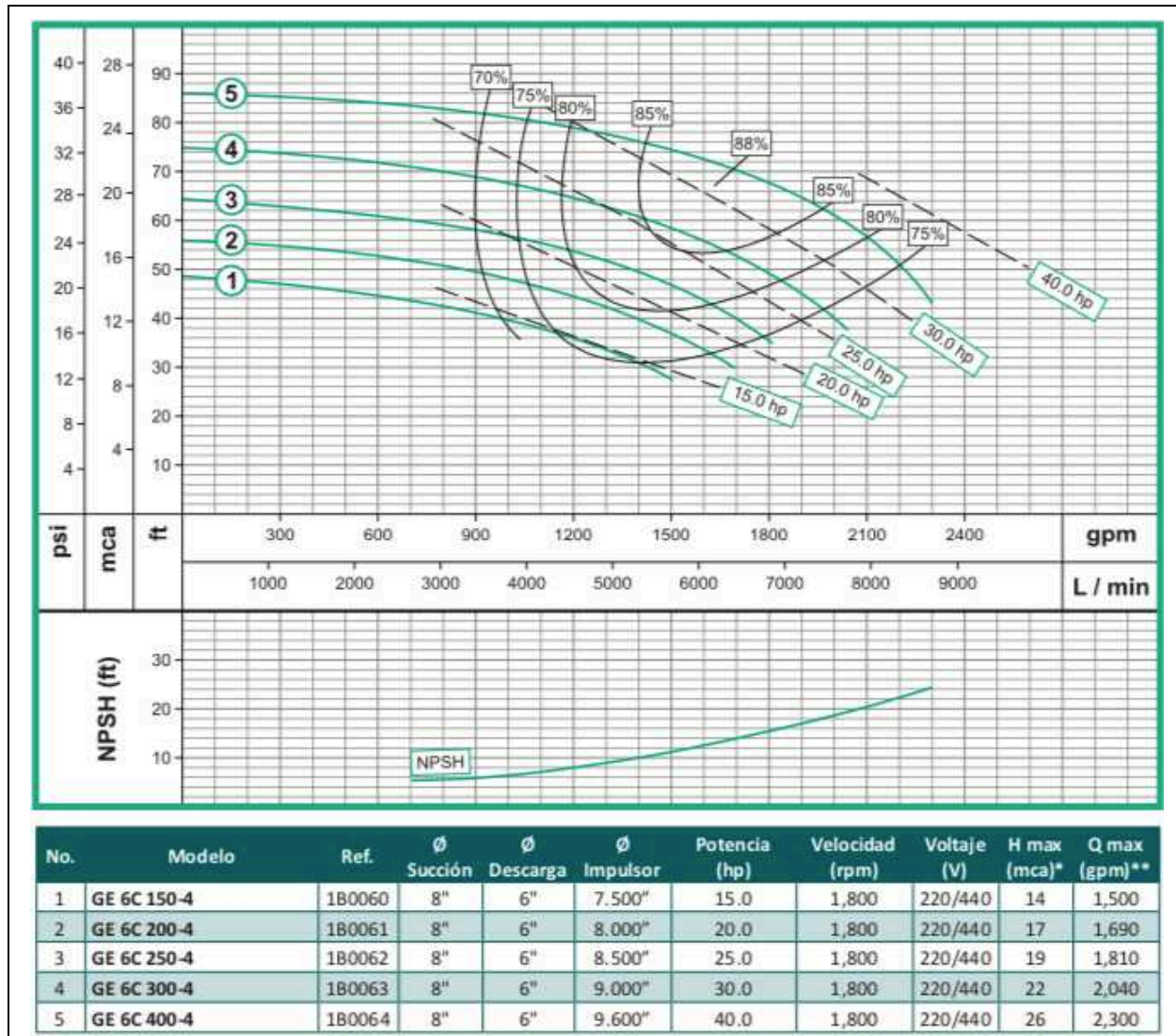
- Q = Caudal de bombeo (lps)
- HDT = Altura dinámica total (m.c.a)
- $\varepsilon$  = Eficiencia. (Cuando no se conozca el valor exacto de la eficiencia de la bomba se recomienda usar 65%).

A partir de la potencia al freno obtenida es posible determinar el porcentaje de incremento a partir de la *Tabla 7.3*:

Tabla 7.3 Incremento a partir de la potencia al freno

POTENCIA REQUERIDA	
Potencia al freno (hp)	Incremento
< 2	50%
2 – 5	30%
5 – 10	20%
10 – 20	15%
> 20	10%

Una vez se determinó el tipo de bomba requerida, de acuerdo a las condiciones específicas del proyecto, se comprobó la existencia de la misma a partir de la búsqueda de catálogos de proveedores a nivel nacional. Para ello se observaron las curvas de rendimiento, las cuales detallan la altura, consumo de potencia, eficiencia y NPSH en función del caudal. Se pueden observar algunos ejemplos de las curvas de rendimiento en la *Figura 7.14*.



*Figura 7.14* Curva de rendimiento típica de una bomba centrífuga  
Recuperado de: WDM Water Systems

## 7.2.2 Especificaciones técnicas y análisis de precios unitarios para válvulas de compuerta tipo charnela

A partir de la solicitud realizada por HOCOL S.A. para la creación de especificaciones técnicas y APU para las válvulas de compuerta tipo charnela de 20" y 36", fue necesario recolectar información base, entre ella las especificaciones técnicas de construcción de

HOCOL S.A. y formatos de Análisis de Precios Unitarios, propiedad de GRADEX INGENIERÍA S.A., con el objetivo de realizar estos nuevos ítems. Tanto las especificaciones técnicas como los APU comprenden el suministro e instalación de las válvulas antirreflujo.

### 7.2.2.1 Especificaciones técnicas

Para la creación de las especificaciones se solicitó al proveedor elegido la ficha técnica, el catálogo y las instrucciones para el manejo e instalación de las válvulas. A partir de esta información, y tomando un formato establecido, se redactaron los títulos correspondientes al alcance, descripción general del trabajo, procedimiento de instalación, ficha técnica (*Tabla 7.4*), personal, equipos, materiales, recibo del trabajo, precisión, tolerancias, medición, ítem y unidad de pago.

*Tabla 7.4* Ficha técnica para válvulas de compuerta tipo charnela

<b>Descripción de las válvulas charnela</b>	Son válvulas destinadas a proteger sistemas de desagüe, generalmente por gravedad, que instaladas en el descole del sistema protegido permiten la salida del contenido, pero evitan la devolución accidental ante una creciente del emisario final.
<b>Diámetro nominal y diámetro efectivo interno de la válvula</b>	El diámetro nominal de la charnela corresponde al mismo diámetro nominal del tubo donde se instala.
<b>Proceso constructivo</b>	Los elementos independientes de las charnelas son de una sola pieza, producidos monolíticamente para garantizar su estabilidad sin riesgo de ensambles que se desajusten por el uso.
<b>Peso unitario</b>	Promedio 46 kg por metro cuadrado de sección de paso.
<b>Material del cuerpo y la tapa de la válvula</b>	RPRT = Resina poliestérica termoestable reforzada con fibra de vidrio.
<b>Sello</b>	Empaque de neopreno esponjoso de 4x10 mm en el borde del cuerpo de la charnela.
<b>Cabeza de presión básica</b>	5 metros básicos sobre la batea de la válvula.
<b>Articulación cuerpo-tapa de las charnelas</b>	Grilletes de acero inoxidable ensamblados sobre bujes, ejes y pines del mismo material.
<b>Rigidización y esfuerzo estructural</b>	Calculada para soportar la máxima cabeza de presión prevista, reforzada con nervaduras estructurales y en caso necesario con acero trefilado de 60000 psi.
<b>Unión de la válvula al sistema protegido</b>	Tipo campana.
<b>Terminado externo de la válvula</b>	Acabado con resina poliestérica, con o sin color integral.
<b>Terminado opcional de la válvula</b>	Resina UV y/o pintura reflectiva de tono "aluminio", a elección.
<b>Diferencia de nivel interno/externo para iniciar la filtración de salida</b>	La filtración de salida se inicia cuando la diferencia de nivel interna/externa iguala o supera el 3% de la altura de la válvula.

**Máxima filtración  
negativa garantizada**



Inferior a los límites aceptados en las normas ASME  
A112.14.1-2003, NTC 4984 y NP 069.



Recuperado de: Válvulas VAR

### 7.2.2.2 Análisis de Precios Unitarios

Para la realización del APU se establecieron tres ítems correspondientes al equipo, los materiales y la mano de obra, de acuerdo al APU guía suministrado. Con base en esta información se definieron cantidades, rendimientos, porcentajes de desperdicio, unidades, precios unitarios y valores unitarios. Finalmente, al costo unitario directo obtenido se le agregó el costo unitario indirecto (A.I.U) correspondiente al 24%, de acuerdo a las directrices brindadas por HOCOL S.A., resultando en el valor unitario para cada válvula de compuerta tipo charnela (Ver Figura 7.15).

Figura 7.15 APU válvulas de compuerta tipo charnela de 20" y 36"

		PROYECTO: ESTUDIO GEOTÉCNICO Y DISEÑO CIVIL DE LA VÍA DE ACCESO Y LOCACIÓN ARRECIFE			
		OBRA: OBRAS DE CONTROL DE INUNDACIONES LOCACIÓN ARRECIFE	FECHA: OCTUBRE 2019		
<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>					
1. OBRA:	OBRAS DE CONTROL DE INUNDACIONES LOCACIÓN ARRECIFE	4. CÓDIGO ÍTEM:	16,1		
2. DESCRIPCIÓN DEL CAPÍTULO:	ÍTEM NO CONTRACTUAL	5. FECHA:	OCTUBRE/2019		
3. DESCRIPCIÓN DEL ÍTEM:	Suministro e instalación válvula de compuerta tipo charnela 20"	6. UNIDAD:	UND		
<b>1. EQUIPO</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	TARIFA H/D	CANTIDAD	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO
HERRAMIENTAS MENORES	GLB	100.000,00	1,00	1,00	100.000,00
SUB-TOTAL :					100.000,00
<b>2. MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	% DESPERDICIO	VALOR UNITARIO
VÁLVULA COMPUERTA TIPO CHARNELA 20" (Incluye transporte)	1	4.695.766,50	1,00		4.695.766,50
SUB-TOTAL :					4.695.766,50
<b>3. MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PRECIO UNIT	CANTIDAD	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO
OFICIAL	JNL	84.980,00	1,00	0,60	141.633,33
AYUDANTE	JNL	80.193,70	1,00	0,60	133.656,17
SUB-TOTAL :					275.289,50
COSTO UNITARIO DIRECTO :					5.071.056,00
COSTO UNITARIO INDIRECTO (A.I.U.) :					1.217.053,44
VALOR UNITARIO :					<b>6.288.109,44</b>

	<b>PROYECTO:</b> ESTUDIO GEOTÉCNICO Y DISEÑO CIVIL DE LA VÍA DE ACCESO Y LOCALIZACIÓN ARRECIFE <b>OBRA:</b> OBRAS DE CONTROL DE INUNDACIONES LOCALIZACIÓN ARRECIFE <b>FECHA:</b> OCTUBRE 2019		
<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>			
1. OBRA:	OBRAS DE CONTROL DE INUNDACIONES LOCALIZACIÓN ARRECIFE	4. CÓDIGO ÍTEM:	16,2
2. DESCRIPCIÓN DEL CAPÍTULO:	ÍTEM NO CONTRACTUAL	5. FECHA:	OCTUBRE/2019
3. DESCRIPCIÓN DEL ÍTEM:	Suministro e instalación válvula de compuerta tipo charnela 36"	6. UNIDAD:	UND
<b>1. EQUIPO</b>			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	TARIFA H/D	CANTIDAD
HERRAMIENTAS MENORES	GLB	100.000,00	1,00
			RENDIMIENTO
			1,00
			VALOR UNITARIO
			100.000,00
			SUB-TOTAL :
			100.000,00
<b>2. MATERIALES</b>			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD
VÁLVULA COMPUERTA TIPO CHARNELA 36" (Incluye transporte)	1	9.648.502,50	1,00
			% DESPERDICIO
			VALOR UNITARIO
			9.648.502,50
			SUB-TOTAL :
			9.648.502,50
<b>3. MANO DE OBRA</b>			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PRECIO UNIT	CANTIDAD
OFICIAL	JNL	84.980,00	1,00
AYUDANTE	JNL	80.193,70	1,00
			RENDIMIENTO
			0,60
			0,60
			VALOR UNITARIO
			141.633,33
			133.656,17
			SUB-TOTAL :
			275.289,50
			COSTO UNITARIO DIRECTO :
			10.023.792,00
			COSTO UNITARIO INDIRECTO (A.I.U.) :
			2.405.710,08
			VALOR UNITARIO :
			12.429.502,08

Fuente: GRADEX INGENIERÍA S.A.

### 7.2.3 Presupuesto para obras de control de inundaciones

Dentro del presupuesto realizado se contemplaron varias actividades, entre ellas la conformación del jarillón perimetral, el suministro y la instalación de las válvulas de compuerta tipo charnela de 20" y 36", la adecuación del área destinada a la planta de gas, la construcción de las cunetas trapezoidales. Adicionalmente, se destacan otras actividades como el retiro de la puerta de acceso existente, la construcción de dos alcantarillas, una doble y una sencilla, el desmantelamiento del cerramiento y su reinstalación y la adecuación de la vía de acceso.

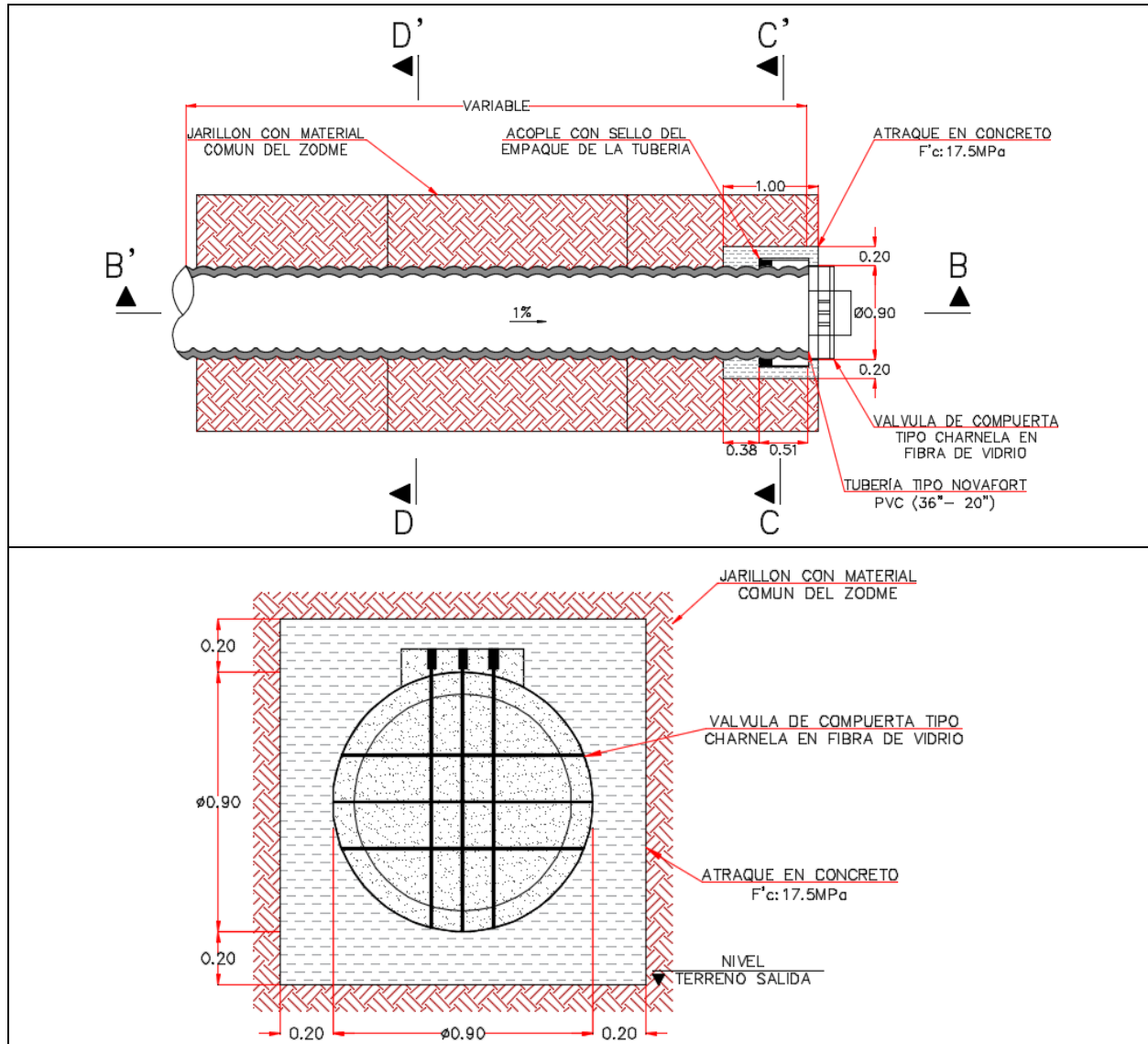
- **Conformación del jarillón perimetral**

Para la conformación del jarillón perimetral se requiere realizar excavación general al ZODME para la obtención del material requerido. El ítem de excavación general comprende el corte, disposición y conformación del jarillón.

- **Válvulas de compuerta tipo charnela de 20" y 36"**

En primer lugar, se requirió realizar la cotización de dichas válvulas para poder realizar el Análisis de Precios Unitarios correspondiente, con el fin de agregar un ítem no contractual correspondiente a cada elemento, e incluirlo en la lista brindada por HOCOL S.A. Adicionalmente, se incluyó el suministro e instalación de tubería de PVC tipo Novafort de 20" y 36", teniendo presente que se requiere la construcción de dos válvulas de 20" y una de 36".

Finalmente, de acuerdo a los detalles para la disposición del elemento, se requiere realizar un atraque en concreto de 2500 psi entre el tubo y la compuerta (Ver *Figura 7.16*); para ello se asumió que cada charnela de 20" y de 36" requieren 1 m<sup>3</sup> y 1.5 m<sup>3</sup>, respectivamente.



*Figura 7.16* Detalle válvula de compuerta tipo charnela en fibra de vidrio  
 Recuperado de: GRADEX INGENIERÍA S.A.

- **Relleno vía de acceso (120 m) y conformación de la planta de gas**

El material requerido para la elevación de la vía de acceso y la planta de gas se obtuvo de una zona de apoyo ubicada aproximadamente a 6.2 km de la locación Arrecife. Para ello se proyecta el descapote de una parte de la zona, la excavación del material y el acarreo correspondiente hasta el sitio de interés. La segunda actividad, denominada relleno general, comprende la conformación de la planta de gas y de 120 m de la vía de acceso, compactando el material al 90% de la densidad máxima del proctor modificado.

Finalmente, se incluyó el ítem correspondiente al afirmado, que comprende una capa de 0.15 m de espesor, y el respectivo transporte del material a la locación. El material será transportado desde la cantera Del Purgatorio, ubicada en Montería, aproximadamente a 64 km del área de interés.

Adicionalmente, para la conformación de la planta de gas se debe rellenar la cuneta en concreto existente, por lo cual se agregó el ítem correspondiente a material filtrante.

- **Construcción drenaje superficial**

Para la realización de esta actividad existe un ítem exclusivo correspondiente a la excavación de zanjas y cunetas. Adicionalmente, se requiere calcular el concreto de 2500 psi necesario para la conformación de los drenajes al interior de la plataforma, debido a que los demás serán en tierra.

- **Reconformación del cerramiento y puerta de acceso**

Para esta actividad se proyecta el desmantelamiento del cerramiento existente. Posteriormente, se reinstalará la malla, para lo cual se requiere la ubicación de los postes de concreto y el tendido del alambre, el cuál será reutilizado.

Adicionalmente, se retirará la puerta de acceso existente, debido a que se elevará el terreno. Una vez se realice la reconformación del terreno se instalará nuevamente la puerta de acceso. Este ítem se agregó a la lista de precios contractuales.

A continuación, se presentan algunas de las pestañas para la obtención de las cantidades de obra y el presupuesto final obtenido (Ver *Tabla 7.5*).

*Tabla 7.5* Cantidades de obra y presupuesto locación Arrecife

ÁREA DIQUE			
Largo	Ancho	Área (m <sup>2</sup> )	Área (Ha)
350	6	2100	0,21
ÁREA PLATAFORMA			
Área (m <sup>2</sup> )	Área (Ha)		
3627,41	0,36		
ÁREA VÍA DE ACCESO			
Área (m <sup>2</sup> )	Área (Ha)		
480	0,048		

EXCAVACIÓN EN ZONA DE APOYO (PARA MATERIAL DE RELLENO PLATAFORMA Y VÍA DE ACCESO)				
Largo	Ancho	Profundidad	Volumen	
50	50	0,66	1650	
EXCAVACIÓN EN ZODME PARA CONFORMACIÓN DIQUE				
Longitud	Ancho base	Ancho superior	Altura media	Volumen
350	6,5	2,5	1,1	1800
Volumen total excavación		3450		

ACARREO MATERIAL DE RELLENO DESDE LA ZONA DE APOYO A LA LOCACIÓN				
Distancia	Distancia libre	Distancia final	Volumen	m <sup>3</sup> -Km
6,2	2	4,2	2145	9009
Factor de expansión 30%				

MATERIAL FILTRANTE PARA RELLENO DE CUNETA EN CONCRETO		
Área (m <sup>2</sup> )	Profundidad (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
47	0,6	28,2

<table border="1"> <tr> <th colspan="4">DESCAPOTE EN ZONA DE APOYO</th> </tr> <tr> <th>Largo</th> <th>Ancho</th> <th>Espesor</th> <th>Volumen</th> </tr> <tr> <td>50</td> <td>50</td> <td>0,1</td> <td>250</td> </tr> </table>				DESCAPOTE EN ZONA DE APOYO				Largo	Ancho	Espesor	Volumen	50	50	0,1	250	<table border="1"> <tr> <th colspan="2">AFIRMADO VÍA ACCESO</th> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Volumen</td> <td>100</td> <td>m<sup>3</sup></td> <td></td> </tr> <tr> <th colspan="2">AFIRMADO PLATAFORMA</th> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Volumen</td> <td>700</td> <td>m<sup>3</sup></td> <td></td> </tr> </table>				AFIRMADO VÍA ACCESO					Volumen		100	m <sup>3</sup>		AFIRMADO PLATAFORMA					Volumen		700	m <sup>3</sup>																																							
DESCAPOTE EN ZONA DE APOYO																																																																													
Largo	Ancho	Espesor	Volumen																																																																										
50	50	0,1	250																																																																										
AFIRMADO VÍA ACCESO																																																																													
Volumen		100	m <sup>3</sup>																																																																										
AFIRMADO PLATAFORMA																																																																													
Volumen		700	m <sup>3</sup>																																																																										
<p><i>Transporte de afirmado desde cantera Del Purgatorio (Montería)</i></p> <table border="1"> <tr> <th colspan="3">VÍA DE ACCESO</th> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <th>Distancia</th> <th>Volumen</th> <th>m<sup>3</sup>-Km</th> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>64</td> <td>130</td> <td>8320</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <th colspan="3">PLATAFORMA</th> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <th>Distancia</th> <th>Volumen</th> <th>m<sup>3</sup>-Km</th> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>64</td> <td>910</td> <td>58240</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>				VÍA DE ACCESO					Distancia	Volumen	m <sup>3</sup> -Km			64	130	8320			PLATAFORMA					Distancia	Volumen	m <sup>3</sup> -Km			64	910	58240			<table border="1"> <tr> <th colspan="4">RELLENO GENERAL (90% P.M.) PLATAFORMA Y VÍA DE ACCESO</th> </tr> <tr> <th></th> <th>VÍA</th> <th>PLATAFORMA</th> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <th>Volumen</th> <td>250</td> <td>1400</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <th>Volumen total</th> <td>1650</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>				RELLENO GENERAL (90% P.M.) PLATAFORMA Y VÍA DE ACCESO					VÍA	PLATAFORMA			Volumen	250	1400			Volumen total	1650																								
VÍA DE ACCESO																																																																													
Distancia	Volumen	m <sup>3</sup> -Km																																																																											
64	130	8320																																																																											
PLATAFORMA																																																																													
Distancia	Volumen	m <sup>3</sup> -Km																																																																											
64	910	58240																																																																											
RELLENO GENERAL (90% P.M.) PLATAFORMA Y VÍA DE ACCESO																																																																													
	VÍA	PLATAFORMA																																																																											
Volumen	250	1400																																																																											
Volumen total	1650																																																																												
<p align="center"><b>EXCAVACIÓN ZANJAS Y CUNETAS - CONCRETO CUNETAS TRAPEZOIDALES</b></p> <table border="1"> <tr> <th colspan="6">CUNETAS TRAPEZOIDALES EN TIERRA</th> </tr> <tr> <th>z (m)</th> <th>Base menor (m)</th> <th>Base mayor (m)</th> <th>Longitud (m)</th> <th>Área excavación (m<sup>2</sup>)</th> <th>Volumen excavación (m<sup>3</sup>)</th> </tr> <tr> <td>0,58</td> <td>0,30</td> <td>0,99</td> <td>314</td> <td>0,39</td> <td>121,78</td> </tr> <tr> <th colspan="6">CUNETAS TRAPEZOIDALES EN CONCRETO</th> </tr> <tr> <th>Hprom interna (m)</th> <th>z (m)</th> <th>Base en concreto (m)</th> <th>Base interna (m)</th> <th>Base mayor (m)</th> <th>Base mayor interna (m)</th> </tr> <tr> <td>0,30</td> <td>0,58</td> <td>0,42</td> <td>0,30</td> <td>0,88</td> <td>0,65</td> </tr> <tr> <th>Área excavación (m2)</th> <th>Área cuneta interna (m2)</th> <th>Área concreto (m2)</th> <th>Volumen excavación (m3)</th> <th>Volumen concreto (m3)</th> <td></td> </tr> <tr> <td>0,26</td> <td>0,14</td> <td>0,12</td> <td>17,81</td> <td>8,10</td> <td></td> </tr> <tr> <th colspan="3"></th> <th>CONCRETO CHARNELAS</th> <th>Cantidad</th> <th>Volumen (m<sup>3</sup>)</th> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td>Charnela 20"</td> <td>2</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td>Charnela 36"</td> <td>1</td> <td>1,5</td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td></td> <td></td> <td>3,5</td> </tr> </table>						CUNETAS TRAPEZOIDALES EN TIERRA						z (m)	Base menor (m)	Base mayor (m)	Longitud (m)	Área excavación (m <sup>2</sup> )	Volumen excavación (m <sup>3</sup> )	0,58	0,30	0,99	314	0,39	121,78	CUNETAS TRAPEZOIDALES EN CONCRETO						Hprom interna (m)	z (m)	Base en concreto (m)	Base interna (m)	Base mayor (m)	Base mayor interna (m)	0,30	0,58	0,42	0,30	0,88	0,65	Área excavación (m2)	Área cuneta interna (m2)	Área concreto (m2)	Volumen excavación (m3)	Volumen concreto (m3)		0,26	0,14	0,12	17,81	8,10					CONCRETO CHARNELAS	Cantidad	Volumen (m <sup>3</sup> )				Charnela 20"	2	1				Charnela 36"	1	1,5						3,5
CUNETAS TRAPEZOIDALES EN TIERRA																																																																													
z (m)	Base menor (m)	Base mayor (m)	Longitud (m)	Área excavación (m <sup>2</sup> )	Volumen excavación (m <sup>3</sup> )																																																																								
0,58	0,30	0,99	314	0,39	121,78																																																																								
CUNETAS TRAPEZOIDALES EN CONCRETO																																																																													
Hprom interna (m)	z (m)	Base en concreto (m)	Base interna (m)	Base mayor (m)	Base mayor interna (m)																																																																								
0,30	0,58	0,42	0,30	0,88	0,65																																																																								
Área excavación (m2)	Área cuneta interna (m2)	Área concreto (m2)	Volumen excavación (m3)	Volumen concreto (m3)																																																																									
0,26	0,14	0,12	17,81	8,10																																																																									
			CONCRETO CHARNELAS	Cantidad	Volumen (m <sup>3</sup> )																																																																								
			Charnela 20"	2	1																																																																								
			Charnela 36"	1	1,5																																																																								
					3,5																																																																								
				<b>TOTAL</b>	<b>\$ 204.529.344,60</b>																																																																								
					<b>\$ 164.943.019,84</b>																																																																								
Movilizacion y desmovilizacion Contratista				4%	<b>\$ 6.597.720,79</b>																																																																								
					<b>\$ 171.540.740,63</b>																																																																								
AIU				24%	<b>\$ 212.710.518,38</b>																																																																								
				Acompañamiento e interventoria = 15%	<b>\$ 30.679.401,69</b>																																																																								
					<b>\$ 243.389.920,07</b>																																																																								
AJUSTE POR IPC				4%	<b>\$ 253.125.516,87</b>																																																																								

Recuperado de: GRADEX INGENIERÍA S.A.

## 7.2.4 Realización del informe de entrega para la empresa contratante

Para dar comienzo al informe se realizó una descripción general de la plataforma existente. Para ello se realizó una breve localización del proyecto y posteriormente se incluyeron las generalidades del diseño, mostrando la distribución actual de la locación Arrecife, que comprende la plataforma de operaciones, compuesta por una placa de taladro, contrapozo, equipos principales, zona de control de sólidos, frac tank, mini camp, caseta de químicos y geología. Adicional a ello, al exterior de la plataforma de operaciones se encuentra el helipuerto, la Zona de Disposición de Materiales de Excavación (ZODME) y el área de Tea.



Seguidamente, se incluyeron las obras existentes, como la construcción parcial de un jarillón con altura promedio de 1 m, la conformación de la vía de acceso a la locación que comprende aproximadamente 2 km de longitud y una alcantarilla sencilla ubicada en la abscisa K1+861.

Posteriormente, se describió la problemática. Para ello se narraron los eventos ocurridos en el mes de octubre, donde se presentó el desbordamiento del caño Aguas Claras, provocando la inundación de la locación Arrecife. En este capítulo fueron incluidas las cotas correspondientes al diseño y a la inundación reportada en campo, N+54.2 y N+54.6, respectivamente. Seguidamente, se realizó el análisis de los eventos ocurridos, a partir de la información topográfica actualizada y el registro fotográfico obtenido, determinando que la inundación al interior de la plataforma fue producto del desbordamiento del caño a causa de diferentes factores naturales y antrópicos, como se describió anteriormente en el título 7.2.

Acto seguido, se describieron las líneas de manejo interior y externo, así como las obras de prevención, atención y mitigación de inundaciones, las cuales se configuran a través de tres anillos de seguridad. El primero se refiere a la construcción del jarillón perimetral, tanto al costado oriental como al sur de la plataforma, así como en el acceso donde se ubica la caseta de vigilancia. Esta medida se realiza con el fin de aislar las instalaciones, evitando la afectación directa.

El segundo anillo de seguridad se propone con el fin de evacuar el agua que pueda acumularse al interior de la plataforma a causa del cerramiento por la implementación del jarillón perimetral o por alguna fuga a través de este. Se proponen tres obras para el control de inundaciones que comprenden la conformación de un sistema de drenaje mediante cunetas en tierra, la instalación de tres válvulas de compuerta tipo charnela y la implementación de una alternativa temporal como lo es el uso de un sistema de bombeo, con el fin de disponer las aguas al exterior de la zona de interés.

Finalmente, en caso de que los dos anillos de seguridad anteriores fallen, ya sea por la rotura del jarillón perimetral, algún imprevisto en el funcionamiento de las bombas centrífugas o un defecto en el sistema de apertura de las compuertas, se proyecta un tercer anillo de seguridad que consiste en elevar la plataforma de la planta de gas aproximadamente 0.6 m, conforme a la máxima lámina de agua registrada en las inundaciones previas. Esta última alternativa anticipa posibles eventos desafortunados, buscando proteger los equipos de trabajo.

Por último, se crearon títulos independientes para cada obra proyectada, donde se hace una descripción más detallada, dando a conocer el objetivo, la localización exacta de cada obra, los detalles del diseño, referenciando los planos correspondientes, y finalmente se redactan las recomendaciones pertinentes para cada diseño.

### 7.3 ACTIVIDADES DESARROLLADAS PARA EL DISEÑO CIVIL DE LA VÍA DE ACCESO Y LOCACIÓN OBIWAN (VERSIÓN 2)

A partir de los cambios realizados por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) en el mapa de zonificación ambiental del proyecto Obiwan, fue necesario realizar una segunda versión de los diseños y configurar nuevamente la plataforma con el fin de cumplir las regulaciones establecidas (Ver Figura 6.4).

La propuesta final de diseño consistió en una plataforma ubicada en la cota 7.5 msnm, distribuida de tal forma que se aprovechó al máximo el área disponible (Ver Figura 7.17). La locación Obiwan contará con dos zonas definidas: la primera consiste en el campamento de personal y la plataforma de operaciones, zona de taladro, equipos principales, zona de control de sólidos, mini camp, frac tank, piscinas, desarenadores – trampa de grasas, caseta de químicos y geología, Zonas de Disposición de Materiales de Excavación (ZODME), zona de préstamo, zona de disposición temporal de capa vegetal y área de Tea. Adicionalmente, se contará con una segunda zona ubicada al sur de la plataforma, donde se localiza el helipuerto.

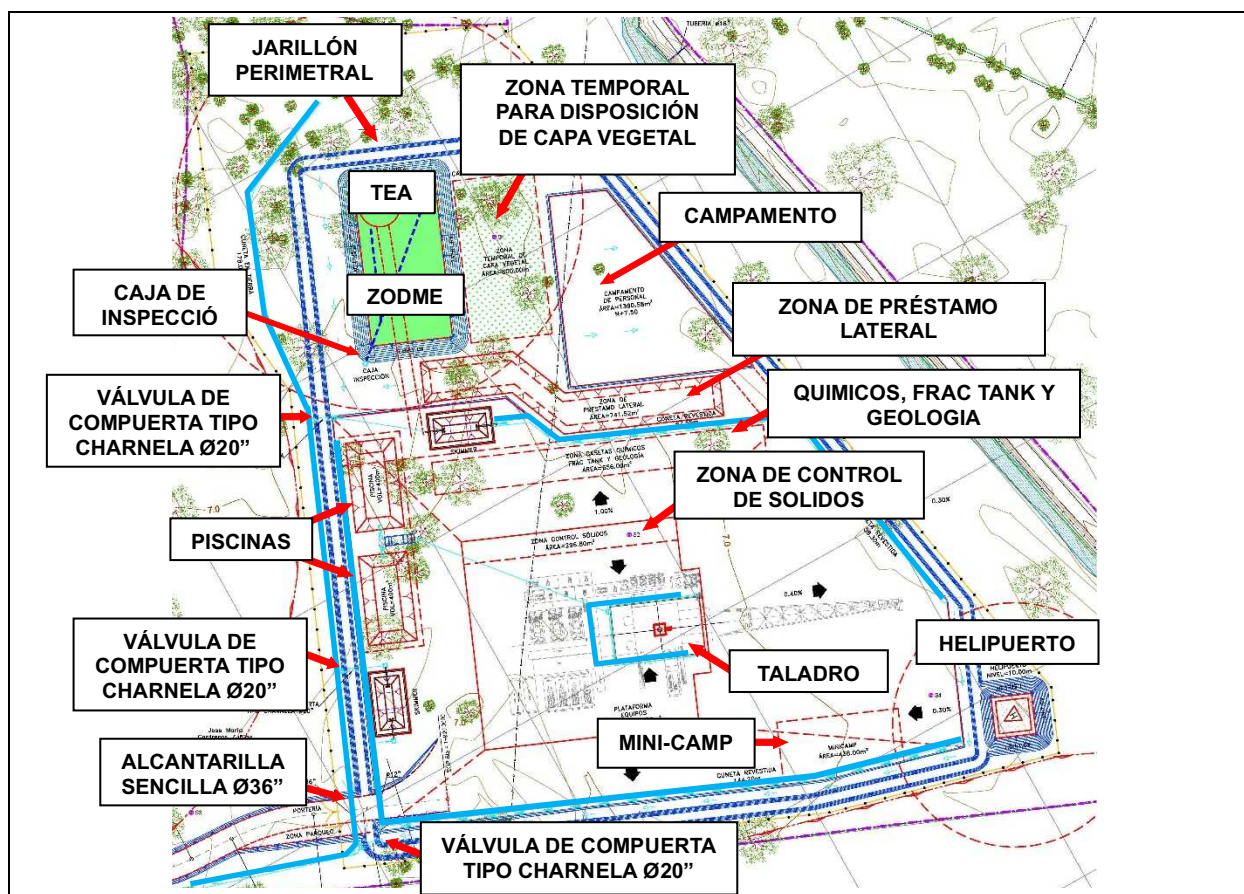


Figura 7.17 Distribución general locación Obiwan (Versión 2)  
Recuperado de: GRADEX INGENIERÍA S.A.

Al realizar los cambios correspondientes en la conformación de la plataforma y la distribución de los equipos se produjeron cambios en la disposición y en el diseño de los

drenajes superficiales de la locación, así como un ajuste en las cantidades de obra y el presupuesto, los cuales se describirán con detalle a continuación.

Las actividades descritas a continuación corresponden a la última parte de la segunda etapa dentro del desarrollo de la práctica empresarial, realizada entre las fechas del 5 de noviembre al 20 de noviembre de 2019.

### **7.3.1 Análisis hidráulico y diseño del sistema de drenaje**

Para la locación diseñada, los drenajes superficiales de la plataforma (líneas celestes, *Figura 7.17*) evacuarán el agua de escorrentía hacia dos puntos mediante un sistema de cunetas trapezoidales revestidas en concreto, que conducirán hasta cada skimmer (desarenador – trampa de grasas), ubicados sobre el costado norte de la locación. De estas estructuras saldrán cunetas revestidas que conducirán las aguas hasta el sistema perimetral, y de ahí, entregando finalmente a los drenajes naturales más cercanos. Se requieren compuertas de charnela para la salida de los skimmer, hacia los canales externos al jarillón, con el fin de impedir el retorno de las aguas del costado externo hacia la locación.

Dadas las condiciones topográficas del área, con una baja pendiente, no es posible construir un sistema de subdrenaje convencional que permita drenar eficientemente las aguas subterráneas bajo el terraplén, por tanto, no se plantean subdrenes en el área de locación, excepto bajo las piscinas y en el ZODME, donde se instalarán filtros tipo francés, conformados con geotextil no tejido NT-2500 y material filtrante (3/4" <math>\Phi</math> <math><4''</math>).

Adicionalmente, se planea el uso de una bomba sumergible de 0.5 hp en la caja de inspección ubicada junto al ZODME, con el fin de conducir las aguas provenientes de los filtros tipo francés hacia el desarenador-trampa de grasas más cercano, donde se realizará el tratamiento respectivo para finalmente disponerlas fuera de la plataforma. Esta alternativa se empleará únicamente en caso de que la caja de inspección exceda su capacidad de almacenamiento.

Para la determinación de los parámetros requeridos para el análisis hidráulico de los canales trapezoidales se emplearon los datos obtenidos a partir de los documentos correspondientes a los estudios hidrológicos. Para este caso se asumió una intensidad de 113.4 mm/hr que corresponde a precipitaciones con duraciones típicas de 30 minutos y un periodo de retorno de 25 años. Adicionalmente, se empleó un coeficiente de escorrentía con valor de 0.35.

Seguidamente, se establecieron los caudales correspondientes a cada tramo del sistema de drenaje empleando el método racional, esto con el fin de determinar la profundidad mínima requerida para el correcto funcionamiento de las obras hidráulicas.

Para el diseño de los canales se empleó el mismo procedimiento descrito en el título 7.1.1, correspondiente al Análisis hidráulico y diseño del sistema de drenaje de la locación Güepajé Sur-1.

Todos los drenajes internos se proyectan como cunetas trapezoidales revestidas en concreto. Por otro lado, el drenaje externo, el cual se ubica al costado occidental de la locación (Ver *Figura 7.17*), será únicamente en tierra.

### **7.3.2 Cantidades de obra y presupuesto**

Para la conformación de terraplenes en la superficie de la plataforma con equipos restantes se proponen dos alternativas:

- **Alternativa 1**

Como primera alternativa se proyecta la conformación de terraplenes instalando un geotextil tejido sobre la capa vegetal de la locación, previamente nivelada, y sobre este disponer el material de afirmado compactado al 95% del proctor modificado.

- **Alternativa 2**

La segunda alternativa comprende el uso de afirmado extraído de cantera, el cual será dispuesto sobre un geotextil instalado de la misma manera que proyecta la primera alternativa.

Adicionalmente, en las áreas donde no se presenten cargas importantes, como en el área destinada al campamento de personal y mini-camp, se realizará un descapote de 15 cm y posteriormente se conformará el relleno con material de excavación mezclado con cal al 3% en peso. Se concibe la estabilización del material debido a que los suelos encontrados en el área del proyecto, de acuerdo al estudio geotécnico, corresponden en su mayoría a arcillas plásticas, lo cual implica suelos superficiales blandos.

Para la obtención de material común, el cual será usado para la conformación de terraplenes y jarillón, se plantea realizar préstamo lateral mediante la excavación de una franja de 80 m de longitud, 10.0 m de ancho y de 2.0 m de profundidad con taludes 1H:1V.

Como capa de rodadura, para cualquiera de la alternativa seleccionada, se instalará una capa de afirmado granular de 0.15 metros de espesor compactado al 95% del proctor modificado. Esta capa de rodadura aplica para el área de equipos, zona de control de sólidos, mini-camp, campamento, circulación, patio de maniobras entre otros.

Dentro de los ítems principales para el cálculo de cantidades de obra se encuentran la placa de taladro, las cajas direccionales, el desarenador tipo 1 y tipo 3, los filtros (subdrenajes), cárcamos, sistema de drenaje superficial (cunetas), cerramiento, y las actividades de excavación, rellenos y conformación de terraplenes, empradización.

La determinación del presupuesto se realizó exclusivamente para la primera alternativa. En la *Tabla 7.6* se presentan las tablas resumen donde se evidencia el cálculo de las cantidades de obra y el presupuesto para la plataforma Obiwan. Adicionalmente, se presenta el valor de presupuesto final correspondiente a la plataforma y vía de acceso.

Tabla 7.6 Tablas resumen cantidades de obra y presupuestos locación y vía de acceso

1 OBRAS PRELIMINARES			
1,1	Localización, Trazado, Replanteo y Control Topográfico	Ha	3,00
1,2	Desmante y Limpieza de Cobertura Vegetal	Ha	
1,3	Disposición de Materiales en Zodmes	m <sup>3</sup>	244,00

2 EXCAVACIONES			
2,1	Descapote	m <sup>3</sup>	725
2,2	Excavación general (mecánica)	m <sup>3</sup>	2200
2,3	Excavación en Roca	m <sup>3</sup>	
2,4	Excavación para estructuras	m <sup>3</sup>	Calculado dentro de la pestaña de cada estructura
2,5	Excavación Zanjas y Cunetas	m <sup>3</sup>	Calculado dentro de la pestaña de DRENAJES
2,6	Excavación especial (zonas pantanosas o bajo agua)	m <sup>3</sup>	
2,7	Acarreo de materiales de excavación (Distancia mayor a acarreo libre 2.0 km)	m <sup>3</sup> - Km	Calculado directamente en la pestaña de LOCACIÓN

3 RELLENOS Y TERRAPLENES			
3,1	Relleno General (90% de la densidad máxima del Proctor Modificado)	m <sup>3</sup>	1956
3,9	Afirmado con material de región. Sin transporte	m <sup>3</sup>	7227,8
8,8	Geotextil Tejido (<200 a < 300 gr/m2) 2400	m <sup>2</sup>	13270,58
8,14	Geotextil (> 300gr/m2) 4000	m <sup>2</sup>	3480
<b>Nota:</b>	<i>La mayoría de los ítems se calculan dentro de la pestaña de cada estructura o directamente en la pestaña LOCACIÓN</i>		

TABLA RESUMEN PLACA TALADRO			
2,4	Excavación para estructuras	m <sup>3</sup>	778
4,2	Concreto 3000 psi	m <sup>3</sup>	109
4,4	Concreto 1500 psi	m <sup>3</sup>	22
5,1	Acero de refuerzo fy = 60000 psi	kg	147
5,5	Malla Electrosoldada Q7	kg	4529
8,14	Geotextil (> 300gr/m2) 4000	m <sup>2</sup>	1338,0
3,8	Afirmado con sub base. Sin transporte	m <sup>3</sup>	559,5
3,2	Relleno Estructural (95% de la densidad máxima del Proctor Modificado)	m <sup>3</sup>	

TABLA RESUMEN SKIMMER TIPO 1			
2,4	Excavación para estructuras	m <sup>3</sup>	47
3,2	Relleno Estructural (95% de la densidad máxima del Proctor Modificado)	m <sup>3</sup>	0,0
4,2	Concreto 3000 psi	m <sup>3</sup>	10,5
4,4	Concreto 1500 psi	m <sup>3</sup>	0,9
5,1	Acero de refuerzo fy = 60000 psi	Kg	68,2
5,1	Barandas en kg de acero	Kg	341,2
5,4	Malla Electrosoldada Q6	Kg	243,1
5,6	Ángulo Tipo AM-1 (L 1 ½"x1 ½"x1/8")	Kg	39,1
5,7	Angulo L2" x 2" x 1/8"	Kg	52,5
12,2	Rejilla Skimmer	Kg	593,1
12,4	Cinta pvc tipo 1	ml	20,7

Ítem	TABLA RESUMEN SKIMMER TIPO 3		
8,1	Geomembrana 40 mils	m <sup>2</sup>	608,4
2,4	Excavación para estructuras	m <sup>3</sup>	89,0
3,1	Relleno General (90% de la densidad máxima del Proctor Modificado)	m <sup>3</sup>	7,6
7,12	Suministro e instalación Tubería PVC f 12"	m	24,0
16,4	Accesorio "T" 12"	und	8
16,5	Tubería metálica 3" suministrada por Hocol	m	36,0
16,6	Accesorios, imprevistos, otros	gl	2

Ítem	TABLA RESUMEN SUBDRENAJES		
9,2	Construcción de filtros tipo francés	ml	79
7,14	Suministro e instalación Tubería PVC f 4" Perforada para filtro	ml	0

TABLA RESUMEN CUNETAS					
Ítem	Descripción	Unidad	Subtotal	Imprevistos (10%)	TOTAL
2,5	Excavación Zanjas y Cunetas	m <sup>3</sup>	591,53	59,15	656,40
4,3	Concreto 2500 psi	m <sup>3</sup>	57,60	5,76	63,36
8,12	Manto Permanente Terratrac TRM 50 de Geomatrix	m <sup>2</sup>	0,00	0,00	0,00
3,1	Relleno general al 90% PM	m <sup>3</sup>	9,55	0,95	10,50
7,12	Suministro e instalación Tubería PVC f 12"	ml	55,15	5,52	60,67
	Suministro e instalación Tubería PVC f 20"	und	22,90	2,29	25,19

Ítem	TABLA RESUMEN CELLAR		
2,4	Excavación para estructuras	m <sup>3</sup>	34,4
3,2	Relleno Estructural (95% de la densidad máxima del Proctor Modificado)	m <sup>3</sup>	0,0
4,2	Concreto 3000 psi	m <sup>3</sup>	13,79
4,4	Concreto 1500 psi	m <sup>3</sup>	0,54
5,1	Acero de refuerzo fy = 60000 psi	Kg	132,26
5,5	Malla Electrosoldada Q7	Kg	690,05
12,4	Cinta pvc tipo 1	ml	16,016

11	OBRAS PARA CONTROL DE EROSIÓN Y REVEGETALIZACIÓN		
11,1	Conformación de taludes con material de descapote e=10cm	m <sup>2</sup>	1643
11,2	Revegetalización con biomanto	m <sup>2</sup>	3700

Ítem	TABLA RESUMEN CÁRCAMOS		
2,4	Excavación para estructuras	m <sup>3</sup>	9
4,2	Concreto 3000 psi	m <sup>3</sup>	5
5,5	Malla electrosoldada Q7	Kg	245
5,7	Angulo 2" x 2" x 1/4"	Kg	630
12,3	Rejilla tipo carcamo	Kg	2132

Cerramiento en alambre de puas		
Longitud Cerramiento	690	ml
<i>Así se cobra:</i>		
Cerramiento en Alambre de Puas de 5 hilos con poste en concreto		
<b>TOTAL</b>	<b>759</b>	<b>ml</b>
Puertas de acceso		
Puerta de Acceso de 6 m Malla Eslabonada		1 Un
Puerta de Acceso de 1 m Malla Eslabonada		1 Un

Ítems	TABLA RESUMEN PISCINAS	
2,2	Excavacion general mecánica	1143
2,4	Excavación estructuras	45,94
3,1	Relleno general	38,18
3,7	Sacos en suelo cemento	748,66
4,3	Concreto 2500 psi	5,46
4,4	Concreto 1500 psi	0,15
5,1	Barandas (en kg de acero)	1687,61
5,4	Malla Electrosoldada Q6	79,46
7,13	Suministro e instalación tubería PVC Ø 8" RDE 41	9,33
8,1	Geomembrana 40 mils	1040,38
8,4	Geotextil GNT-2	1040,38
9,2	Construcción de filtro tipo francés	37,60

			TOTAL	\$	1.361.079.960,07
				\$	1.097.645.129,09
Movilizacion y desmovilizacion Contratista	4%			\$	43.905.805,16
				\$	1.141.550.934,25
AIU	24%			\$	1.415.523.158,47
			Acompañamiento e interventoria = 15%	\$	204.161.994,01
				\$	1.619.685.152,48
AJUSTE POR IPC	4%			\$	1.684.472.558,58

			TOTAL	\$	806.357.542,59
				\$	650.288.340,80
Movilizacion y desmovilizacion Contratista	4%			\$	26.011.533,63
				\$	676.299.874,43
AIU	24%			\$	838.611.844,30
			Acompañamiento e interventoria = 15%	\$	120.953.631,39
				\$	959.565.475,69
AJUSTE POR IPC	4%			\$	997.948.094,72

Recuperado de: GRADEX INGENIERÍA S.A.

## 7.4 ACTIVIDADES DESARROLLADAS PARA EL DISEÑO DE LA LOCACIÓN CICUCO 35

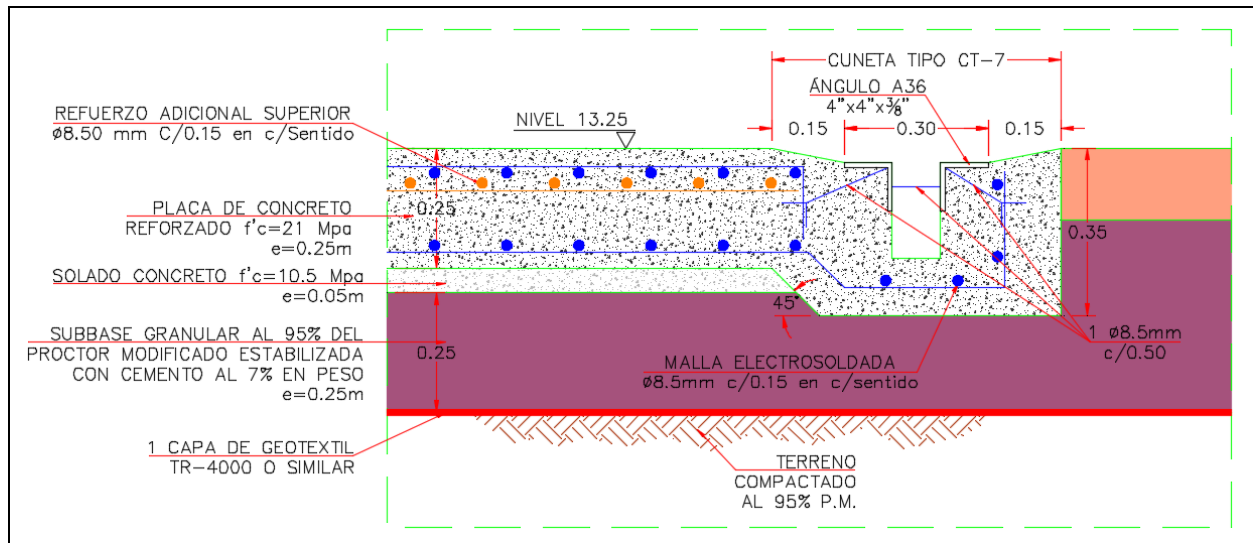
Las actividades desarrolladas para la locación Cicuco 35 fueron realizadas en el periodo que comprende las fechas del 21 de noviembre al 26 de noviembre de 2019. Dicho lapso de tiempo corresponde a la primera parte de la tercera etapa de la práctica empresarial.

- **Análisis hidráulico cuneta tipo 7 (CT-7)**

En primer lugar, para el análisis hidráulico de la nueva cuneta proyectada, denominada tipo 7 (CT-7), fue necesario definir los elementos geométricos de la sección transversal, así como parámetros hidrológicos obtenidos del estudio respectivo, entre ellos la intensidad de precipitación, el área aferente y el coeficiente de escorrentía, con el fin de determinar el caudal que transportará el elemento.

La cuneta CT-7 corresponde a un elemento de sección compuesta, como se observa en la *Figura 7.18*. La parte superior comprende una cuneta trapezoidal en concreto, con una altura de 3 cm y una inclinación en sus paredes de 11°, respecto a la horizontal. Adicionalmente, la base mayor cuenta con 60 cm, mientras que su base inferior cuenta con 30 cm.

Para la parte inferior, correspondiente a una cuneta rectangular, se proyecta el uso de dos ángulos de acero A36 de 4"x4"x $\frac{3}{8}$ ", los cuales se fundirán a la placa del taladro.



*Figura 7.18* Sección transversal cuneta CT-7 en placa del taladro - Cicuco 35  
Recuperado de: GRADEX INGENIERÍA S.A.

Dicha sección contará con una altura comprendida en el rango de 0.10 m a 0.20 m, de acuerdo a la pendiente de 0.3% y a la máxima longitud de los canales la cual corresponde a los tramos del punto 3 al 4 (19.03 m) y del 4 al 5 (9.70 m) (Ver *Figura 7.19*). Para determinar la altura máxima en el punto 5 se multiplica la longitud del tramo de canal por la pendiente y adicionalmente se suma la altura inicial del sistema correspondiente a 0.10 m.

$$\text{Altura máxima cuneta rectangular} = (19.03 + 9.70) \text{ m} * 0.3\% + 0.10 \text{ m} = 0.19 \text{ m}$$



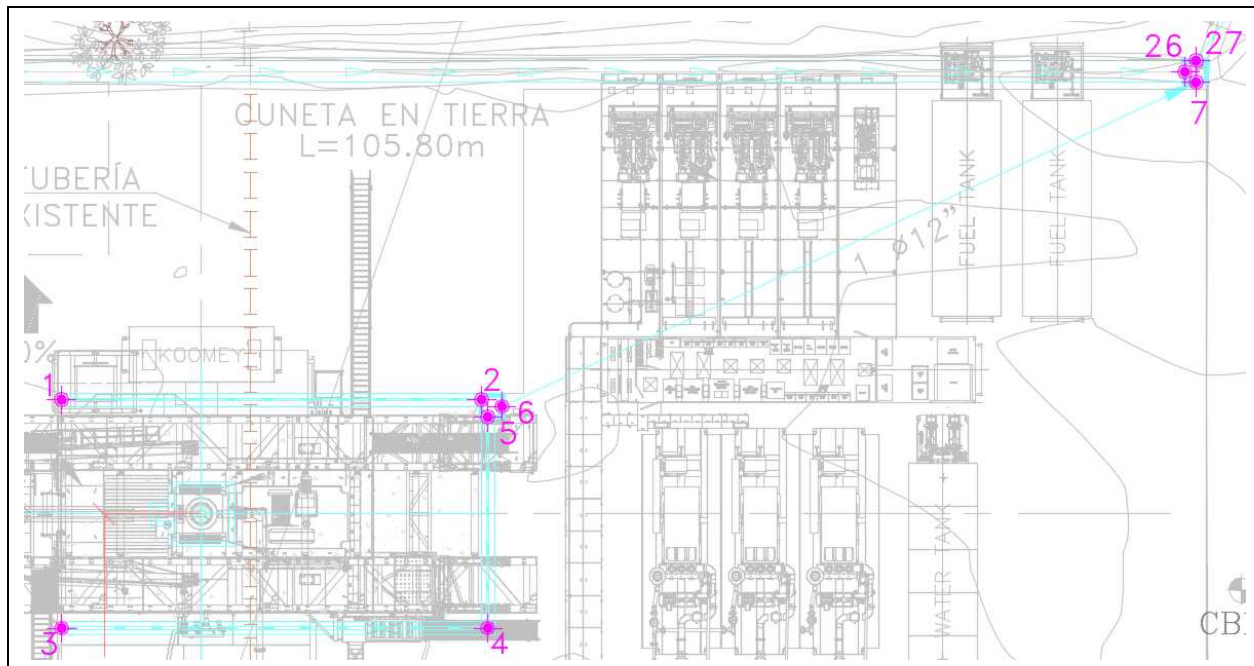


Figura 7.19 Planta sistema de drenaje placa del taladro  
Recuperado de: GRADEX INGENIERÍA S.A.

Por otro lado, de acuerdo al estudio hidrológico se definió una intensidad de 200 lps/Ha y un coeficiente de escorrentía de 0.6. Para el coeficiente de Manning se asumió el coeficiente de 0.013 correspondiente al concreto.

La verificación hidráulica se realizó para la parte crítica del sistema de drenaje, en este caso para el tramo de cuneta del punto 3 al 4 y del 4 al 5, dado que su área aferente es la mayor, con un valor de 0.11 Ha aproximadamente (Ver Figura 7.20).

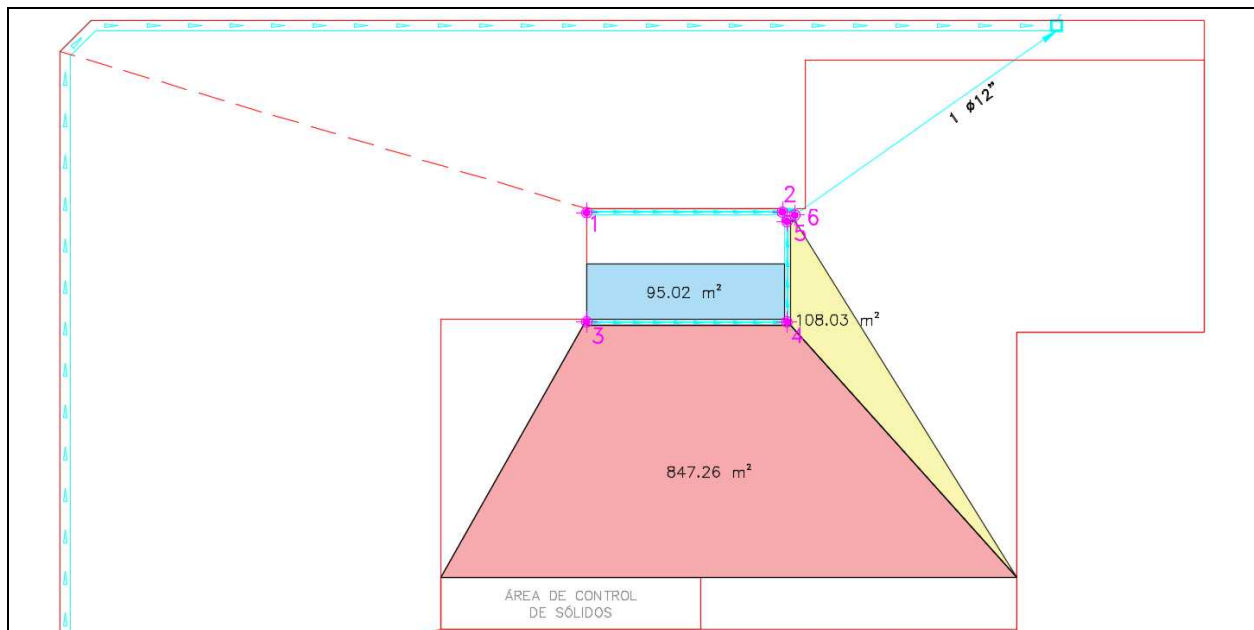
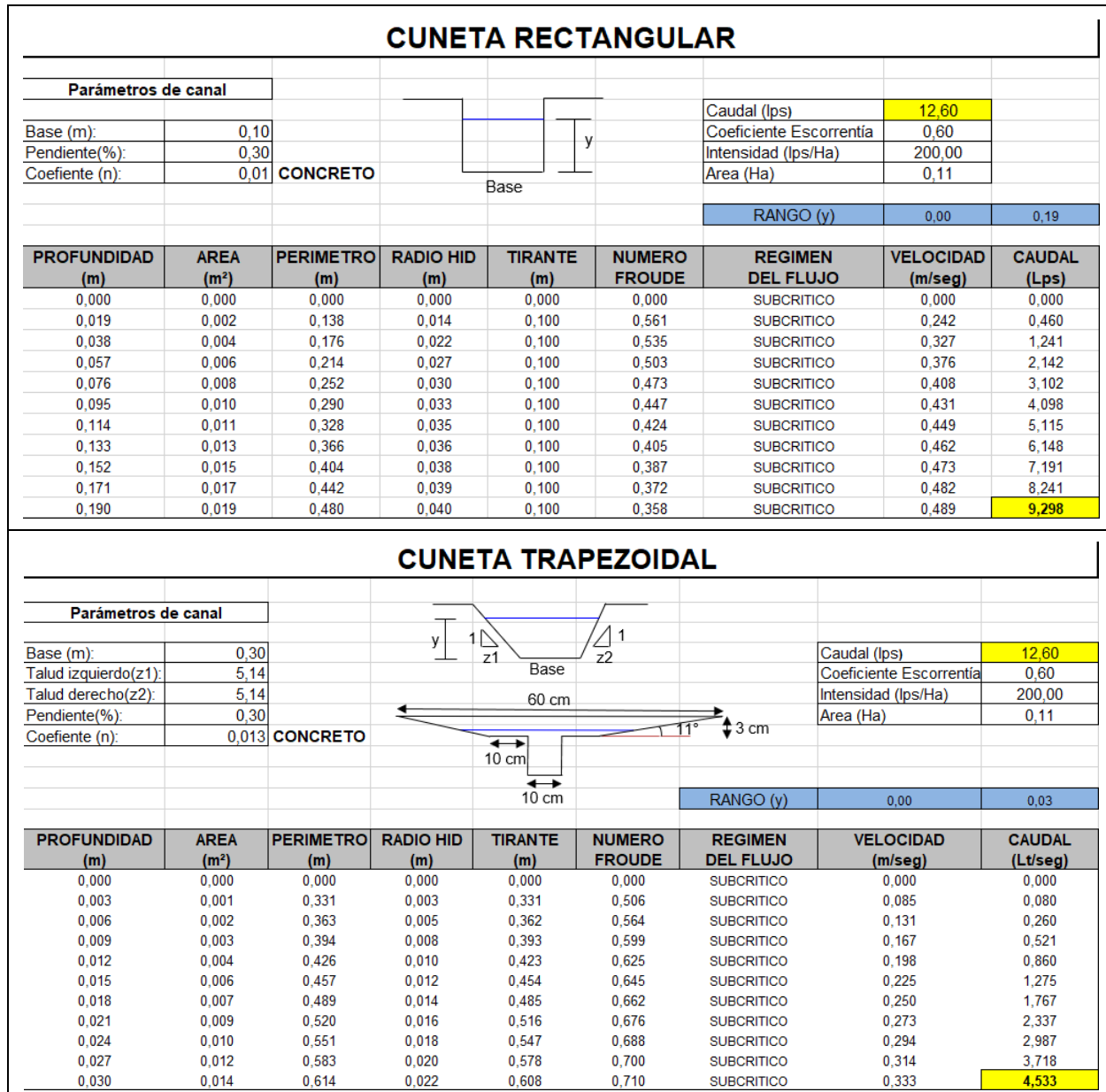


Figura 7.20 Áreas aferentes cuneta CT-7

Finalmente, se reemplazaron los valores anteriores en la hoja de cálculo (Ver *Figura 7.21*). Este análisis se realizó en dos partes, para la cuneta rectangular y la cuneta trapezoidal. Los valores obtenidos para las máximas profundidades del elemento se suman y se verifica que dicha suma sea igual o mayor al caudal obtenido para el tramo crítico, en este caso 12.60 lps.



*Figura 7.21* Hoja de cálculo para verificación hidráulica cuneta CT-7  
Recuperado de: GRADEX INGENIERÍA S.A.

De acuerdo a los valores obtenidos, el sistema de drenaje propuesto para la placa de taladro cuenta con una capacidad de 13.83 lps, superior al caudal esperado.

## 7.5 ACTIVIDADES DESARROLLADAS PARA EL DISEÑO DE LA VÍA DE ACCESO Y LOCACIÓN BASARÍ

Las actividades desarrolladas para la locación Basarí, las cuales comprenden el análisis hidráulico y diseño de los drenajes superficiales y subsuperficiales, así como la realización del presupuesto, se realizaron entre las fechas del 27 de noviembre al 20 de diciembre, culminando la tercera etapa dentro del marco de la práctica empresarial.

### 7.5.1 Análisis hidráulico y diseño del sistema de drenaje superficial

Para dar inicio a las actividades de diseño, se requirió la determinación de los parámetros como intensidad de precipitación, áreas aferentes a la locación y coeficiente de escorrentía. De acuerdo al estudio hidrológico para el sitio en cuestión se tomó un valor de intensidad correspondiente a 374.08 lps/Ha y un coeficiente de escorrentía de 0.60. Sin embargo, para el sistema de drenaje ubicado en el área del ZODME se empleó un coeficiente de escorrentía de 0.41 debido a que se proyecta la evacuación de agua proveniente de fuera del área de la plataforma, la cual ha pasado previamente por un box coulvert existente (Ver Figura 7.22).

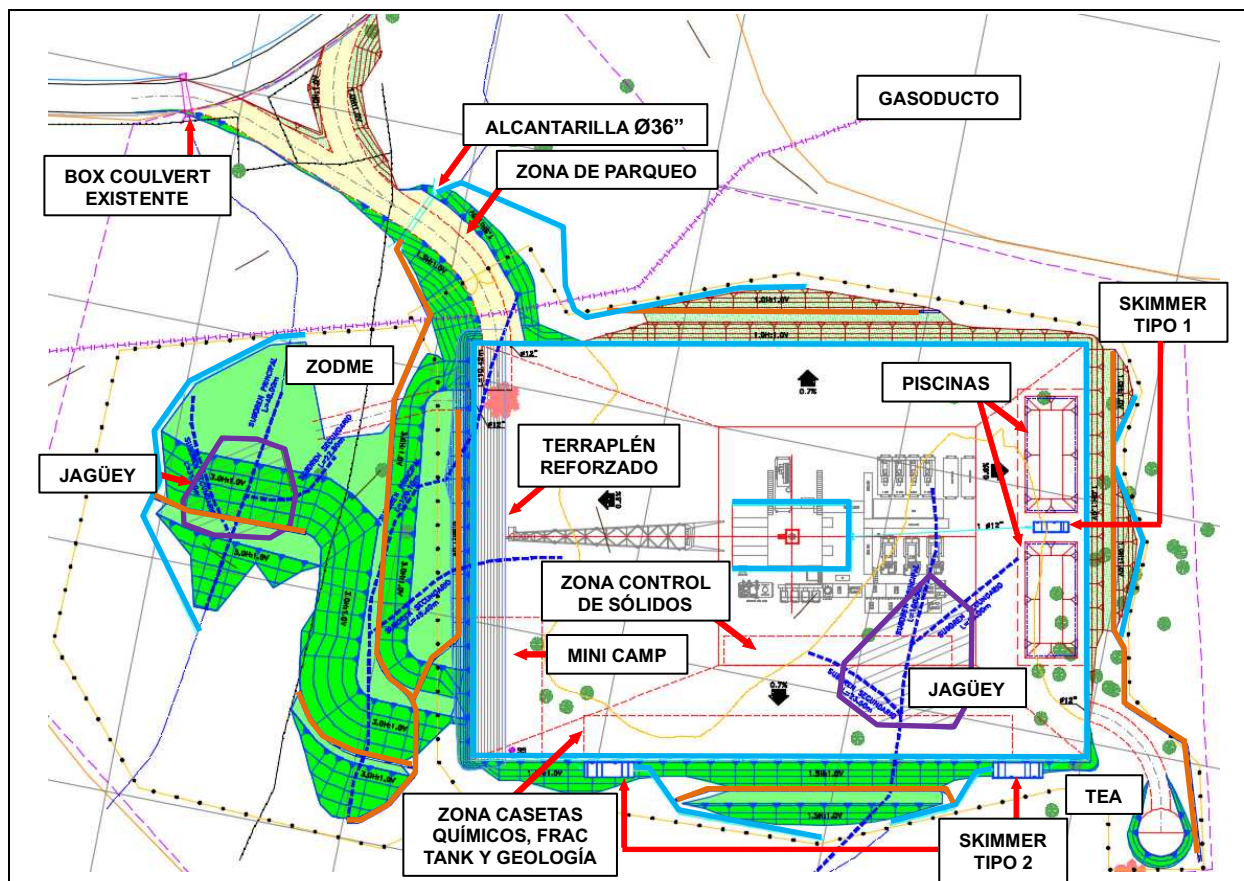


Figura 7.22 Distribución general locación Basarí  
Recuperado de: GRADEX INGENIERÍA S.A.

Para el sistema de drenaje superficial se proyectan cunetas trapezoidales revestidas en concreto en el perímetro de la plataforma y para la placa de taladro se planea el uso de la cuneta tipo 7 (CT-7), cuya descripción se encuentra en el título 7.4. Por otro lado, para el área externa el diseño contempla cunetas trapezoidales revestidas en geomanto (líneas celestes, *Figura 7.22*) y cunetas trapezoidales revestidas en sacos con suelo (líneas naranjas, *Figura 7.22*).

Una vez se definen los datos a emplear se procede a establecer los caudales correspondientes a cada tramo del sistema de drenaje empleando la hoja de cálculo hidráulico, propiedad de GRADEX INGENIERÍA S.A. en la cual también se definen los elementos geométricos de la sección transversal de las cunetas, en este caso bases que varían entre 0.30 m y 0.50 m, pendientes entre 0.3% y 0.5% y coeficientes de Manning de 0.013 y 0.03 para el concreto y el geomanto/sacos, respectivamente.

Dentro de la hoja de cálculo designada para cada tramo se llenan los datos y se emplea la opción “buscar objetivo”, de acuerdo al caudal correspondiente, con lo cual se obtiene la profundidad y el tirante (Ver *Figura 7.23*), datos requeridos para dar inicio al diseño empleando AutoCAD Civil 3D.

CUNETA TRAPEZOIDAL TRAMO 1 (10 a 11)											CUNETA TRAPEZOIDAL TRAMO 4 (10 a 24)										
Parámetros de canal						Caudal (lps) Coficiente Escorrenta Intensidad (lps/Ha) Área (Ha)					Caudal (lps) Coficiente Escorrenta Intensidad (lps/Ha) Área (Ha)										
Base (m): 0.30 Talud izquierdo(1): 0.58 Talud derecho(2): 0.58 Pendiente(%): 0.50 Coeficiente (n): 0.013						TR 10 Años/15min 374.08 0.07					TR 10 Años/15min 374.08 0.09										
CONCRETO						RANGO (y)					CONCRETO										
RANGO (y)						0.00					RANGO (y)										
RANGO (y)						0.75					RANGO (y)						0.75				
PROFUNDIDAD (m)	ÁREA (m²)	PERÍMETRO (m)	RADIO HID (m)	TIRANTE (m)	NÚMERO FROUDE	REGIMEN DEL FLUJO	VELOCIDAD (m/seg)	CAUDAL (L/seg)	PROFUNDIDAD (m)	ÁREA (m²)	PERÍMETRO (m)	RADIO HID (m)	TIRANTE (m)	NÚMERO FROUDE	REGIMEN DEL FLUJO	VELOCIDAD (m/seg)	CAUDAL (L/seg)				
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	SUBCRÍTICO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	SUBCRÍTICO	0.00	0.00				
0.075	0.026	0.473	0.054	0.387	0.966	SUBCRÍTICO	0.781	20.108	0.075	0.026	0.473	0.054	0.387	0.966	SUBCRÍTICO	0.781	20.108				
0.150	0.058	0.646	0.090	0.473	0.994	SUBCRÍTICO	1.090	63.201	0.150	0.058	0.646	0.090	0.473	0.994	SUBCRÍTICO	1.090	63.201				
0.225	0.097	0.820	0.118	0.560	1.005	SUPERCRÍTICO	1.309	126.557	0.225	0.097	0.820	0.118	0.560	1.005	SUPERCRÍTICO	1.309	126.557				
0.300	0.142	0.993	0.143	0.646	1.013	SUPERCRÍTICO	1.487	211.081	0.300	0.142	0.993	0.143	0.646	1.013	SUPERCRÍTICO	1.487	211.081				
0.375	0.194	1.166	0.166	0.733	1.021	SUPERCRÍTICO	1.643	318.246	0.375	0.194	1.166	0.166	0.733	1.021	SUPERCRÍTICO	1.643	318.246				
0.450	0.252	1.339	0.188	0.819	1.028	SUPERCRÍTICO	1.785	448.663	0.450	0.252	1.339	0.188	0.819	1.028	SUPERCRÍTICO	1.785	448.663				
0.525	0.317	1.512	0.209	0.906	1.036	SUPERCRÍTICO	1.918	606.964	0.525	0.317	1.512	0.209	0.906	1.036	SUPERCRÍTICO	1.918	606.964				
0.600	0.385	1.685	0.230	0.992	1.043	SUPERCRÍTICO	2.042	791.768	0.600	0.385	1.685	0.230	0.992	1.043	SUPERCRÍTICO	2.042	791.768				
0.675	0.465	1.859	0.250	1.079	1.050	SUPERCRÍTICO	2.161	1005.665	0.675	0.465	1.859	0.250	1.079	1.050	SUPERCRÍTICO	2.161	1005.665				
0.750	0.550	2.032	0.270	1.166	1.058	SUPERCRÍTICO	2.275	1250.214	0.750	0.550	2.032	0.270	1.166	1.058	SUPERCRÍTICO	2.275	1250.214				
0.110						0.021					0.445					0.047	0.373	0.956	SUBCRÍTICO	0.713	15.08

CUNETA TRAPEZOIDAL TRAMO 2 (11 a 14)											CUNETA TRAPEZOIDAL TRAMO 5 (24 a 28)										
Parámetros de canal						Caudal (lps) Coficiente Escorrenta Intensidad (lps/Ha) Área (Ha)					Parámetros de canal						Caudal (lps) Coficiente Escorrenta Intensidad (lps/Ha) Área (Ha)				
Base (m): 0.30 Talud izquierdo(1): 0.58 Talud derecho(2): 0.58 Pendiente(%): 0.50 Coeficiente (n): 0.013						TR 10 Años/15min 50.91 374.08 0.23					Base (m): 0.30 Talud izquierdo(1): 0.58 Talud derecho(2): 0.58 Pendiente(%): 0.50 Coeficiente (n): 0.013						TR 10 Años/15min 101.10 374.08 0.45				
CONCRETO						RANGO (y)					CONCRETO						RANGO (y)				
RANGO (y)						0.00					RANGO (y)						0.00				
RANGO (y)						0.75					RANGO (y)						0.75				
PROFUNDIDAD (m)	ÁREA (m²)	PERÍMETRO (m)	RADIO HID (m)	TIRANTE (m)	NÚMERO FROUDE	REGIMEN DEL FLUJO	VELOCIDAD (m/seg)	CAUDAL (L/seg)	PROFUNDIDAD (m)	ÁREA (m²)	PERÍMETRO (m)	RADIO HID (m)	TIRANTE (m)	NÚMERO FROUDE	REGIMEN DEL FLUJO	VELOCIDAD (m/seg)	CAUDAL (L/seg)				
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	SUBCRÍTICO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	SUBCRÍTICO	0.00	0.00				
0.075	0.026	0.473	0.054	0.387	0.966	SUBCRÍTICO	0.781	20.108	0.075	0.026	0.473	0.054	0.387	0.966	SUBCRÍTICO	0.781	20.108				
0.150	0.058	0.646	0.090	0.473	0.994	SUBCRÍTICO	1.090	63.201	0.150	0.058	0.646	0.090	0.473	0.994	SUBCRÍTICO	1.090	63.201				
0.225	0.097	0.820	0.118	0.560	1.005	SUPERCRÍTICO	1.309	126.557	0.225	0.097	0.820	0.118	0.560	1.005	SUPERCRÍTICO	1.309	126.557				
0.300	0.142	0.993	0.143	0.646	1.013	SUPERCRÍTICO	1.487	211.081	0.300	0.142	0.993	0.143	0.646	1.013	SUPERCRÍTICO	1.487	211.081				
0.375	0.194	1.166	0.166	0.733	1.021	SUPERCRÍTICO	1.643	318.246	0.375	0.194	1.166	0.166	0.733	1.021	SUPERCRÍTICO	1.643	318.246				
0.450	0.252	1.339	0.188	0.819	1.028	SUPERCRÍTICO	1.785	448.663	0.450	0.252	1.339	0.188	0.819	1.028	SUPERCRÍTICO	1.785	448.663				
0.525	0.317	1.512	0.209	0.906	1.036	SUPERCRÍTICO	1.918	606.964	0.525	0.317	1.512	0.209	0.906	1.036	SUPERCRÍTICO	1.918	606.964				
0.600	0.385	1.685	0.230	0.992	1.043	SUPERCRÍTICO	2.042	791.768	0.600	0.385	1.685	0.230	0.992	1.043	SUPERCRÍTICO	2.042	791.768				
0.675	0.465	1.859	0.250	1.079	1.050	SUPERCRÍTICO	2.161	1005.665	0.675	0.465	1.859	0.250	1.079	1.050	SUPERCRÍTICO	2.161	1005.665				
0.750	0.550	2.032	0.270	1.166	1.058	SUPERCRÍTICO	2.275	1250.214	0.750	0.550	2.032	0.270	1.166	1.058	SUPERCRÍTICO	2.275	1250.214				
0.150						0.065					0.804					0.082	0.452	0.990	SUBCRÍTICO	0.027	50.91
0.150						0.065					0.804					0.082	0.452	0.990	SUBCRÍTICO	0.027	50.91

CUNETA TRAPEZOIDAL TRAMO 3 (15 a 16)											CUNETA TRAPEZOIDAL TRAMO 6 (15 a 29)										
Parámetros de canal						Caudal (lps) Coficiente Escorrenta Intensidad (lps/Ha) Área (Ha)					Parámetros de canal						Caudal (lps) Coficiente Escorrenta Intensidad (lps/Ha) Área (Ha)				
Base (m): 0.30 Talud izquierdo(1): 0.58 Talud derecho(2): 0.58 Pendiente(%): 0.50 Coeficiente (n): 0.013						TR 10 Años/15min 26.51 374.08 0.12					Base (m): 0.30 Talud izquierdo(1): 0.58 Talud derecho(2): 0.58 Pendiente(%): 0.50 Coeficiente (n): 0.013						TR 10 Años/15min 12.77 374.08 0.35				
CONCRETO						RANGO (y)					CONCRETO						RANGO (y)				
RANGO (y)						0.00					RANGO (y)						0.00				
RANGO (y)						0.75					RANGO (y)						0.75				
PROFUNDIDAD (m)	ÁREA (m²)	PERÍMETRO (m)	RADIO HID (m)	TIRANTE (m)	NÚMERO FROUDE	REGIMEN DEL FLUJO	VELOCIDAD (m/seg)	CAUDAL (L/seg)	PROFUNDIDAD (m)	ÁREA (m²)	PERÍMETRO (m)	RADIO HID (m)	TIRANTE (m)	NÚMERO FROUDE	REGIMEN DEL FLUJO	VELOCIDAD (m/seg)	CAUDAL (L/seg)				
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	SUBCRÍTICO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	SUBCRÍTICO	0.00	0.00				
0.075	0.026	0.473	0.054	0.387	0.966	SUBCRÍTICO	0.781	20.108	0.075	0.026	0.473	0.054	0.387	0.966	SUBCRÍTICO	0.781	20.108				
0.150	0.058	0.646	0.090	0.473	0.994	SUBCRÍTICO	1.090	63.201	0.150	0.058	0.646	0.090	0.473	0.994	SUBCRÍTICO	1.090	63.201				
0.225	0.097	0.820	0.118	0.560	1.005	SUPERCRÍTICO	1.309	126.557	0.225	0.097	0.820	0.118	0.560	1.005	SUPERCRÍTICO	1.309	126.557				
0.300	0.142	0.993	0.143	0.646	1.013	SUPERCRÍTICO	1.487	211.081	0.300	0.142	0.993	0.143	0.646	1.013	SUPERCRÍTICO	1.487	211.081				
0.375	0.194	1.166	0.166	0.733	1.021	SUPERCRÍTICO	1.643	318.246	0.375	0.194	1.166	0.166	0.733	1.021	SUPERCRÍTICO	1.643	318.246				
0.450	0.252	1.339	0.188	0.819	1.028	SUPERCRÍTICO	1.785	448.663	0.450	0.252	1.339	0.188	0.819	1.028	SUPERCRÍTICO	1.785	448.663				
0.525	0.317	1.512	0.209	0.906	1.036	SUPERCRÍTICO	1.918	606.964	0.525	0.317	1.512	0.209	0.906	1.036	SUPERCRÍTICO	1.918	606.964				
0.600	0.385	1.685	0.230	0.992	1.043	SUPERCRÍTICO	2.042	791.768	0.600	0.385	1.685	0.230	0.992	1.043	SUPERCRÍTICO	2.042	791.768				
0.675	0.465	1.859	0.250	1.079	1.050	SUPERCRÍTICO	2.161	1005.665	0.675	0.465	1.859	0.250	1.079	1.050	SUPERCRÍTICO	2.161	1005.665				
0.750	0.550	2.032	0.270	1.166	1.058	SUPERCRÍTICO	2.275	1250.214	0.750	0.550	2.032	0.270	1.166	1.058	SUPERCRÍTICO	2.275	1250.214				
0.104						0.037					0.540					0.069	0.420	0.760	SUBCRÍTICO	0.710	26.51
0.104						0.037					0.540					0.069	0.420	0.760	SUBCRÍTICO	0.710	26.51
0.104						0.037					0.540					0.069	0.420	0.760	SUBCRÍTICO	0.710	26.51
0.104						0.037					0.540					0.069	0.420	0.760	SUBCRÍTICO	0.710	26.51

CUNETA TRAPEZOIDAL TRAMO 3 (15 a 16)											CUNETA TRAPEZOIDAL TRAMO 6 (15 a 29)										
Parámetros de canal						Caudal (lps) Coficiente Escorrenta Intensidad (lps/Ha) Área (Ha)					Parámetros de canal						Caudal (lps) Coficiente Escorrenta Intensidad (lps/Ha) Área (Ha)				
Base (m): 0.30 Talud izquierdo(1): 0.58 Talud derecho(2): 0.58 Pendiente(%): 0.50 Coeficiente (n): 0.013						TR 10 Años/15min 26.51 374.08 0.12					Base (m): 0.30 Talud izquierdo(1): 0.58 Talud derecho(2): 0.58 Pendiente(%): 0.50 Coeficiente (n): 0.013						TR 10 Años/15min 12.77 374.08 0.35				
CONCRETO						RANGO (y)					CONCRETO						RANGO (y)				
RANGO (y)						0.00					RANGO (y)						0.00				
RANGO (y)						0.75					RANGO (y)						0.75				
PROFUNDIDAD (m)	ÁREA (m²)	PERÍMETRO (m)	RADIO HID (m)	TIRANTE (m)	NÚMERO FROUDE	REGIMEN DEL FLUJO	VELOCIDAD (m/seg)	CAUDAL (L/seg)	PROFUNDIDAD (m)	ÁREA (m²)	PERÍMETRO (m)	RADIO HID (m)	TIRANTE (m)	NÚMERO FROUDE	REGIMEN DEL FLUJO	VELOCIDAD (m/seg)	CAUDAL (L/seg)				
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	SUBCRÍTICO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	SUBCRÍTICO	0.00	0.00				
0.075	0.026	0.473	0.054	0.387	0.966	SUBCRÍTICO	0.781	20.108	0.075	0.026	0.473	0.054	0.387	0.966	SUBCRÍTICO	0.781	20.108				
0.150	0.058	0.646	0.090	0.473	0.994	SUBCRÍTICO	1.090	63.201	0.150	0.058	0.646	0.090	0.473	0.994	SUBCRÍTICO	1.090	63.201				
0.225	0.097	0.820	0.118	0.560	1.005	SUPERCRÍTICO	1.309	126.557	0.225	0.097	0.820	0.118	0.560	1.005	SUPERCRÍTICO	1.309	126.557				
0.300	0.142	0.993	0.143	0.646	1.013	SUPERCRÍTICO	1.487	211.081	0.300	0.142	0.993	0.143	0.646	1.013	SUPERCRÍTICO	1.487	211.081				
0.375	0.194	1.166	0.166	0.733	1.021	SUPERCRÍTICO	1.643	318.246	0.375	0.194	1.166	0.166	0.733	1.021	SUPERCRÍTICO	1.643	318.246				
0.450	0.252	1.339	0.188	0.819	1.028	SUPERCRÍTICO	1.785	448.663	0.450	0.252	1.339	0.188	0.819	1.028	SUPERCRÍTICO	1.785	448.663				
0.525	0.317	1.512	0.209	0.906	1.036	SUPERCRÍTICO	1.918	606.964	0.525	0.317	1.512	0.209	0.906	1.036	SUPERCRÍTICO	1.918	606.964				
0.600	0.385	1.685																			

Para la actividad correspondiente al diseño del sistema de drenaje se tuvieron en cuentas las mismas pautas descritas en el título 7.1.1 para el Análisis hidráulico y diseño del sistema de drenaje superficial y subsuperficial la locación Güepajé Sur-1.

Debido a las altas pendientes presentes en el área, se proyecta la construcción de un sistema de drenaje escalonado con sección trapezoidal en la mayoría de tramos al exterior de la plataforma, con el fin de disipar la energía y por ende disminuir las altas velocidades que puedan generar los caudales. Dichas alturas de escalones varían entre 0.50 m y 1.0 m, dependiendo de la zona donde se ubican las cunetas.

Finalmente, una vez realizado el diseño y verificando el cumplimiento de los parámetros establecidos previamente, se procede a la determinación de longitudes, alturas iniciales y finales, pendientes, cotas rasantes iniciales y finales y cotas de fondo iniciales y finales, para cada tramo del sistema de drenaje superficial. Esta actividad se realiza empleando una hoja de cálculo base, propiedad de GRADEX INGENIERÍA S.A., y verificando que las fórmulas correspondan al cálculo requerido para cada segmento de drenaje. Dicha tabla será incluida en el plano denominado Drenajes Superficiales - Planta General y Secciones, la cual será útil al momento de la etapa constructiva (Ver *Tabla 7.7*).

Tabla 7.7 Tabla Excel drenajes superficiales Basarí

TRAMO			Ho	Hf	L	P	CR Inicial	CR Final	CF Inicial	CF Final	TIPO
1	-	2	m	m	m	%	(m.s.n.m)	(m.s.n.m)	(m.s.n.m)	(m.s.n.m)	
1	-	2	0,10	0,22	24,60	0,50%	332,45	332,45	332,35	332,23	CUNETA REVESTIDA EN CONCRETO CT7
2	-	3	0,22	0,25	6,35	0,50%	332,45	332,45	332,23	332,20	CUNETA REVESTIDA EN CONCRETO CT7
4	-	5	0,10	0,22	24,60	0,50%	332,45	332,45	332,35	332,23	CUNETA REVESTIDA EN CONCRETO CT7
5	-	6	0,22	0,25	6,35	0,50%	332,45	332,45	332,23	332,20	CUNETA REVESTIDA EN CONCRETO CT7
6	-	7	0,45	0,45			332,45	332,45	332,00	332,00	CAJA COLECTORA
7	-	8	0,45	0,56	37,90	0,50%	332,45	332,37	332,00	331,81	1Ø12" ATRACADO EN CONCRETO
8	-	9	0,56	0,56	7,40	0,00%	332,37	332,33	331,81	331,81	DESARENADOR SKIMMER TIPO 1
10	-	11	0,10	0,35	50,05	0,50%	332,30	332,30	332,20	331,95	CUNETA TRAPEZOIDAL REVESTIDA EN CONCRETO
11	-	12	0,35	0,72	74,66	0,50%	332,30	332,30	331,95	331,58	CUNETA TRAPEZOIDAL REVESTIDA EN CONCRETO
12	-	13	0,72	0,75	5,16	0,50%	332,30	332,30	331,58	331,55	1Ø12" ATRACADO EN CONCRETO
13	-	14	0,75	0,81	11,43	0,50%	332,30	332,30	331,55	331,49	CUNETA TRAPEZOIDAL REVESTIDA EN CONCRETO
15	-	16	0,10	0,30	66,78	0,30%	332,30	332,30	332,20	332,00	CUNETA TRAPEZOIDAL REVESTIDA EN CONCRETO
16	-	17	0,90	0,90			332,30	332,30	331,40	331,40	CAJA COLECTORA
17	-	18	0,90	0,25	4,73	15,90%	332,30	330,90	331,40	330,65	1Ø12"
18	-	19	0,25	0,30	10,60	0,00%	330,90	330,90	330,65	330,60	DESARENADOR SKIMMER TIPO 2
19	-	20	0,30	0,87	12,11	0,50%	330,90	328,86	330,60	327,99	DESCOLE ESCALONADO ENTRE 1.5H:0.85V Y 4H:0.85V
36	-	20	0,10	0,74	26,81	0,30%	328,30	328,86	328,20	328,12	CUNETA TRAPEZOIDAL EN SACOS DE SUELO
20	-	21	0,87	0,00	14,14	0,50%	328,86	325,94	327,99	325,94	DESCOLE ESCALONADO 3H:0.65V
10	-	22	0,10	0,45	70,35	0,50%	332,30	332,30	332,20	331,85	CUNETA TRAPEZOIDAL REVESTIDA EN CONCRETO
22	-	23	0,45	0,49	7,50	0,50%	332,30	332,30	331,85	331,81	1Ø12" ATRACADO EN CONCRETO
23	-	24	0,49	0,49	1,10	0,50%	332,30	332,30	331,81	331,81	CUNETA TRAPEZOIDAL REVESTIDA EN CONCRETO
24	-	25	0,49	0,54	9,34	0,50%	332,30	332,30	331,81	331,76	CUNETA TRAPEZOIDAL REVESTIDA EN CONCRETO
25	-	26	0,54	0,56	5,00	0,50%	332,30	332,30	331,76	331,74	1Ø12" ATRACADO EN CONCRETO
26	-	27	0,56	0,93	72,67	0,50%	332,30	332,30	331,74	331,37	CUNETA TRAPEZOIDAL REVESTIDA EN CONCRETO
27	-	28	0,93	1,00	19,29	0,50%	332,30	332,30	331,37	331,30	CUNETA TRAPEZOIDAL REVESTIDA EN CONCRETO
15	-	29	0,10	0,21	36,27	0,30%	332,30	332,30	332,20	332,09	CUNETA TRAPEZOIDAL REVESTIDA EN CONCRETO
29	-	30	1,00	1,00			332,30	332,30	331,30	331,30	CAJA COLECTORA
30	-	31	1,00	0,30	3,84	15,50%	332,30	330,98	331,30	330,68	1Ø12"
31	-	32	0,30	0,35	10,60	0,00%	330,98	330,98	330,68	330,63	DESARENADOR SKIMMER TIPO 2
32	-	33	0,35	0,65	11,17	0,50%	330,98	328,22	330,63	327,57	DESCOLE ESCALONADO 2H:0.6V
36	-	33	0,10	0,14	35,25	0,30%	328,30	328,23	328,20	328,09	CUNETA TRAPEZOIDAL EN SACOS DE SUELO
33	-	34	0,65	0,43	3,10	0,50%	328,22	327,38	327,57	326,95	DESCOLE ESCALONADO 2.5H:0.6V
34	-	35	0,43	0,03	30,42	0,50%	327,38	324,88	326,95	324,85	DESCOLE ESCALONADO ENTRE 5.5H:0.65V Y 19H:0.65V
37	-	39	0,10	0,20	20,22	0,50%	335,30	335,30	335,20	335,10	CUNETA TRAPEZOIDAL EN SACOS DE SUELO

38	-	39	0,50	0,20	12,14	0,50%	339,00	335,30	338,50	335,10	DESCOLE ESCALONADO 1.5H:0.5V
39	-	40	0,20	0,22	3,25	0,50%	335,30	335,30	335,10	335,08	CUNETAS TRAPEZOIDAL EN SACOS DE SUELO
41	-	40	0,50	0,22	17,68	0,50%	339,96	335,30	339,46	335,08	DESCOLE ESCALONADO 1.5H:0.5V
40	-	42	0,22	0,39	35,50	0,50%	335,30	335,30	335,08	334,91	CUNETAS TRAPEZOIDAL EN SACOS DE SUELO
42	-	43	0,55	0,20	2,70	0,50%	334,91	333,99	334,36	333,79	CUNETAS TRAPEZOIDAL EN SACOS DE SUELO
41	-	43	0,50	0,20	21,75	0,50%	339,96	333,99	339,46	333,79	DESCOLE ESCALONADO 2H:0.5V
43	-	44	0,20	0,22	2,28	0,50%	333,99	334,00	333,79	333,78	CUNETAS TRAPEZOIDAL EN SACOS DE SUELO
44	-	45	0,22	0,24	11,04	0,50%	334,00	332,46	333,78	332,22	DESCOLE ESCALONADO 3.5H:0.5V
45	-	46	0,24	0,53	15,37	0,50%	332,46	330,67	332,22	330,14	DESCOLE ESCALONADO 4H:0.5V
46	-	47	0,53	0,00	24,70	0,50%	330,67	329,15	330,14	329,15	DESCOLE ESCALONADO ENTRE 7H:0.5V Y 14H:0.4V
48	-	49	0,10	0,64	13,52	0,50%	340,69	340,16	340,59	339,52	DESCOLE ESCALONADO ENTRE 9H:0.1V Y 4.5H:0.5V
49	-	52	0,64	0,54	26,69	0,50%	340,16	334,93	339,52	334,39	DESCOLE ESCALONADO 2H:0.5V
50	-	51	0,10	0,29	64,79	0,30%	336,30	336,30	336,20	336,01	CUNETAS TRAPEZOIDAL REVESTIDA EN GEOMANTO
51	-	52	0,59	0,14	3,16	0,50%	336,01	334,93	335,42	334,79	DESCOLE ESCALONADO 2H:0.5V
52	-	53	0,54	0,48	8,18	0,50%	334,93	332,77	334,39	332,29	DESCOLE ESCALONADO 2H:0.5V
53	-	54	0,48	0,30	6,91	0,50%	332,77	332,56	332,29	332,26	CUNETAS TRAPEZOIDAL REVESTIDA EN GEOMANTO
54	-	55	0,30	0,37	11,82	0,50%	332,56	332,57	332,26	332,20	CUNETAS TRAPEZOIDAL REVESTIDA EN GEOMANTO
55	-	56	0,37	0,54	24,34	0,50%	332,57	332,62	332,20	332,08	CUNETAS TRAPEZOIDAL REVESTIDA EN GEOMANTO
56	-	57	0,54	0,86	5,30	0,50%	332,62	332,91	332,08	332,05	CUNETAS TRAPEZOIDAL REVESTIDA EN GEOMANTO
57	-	58	0,86	0,19	12,00	0,50%	332,91	332,18	332,05	331,99	ALCANTARILLA Ø36"
58	-	59	0,19	0,73	1,86	0,50%	332,18	331,91	331,99	331,18	DESCOLE ESCALONADO 2.5H:0.8V
59	-	60	0,73	0,41	16,38	0,50%	331,91	326,43	331,18	326,02	DESCOLE ESCALONADO 2H:0.8V
60	-	61	0,41	1,40	18,00	0,50%	326,43	326,79	326,02	325,39	DESCOLE ESCALONADO ENTRE 16H:0.3V Y 2H:0.55V
61	-	62	1,40	0,45	5,10	0,50%	326,79	325,81	325,39	325,36	1Ø12" ATRACADO EN CONCRETO
62	-	63	0,45	0,89	51,54	0,50%	325,81	325,99	325,36	325,10	CUNETAS TRAPEZOIDAL EN SACOS DE SUELO
63	-	67	0,89	0,88	10,13	0,50%	325,99	325,93	325,10	325,05	CUNETAS TRAPEZOIDAL EN SACOS DE SUELO
64	-	65	0,10	0,25	48,46	0,30%	328,00	328,00	327,90	327,75	CUNETAS TRAPEZOIDAL EN SACOS DE SUELO
65	-	66	0,25	0,27	6,67	0,30%	328,00	328,00	327,75	327,73	CUNETAS TRAPEZOIDAL EN SACOS DE SUELO
66	-	67	0,27	0,24	9,87	0,50%	328,00	325,93	327,73	325,69	DESCOLE ESCALONADO ENTRE 1.55H:0.5V Y 4H:0.5V
67	-	68	0,88	0,92	13,94	0,50%	325,93	322,63	325,05	321,71	DESCOLE ESCALONADO 2H:0.6V
69	-	68	0,10	0,82	31,56	0,30%	322,00	322,63	321,90	321,81	CUNETAS TRAPEZOIDAL EN SACOS DE SUELO
68	-	70	0,92	0,61	9,97	0,50%	322,63	319,84	321,71	319,23	DESCOLE ESCALONADO 2H:0.6V
70	-	71	0,61	0,46	7,02	0,50%	319,84	318,26	319,23	317,80	DESCOLE ESCALONADO 3.5H:0.7V
71	-	72	0,46	0,00	2,40	0,50%	318,26	317,79	317,80	317,79	CUNETAS TRAPEZOIDAL EN SACOS DE SUELO
73	-	74	0,40	0,42	6,41	0,30%	326,00	326,00	325,60	325,58	CUNETAS TRAPEZOIDAL REVESTIDA EN GEOMANTO
74	-	75	0,42	0,80	19,89	0,30%	326,00	326,32	325,58	325,52	CUNETAS TRAPEZOIDAL REVESTIDA EN GEOMANTO
75	-	76	0,80	0,74	12,50	0,30%	326,32	326,22	325,52	325,48	CUNETAS TRAPEZOIDAL REVESTIDA EN GEOMANTO
76	-	77	0,74	0,75	11,00	0,50%	326,22	323,58	325,48	322,83	DESCOLE ESCALONADO 2H:0.5V
77	-	78	0,75	1,49	3,11	0,50%	323,58	323,29	322,83	321,80	CUNETAS TRAPEZOIDAL REVESTIDA EN GEOMANTO
79	-	78	0,10	1,49	32,95	0,30%	322,00	323,29	321,90	321,80	CUNETAS TRAPEZOIDAL EN SACOS DE SUELO
78	-	80	1,49	1,60	4,61	0,30%	323,29	323,38	321,80	321,78	CUNETAS TRAPEZOIDAL REVESTIDA EN GEOMANTO
80	-	81	1,60	0,00	26,45	0,50%	323,38	315,84	321,78	315,84	DESCOLE ESCALONADO ENTRE 5H:0.4V Y 2H:1V

Recuperado de: GRADEX INGENIERÍA S.A.

## 7.5.2 Diseño del sistema de drenaje subsuperficial

Con el fin de dar manejo a las aguas que se infiltran en el suelo y proteger los taludes proyectados en el diseño de la locación se establece la necesidad de construir sistemas de drenaje subsuperficiales (filtros franceses, Ver *Figura 7.24*), distribuidos estratégicamente en el área de interés.

Empleando el programa AutoCAD Civil 3D se generaron los perfiles del terreno a partir de las curvas de nivel, determinado así las pendientes y posteriormente la ubicación de los filtros, los cuales funcionan por gravedad, estableciendo pendientes mínimas de 0.3% para garantizar el flujo de agua.

Una vez verificada la ubicación y el cumplimiento de requisitos como pendiente y entrega final, se determinan las cotas rasantes y de fondo de cada filtro, las cuales se escriben en el plano correspondiente.

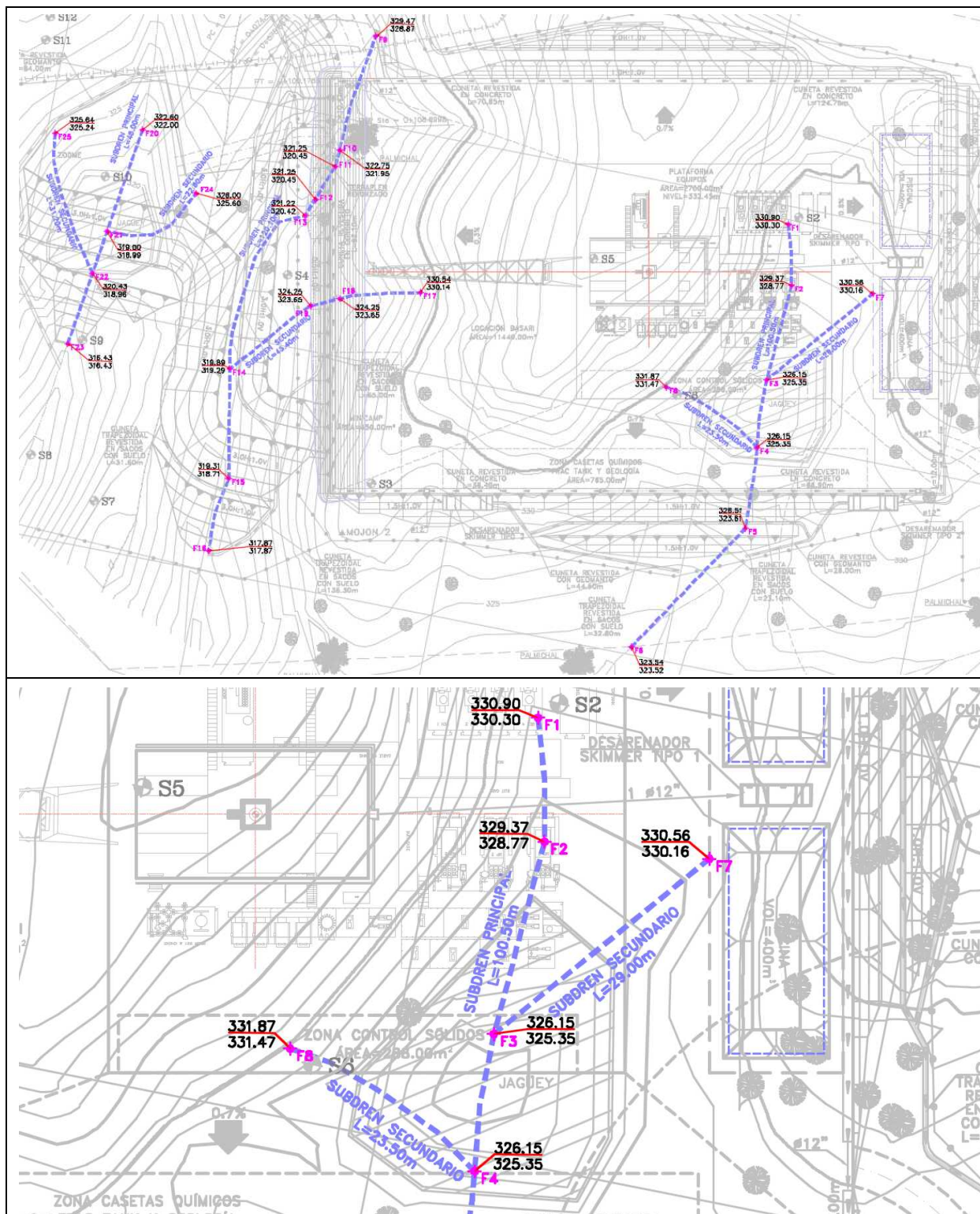


Figura 7.24 Drenajes subsuperficiales locación Basari  
 Recuperado de: GRADEX INGENIERÍA S.A.

### 7.5.3 Cantidades de obra y presupuesto

Para el título correspondiente a las cantidades de obra y presupuesto, adicional a los ítems frecuentes como el cálculo para la placa de taladro, el contrapozo, los desarenadores, las cajas direccionales, así como las actividades preliminares, excavaciones, rellenos, conformación de terraplenes, obras de empradización y cerramiento, se proyectaron obras adicionales de acuerdo a los requerimientos del proyecto Basarí.

Dentro del área destinada para la construcción de la plataforma y el ZODME se encuentran ubicados dos jagüeyes (reservorios de agua superficial), como se observa en la *Figura 7.22* (polígonos morados). Dado que sobre esta zona se proyecta la conformación de rellenos, y de acuerdo a las recomendaciones del estudio geotécnico, es necesario retirar 0.90 m de espesor de material saturado no competente y realizar una recuperación con crudo de río envuelto en geotextil no tejido de por lo menos 0.50 m, antes de empezar la conformación de la locación. Debido a que el material requerido para la recuperación no se encontraba en la lista de precios contractuales de HOCOL S.A. fue necesario agregar un ítem denominado pedraplén.

El cálculo correspondiente a los cortes y la recuperación de los jagüeyes se observa en la *Tabla 7.8*.

Tabla 7.8 Tabla para el cálculo de corte y relleno de jagüeyes

Corte Jagüeyes (Recuperación)			
Descripción	Área (m <sup>2</sup> )	Espesor capa (m)	Volumen corte (m <sup>3</sup> )
Jagüey Plataforma	767,51	0,9	690,759
Jagüey Zodme	345,56	0,9	311,004
	Subtotal volumen de corte		1001,763
	Imprevistos (10%)		100,1763
	<b>Total corte con imprevistos</b>		<b>1101,9393</b>

Como segunda actividad se realizó el cálculo de la cuneta tipo CT-7, ubicada en la placa del taladro. Para ello, se incorporó una nueva pestaña en la hoja de cantidades y presupuesto de obra, en la cual se incluyó el cálculo de la excavación y del concreto de 3000 psi requeridos, así como la cantidad total en kg de ángulos A36 de 4"x4"x3/8". Para este último fue necesario incluir un ítem contractual, debido a que este elemento no estaba incluido dentro de la lista de precios contractuales brindada por HOCOL S.A.

La pestaña con los cálculos respectivos se observa en la *Figura 7.25*.



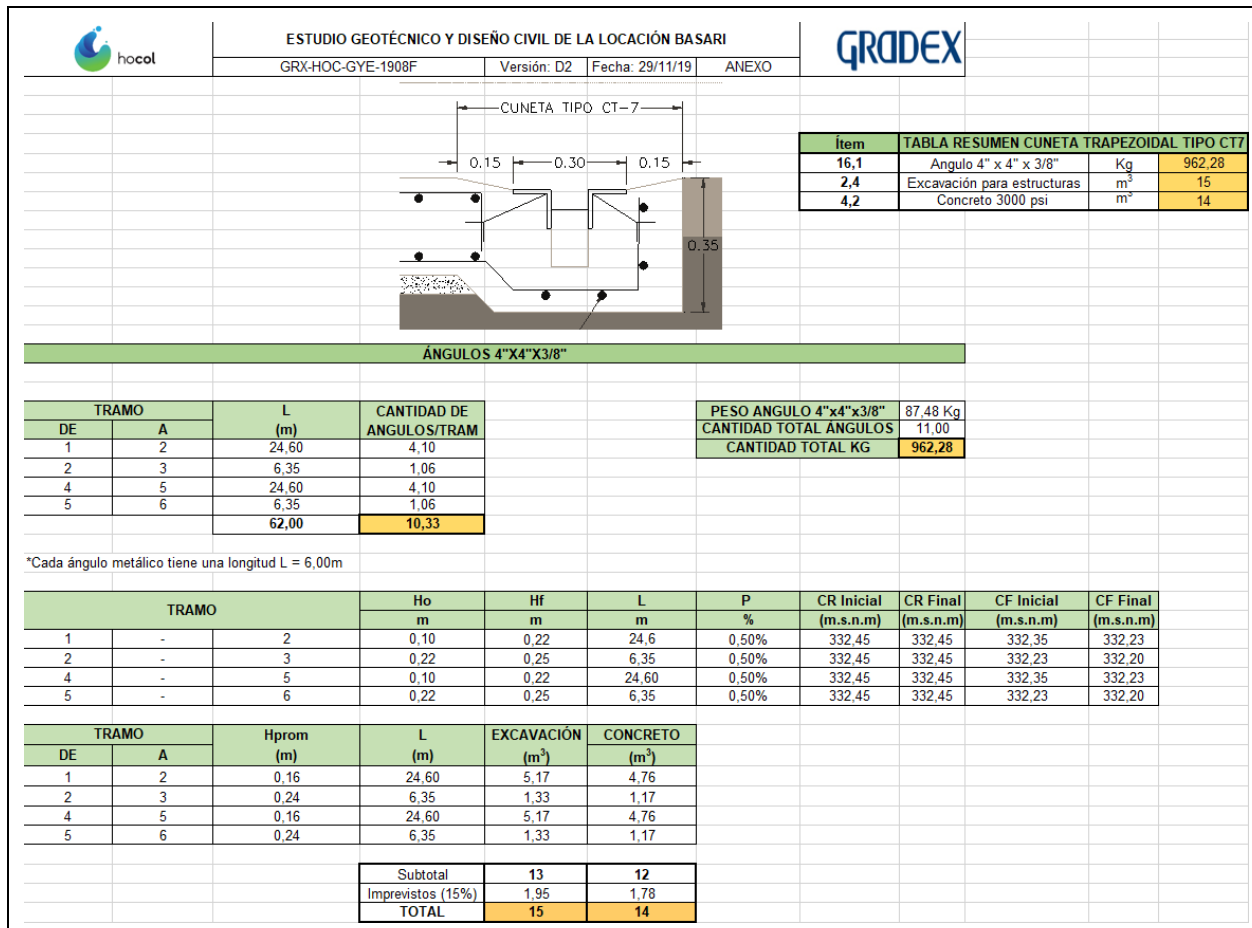
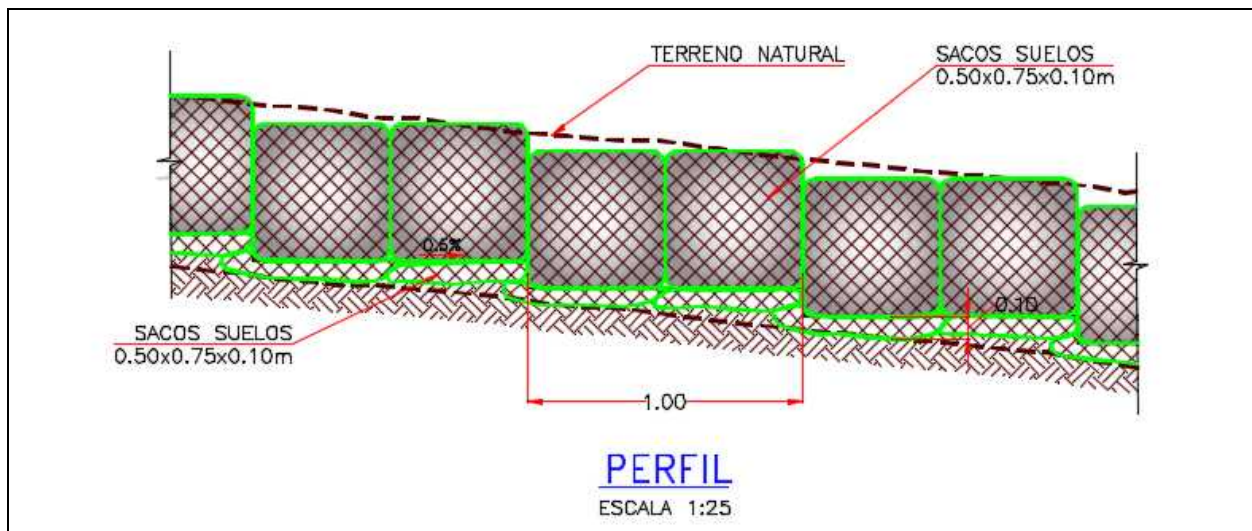


Figura 7.25 Pestaña cálculo cantidades de obra cuneta tipo 7 (CT-7)

Finalmente, la pestaña correspondiente a las cunetas revestidas fue modificada debido a que se requirió adicionar fórmulas para algunos tramos de cunetas externas revestidas en sacos con suelo. (Ver detalle Figura 7.26).



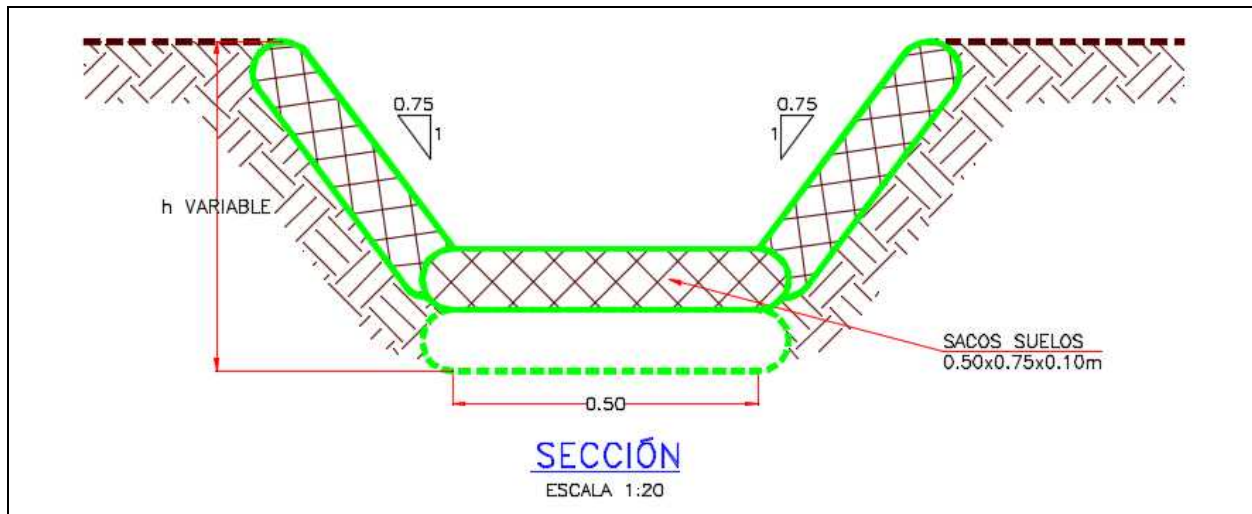


Figura 7.26 Detalle sección y perfil cuneta trapezoidal en sacos de suelo  
Recuperado de: GRADEX INGENIERÍA S.A.

Para las fórmulas se consideró el recubrimiento total de la cuneta en sacos de suelo, teniendo presentes sus dimensiones de 0.50 m x 0.75 m x 0.10 m.

De acuerdo a la altura de los tramos de drenaje y la inclinación de las paredes se establecieron unos límites con el fin de determinar las filas de sacos necesarias para recubrir la sección, sin importar que parte del saco sobresaliera de la excavación. Las fórmulas empleadas se observan en la *Tabla 7.9*.

Tabla 7.9 Fórmulas para el cálculo de cunetas trapezoidales revestidas en sacos de suelo

	Alturas	Fórmulas (Paredes)	Fórmulas (Base)
<b>Para 1 fila de sacos</b>	h máx: 0.65 m	Cantidad sacos = (2 Paredes*Longitud Tramo)/0.5m	Cantidad sacos = Longitud tramo/0.75
<b>Para 2 filas de sacos</b>	h: entre 0.65 m y 1.30 m	Cantidad sacos = (2 Paredes*2 Filas*Longitud Tramo)/0.5m	Cantidad sacos = Longitud tramo/0.75
<b>Para 3 filas de sacos</b>	h: entre 1.30 m y 1.95 m	Cantidad sacos = (2 Paredes*3 Filas*Longitud Tramo)/0.5m	Cantidad sacos = Longitud tramo/0.75

Posteriormente, con base en el Excel de drenajes superficiales realizado anteriormente (*Tabla 7.7*), se definió el material de revestimiento para cada tramo y empleando los datos de longitud, pendiente, alturas y cotas se definió el volumen de excavación y la cantidad de sacos de suelo necesarios. Adicionalmente se calcularon cantidades de concreto y de geomanto para los drenajes respectivos.

A continuación, se observa una parte de la pestaña de cálculo final y la tabla resumen con las cantidades obtenidas (Ver *Tabla 7.10*)

Tabla 7.10 Cálculo cunetas trapezoidales en sacos con suelo y tabla resumen

TRAMO	Ho m	Hf m	L m	P %	CR Inicial (m.s.n.m)	CR Final (m.s.n.m)	CF Inicial (m.s.n.m)	CF Final (m.s.n.m)	TIPO	Base (m)	Material	
32 -	33	0.35	0.65	11.17	0.50%	330.98	328.22	330.63	327.57	DESCOLE ESCALONADO 2H:0.6V	0.3	geomanto
36 -	33	0.10	0.14	35.25	0.30%	328.30	328.23	328.20	328.09	CUNETA TRAPEZOIDAL EN SACOS DE SUELO	0.5	sacos
33 -	34	0.65	0.43	3.10	0.50%	328.22	327.38	327.57	326.95	DESCOLE ESCALONADO 2.5H:0.6V	0.3	geomanto
34 -	35	0.43	0.03	30.42	0.50%	327.38	324.88	326.95	324.85	DESCOLE ESCALONADO ENTRE 5.5H:0.65V Y 19H:0.65V	0.3	geomanto
37 -	39	0.10	0.20	20.22	0.50%	335.30	335.30	335.20	335.10	CUNETA TRAPEZOIDAL EN SACOS DE SUELO	0.5	sacos
38 -	39	0.50	0.20	12.14	0.50%	339.00	335.30	338.50	335.10	DESCOLE ESCALONADO 1.5H:0.5V	0.3	geomanto
39 -	40	0.20	0.22	3.25	0.50%	335.30	335.30	335.10	335.08	CUNETA TRAPEZOIDAL EN SACOS DE SUELO	0.5	sacos
41 -	40	0.50	0.22	17.68	0.50%	339.96	335.30	339.46	335.08	DESCOLE ESCALONADO 1.5H:0.5V	0.3	geomanto
40 -	42	0.22	0.39	36.50	0.50%	335.30	335.30	335.08	334.91	CUNETA TRAPEZOIDAL EN SACOS DE SUELO	0.5	sacos
42 -	43	0.55	0.20	2.70	0.50%	334.91	333.99	334.36	333.79	CUNETA TRAPEZOIDAL EN SACOS DE SUELO	0.5	sacos
41 -	43	0.50	0.20	21.75	0.50%	339.96	333.99	339.46	333.79	DESCOLE ESCALONADO 2H:0.5V	0.3	geomanto
43 -	44	0.20	0.22	2.28	0.50%	333.99	334.00	333.79	333.78	CUNETA TRAPEZOIDAL EN SACOS DE SUELO	0.5	sacos
44 -	45	0.22	0.24	11.04	0.50%	334.00	332.46	333.78	332.22	DESCOLE ESCALONADO 3.5H:0.5V	0.5	sacos
45 -	46	0.24	0.53	15.37	0.50%	332.46	330.67	332.22	330.14	DESCOLE ESCALONADO 4H:0.5V	0.5	sacos
46 -	47	0.53	0.00	24.70	0.50%	330.67	329.15	330.14	329.15	DESCOLE ESCALONADO ENTRE 7H:0.5V Y 14H:0.4V	0.5	sacos
48 -	49	0.10	0.64	13.52	0.50%	340.69	340.16	340.59	339.52	DESCOLE ESCALONADO ENTRE 9H:0.1V Y 4.5H:0.5V	0.3	geomanto
49 -	52	0.64	0.54	26.69	0.50%	340.16	334.93	339.52	334.39	DESCOLE ESCALONADO 2H:0.5V	0.3	geomanto
50 -	51	0.10	0.29	64.79	0.30%	336.30	336.30	336.20	336.01	CUNETA TRAPEZOIDAL EN SACOS DE SUELO	0.5	sacos
51 -	52	0.59	0.14	3.16	0.50%	336.01	334.93	335.42	334.79	DESCOLE ESCALONADO 2H:0.5V	0.5	sacos
52 -	53	0.54	0.48	8.18	0.50%	334.93	332.77	334.39	332.29	DESCOLE ESCALONADO 2H:0.5V	0.3	geomanto
53 -	54	0.48	0.30	6.91	0.50%	332.77	332.56	332.29	332.26	CUNETA TRAPEZOIDAL REVESTIDA EN GEOMANTO	0.3	geomanto
54 -	55	0.30	0.37	11.82	0.50%	332.56	332.57	332.26	332.20	CUNETA TRAPEZOIDAL REVESTIDA EN GEOMANTO	0.3	geomanto
56 -	56	0.37	0.54	24.34	0.50%	332.57	332.62	332.20	332.08	CUNETA TRAPEZOIDAL REVESTIDA EN GEOMANTO	0.3	geomanto
56 -	57	0.54	0.86	5.30	0.50%	332.62	332.91	332.08	332.05	CUNETA TRAPEZOIDAL REVESTIDA EN GEOMANTO	0.3	geomanto
57 -	58	0.86	0.19	12	0.005	332.91	332.18	332.05	331.99	ALCANTARILLA Ø36"		
58 -	59	0.19	0.73	1.86	0.50%	332.18	331.91	331.99	331.18	DESCOLE ESCALONADO 2.5H:0.8V	0.5	sacos
59 -	60	0.73	0.41	16.38	0.50%	331.91	326.43	331.18	326.02	DESCOLE ESCALONADO 2H:0.8V	0.5	sacos
60 -	61	0.41	1.40	18.00	0.50%	326.43	326.79	326.02	325.39	DESCOLE ESCALONADO ENTRE 16H:0.3V Y 2H:0.55V	0.5	sacos
61 -	62	1.4	0.45	5.1	0.005	326.79	325.81	325.39	325.36	1Ø12 ATRACADO EN CONCRETO		
62 -	63	0.45	0.89	51.54	0.005	325.81	325.99	325.36	325.1	CUNETA TRAPEZOIDAL EN SACOS DE SUELO	0.5	sacos
63 -	67	0.89	0.88	10.13	0.50%	325.99	325.93	325.10	325.05	CUNETA TRAPEZOIDAL EN SACOS DE SUELO	0.5	sacos
64 -	65	0.10	0.25	48.46	0.30%	328.00	328.00	327.90	327.75	CUNETA TRAPEZOIDAL EN SACOS DE SUELO	0.5	sacos
65 -	66	0.25	0.27	6.67	0.30%	328.00	328.00	327.75	327.73	CUNETA TRAPEZOIDAL EN SACOS DE SUELO	0.5	sacos
66 -	67	0.27	0.24	9.87	0.50%	328.00	325.93	327.73	325.69	DESCOLE ESCALONADO ENTRE 1.56H:0.5V Y 4H:0.5V	0.5	sacos
67 -	68	0.88	0.92	13.94	0.50%	325.93	322.63	325.05	321.71	DESCOLE ESCALONADO 2H:0.6V	0.5	sacos
69 -	68	0.10	0.82	31.56	0.30%	322.00	322.63	321.90	321.81	CUNETA TRAPEZOIDAL EN SACOS DE SUELO	0.5	sacos

CUNETAS TRAPEZOIDALES REVESTIDAS CON MANTO PERMANENTE O SACOS CON SUELO

Hprom (m)	z (m)	Cantidad Geomanto (m <sup>2</sup> )	Cantidades Sacos Suelo (und)	Base Mayor (B) (m)	Área Excavación (m <sup>2</sup> )	Volumen Excavación (m <sup>3</sup> )
0.50	0.58	38,59		0.88	0.29	3,29
0.12	0.58		188,00	0.64	0.07	2,41
0.54	0.58	11,00		0.92	0.33	1,02
0.23	0.58	86,12		0.57	0.10	3,03
0.15	0.58		107,84	0.67	0.09	1,79
0.35	0.58	37,73		0.70	0.18	2,13
0.21	0.58		17,33	0.74	0.13	0,42
0.36	0.58	55,36		0.72	0.18	3,23
0.31	0.58		189,33	0.85	0.21	7,35
0.38	0.58		14,40	0.93	0.27	0,73
0.35	0.58	67,61		0.70	0.18	3,82
0.21	0.58		12,16	0.74	0.13	0,30
0.23	0.58		103,04	0.77	0.15	1,61
0.39	0.58		143,45	0.94	0.28	4,27
0.27	0.58		188,17	0.81	0.17	4,27
0.37	0.58	42,65		0.73	0.19	2,57
0.59	0.58	97,75		0.98	0.38	10,09
0.20	0.58		345,55	0.73	0.12	7,84
0.37	0.58		29,49	0.92	0.26	0,82
0.51	0.58	28,45		0.89	0.30	2,48
0.39	0.58	22,12		0.75	0.20	1,42
0.34	0.58	36,33		0.69	0.17	1,95
0.46	0.58	81,56		0.83	0.26	6,23
0.70	0.58	20,76		1,11	0,49	2,61
0.46	0.58		12,56	1,03	0,35	0,66
0.57	0.58		152,88	1,16	0,47	7,74
0.91	0.58		138,04	1,55	0,93	16,66
0.67	0.58		387,32	1,27	0,59	30,62
0.89	0.58		94,55	1,52	0,89	9,06
0.17	0.58		258,45	0,70	0,10	5,02
0.26	0.58		35,57	0,79	0,17	1,10
0.25	0.58		52,64	0,79	0,16	1,61
0.90	0.58		130,11	1,54	0,92	12,79
0.46	0.58		198,12	1,03	0,35	11,11

TABLA RESUMEN CUNETAS					
Ítem	Descripción	Unidad	Subtotal	Imprevistos (10%)	TOTAL
2,5	Excavación Zanjas y Cunetas	m <sup>3</sup>	467,27	46,73	513,99
4,3	Concreto 2500 psi	m <sup>3</sup>	64,29	6,43	70,72
8,12	Manto Permanente Terratrax TRM 50 de Geomatrix	m <sup>2</sup>	1027,93	102,79	1130,72
3,1	Relleno general al 90% PM	m <sup>3</sup>	3,89	0,39	4,28
7,12	Suministro e instalación Tubería PVC f 12"	ml	31,33	3,13	34,46
3,6	Suministro y Colocación de Sacos	und	3402,00	340,20	3742,20

Finalmente, tras realizar los cálculos de las demás obras y actividades comúnmente requeridas para la conformación de la plataforma, se obtuvo el presupuesto final, correspondiente a un valor de \$1.983.604.439,97 (Ver *Tabla 7.11*).

*Tabla 7.11* Cantidades de obra y presupuesto Basarí

13	<b>TARIFAS MAQUINARIA PESADA</b>					
13.1	Bulldozer 140HP (con Ripper)	Hr	\$ 175.000,00			
13.2	Retroexcavadora de Orugas	Hr	\$ 168.750,00			
13.3	Retrocargador	Hr	\$ 112.500,00			
13.4	Motoniveladora	Hr	\$ 175.000,00			
13.5	Vibrocompactador	Hr	\$ 112.500,00			
13.6	Carrotaque	Viaje	\$ 1.000.000,00			
14	<b>MANTENIMIENTO VIAS</b>					
14.1	Reconformación de vías 6 m con adición de afirmado (e=5cm). Sin acarreo	Km	\$ 6.969.241,00			
14.2	Reconformación de vías 6m sin adición de afirmado	Km	\$ 2.139.469,00			
14.3	Remoción de Afirmado vía y conformación de área	m3	\$ 8.611,00			
15	<b>MANTENIMIENTO LOCACIONES</b>					
15.1	Reconformación de plataforma con de afirmado (e=5cm). Pozos exploratorios.	m2	\$ 1.738,00			
15.2	Reconformación de plataforma sin adición de material	m2	\$ 590,00			
15.3	Remoción de derrumbes	m3	\$ 6.828,00			
15.4	Limpieza de cunetas	ml	\$ 9.088,00			
15.5	Roceria	m2	\$ 339,00			
15.6	Impresión	m2	\$ 2.681,16			
15.7	Reparcho	m2	\$ 798.529,00			
15.8	Remoción de Afirmado locacion y conformación de área	m3	\$ 5.973,00			
16	<b>ÍTEM NO CONTRACTUAL</b>					
16.1	Pedraplén	m3	\$ 78.580,00	612,19	\$ 48.105.772,33	Precio de INVIAS. Reemplazo jagueyes y terraplén reforzado
16.2	Angulo 4" x 4" x 3/8"	kg	\$ 9.748,18	962,28	\$ 9.380.483,09	Cuneta revestida tipo CT-7
				<b>TOTAL</b>	<b>\$ 1.602.783.160,93</b>	
					<b>\$ 1.292.567.065,27</b>	
	<b>Movillización y desmovillización Contratista</b>	4%			<b>\$ 51.702.682,61</b>	
					<b>\$ 1.344.269.747,88</b>	
	<b>AIU</b>	24%			<b>\$ 1.666.894.487,37</b>	
		<b>Acompañamiento e interventoría = 15%</b>			<b>\$ 240.417.474,14</b>	
					<b>\$ 1.907.311.961,51</b>	
	<b>AJUSTE POR IPC</b>	4%			<b>\$ 1.983.604.439,97</b>	

Recuperado de: GRADEX INGENIERÍA S.A.

## 8 APOORTE AL CONOCIMIENTO

En el transcurso de la práctica empresarial se han desarrollado productos de gran utilidad para la empresa, pues ayudan a mantener organizada y actualizada la información, y pueden ser empleados en futuros proyectos. Entre ellos se destacan:

### 8.1 Organización y modificación de hoja de cálculo en software MS EXCEL para la determinación de cantidades de obra

Como se explicó en el ítem 7.1.2 Cantidades de obra y presupuesto, durante la práctica empresarial se realizó la organización y modificación de la hoja de cálculo empleada por la empresa para la determinación de las cantidades de obra y el presupuesto de las locaciones petroleras. En ella, aparte de unificar la información y organizar las pestañas correspondientes a cada actividad requerida, se realizaron cambios a las fórmulas en el cálculo de materiales como concreto y acero, así como en la pestaña correspondiente a cunetas, logrando mayor exactitud en el resultado final y permitiendo que cualquier trabajador que deba utilizar esta herramienta logre entenderla de una forma fácil y rápida, evitando confusiones, debido a que constantemente encontrará notas explicativas (Figura 8.1) que le ayudarán a comprender y determinar los valores correspondientes.

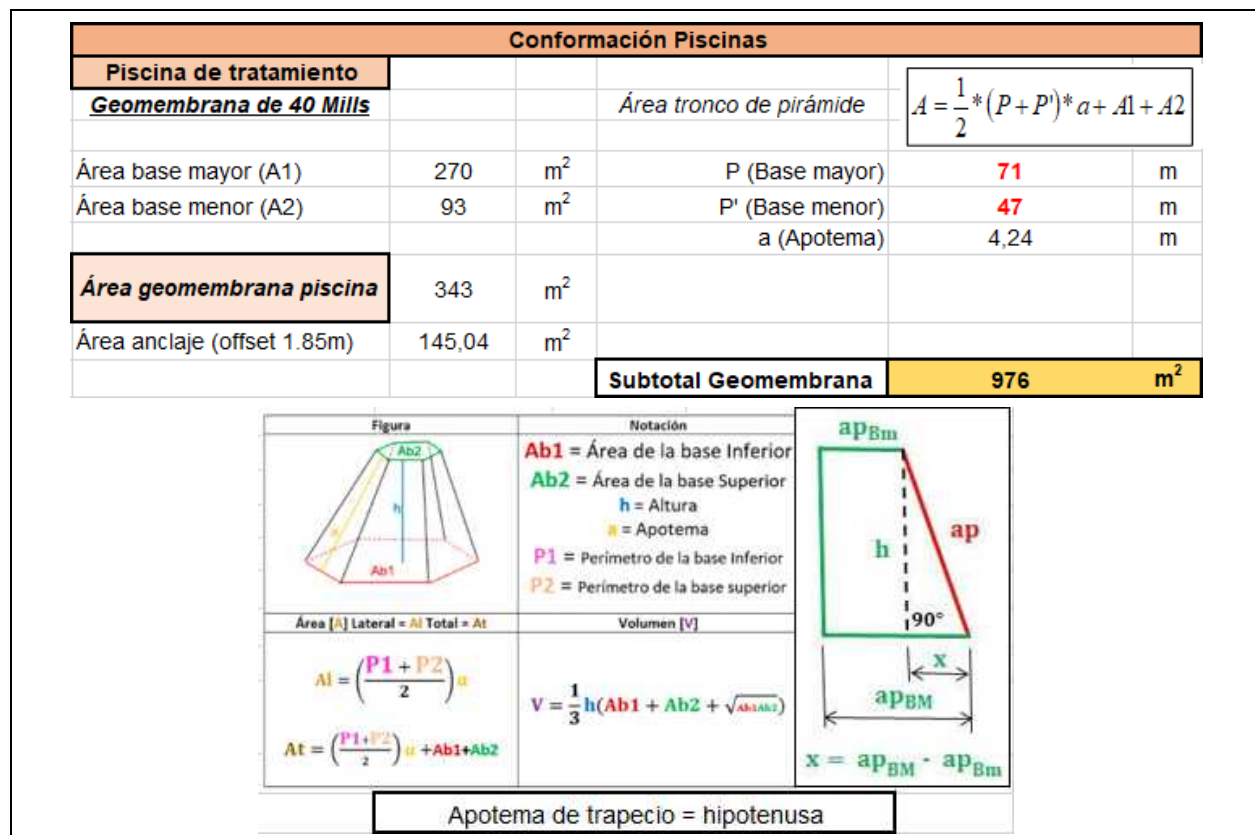


Figura 8.1 Nota explicativa, pestaña piscinas

## **8.2 Generación de plano base para despiece de placa de taladro con dimensiones de 24.40 m x 13.30 m**

Por otro lado, uno de los detalles que puede ser útil para futuros proyectos es el plano base correspondiente al despiece de la placa del taladro con dimensiones de 24.40 m x 13.30 m, ítem con el cual no contaba la empresa en su base de datos. Este detalle se encuentra en los planos del contrapozo, y en él se indican las dimensiones de las mallas, las cantidades y los traslajos entre ellas (Ver *Figura 7.9*). El hecho de disponer de este plano sirve para ahorrar tiempo en los próximos diseños que presenten las mismas especificaciones para la placa del taladro.

## **8.3 Elaboración de especificaciones técnicas para válvulas de compuerta tipo charnela**

A partir de los requerimientos realizados por la empresa contratante fue necesario realizar las especificaciones técnicas correspondientes para las válvulas de compuerta tipo charnela, las cuales se incluyeron en dos de los diseños realizados durante el desarrollo de la práctica empresarial (Ver *Tabla 7.4*).

Partiendo de un esquema base para las especificaciones técnicas de construcción, propiedad de HOCOL S.A., y tomando como referencia la ficha técnica, el catálogo y las instrucciones para el manejo e instalación de las válvulas brindadas por el proveedor al cual se solicitó la cotización, se redactaron los ítems correspondientes al alcance, descripción general del trabajo, procedimiento de instalación, ficha técnica, personal, equipos, materiales, recibo del trabajo, precisión, tolerancias, medición, ítem y unidad de pago.

Dicho documento define las exigencias y procedimientos a ser aplicados durante los trabajos de suministro e instalación de las válvulas antirreflujo, razón por la cual forma parte integral del proyecto y complementa lo indicado en los planos respectivos.

## **8.4 Realización de Análisis de Precios Unitarios para válvulas de compuerta tipo charnela de 20" y 36"**

Para la realización de los APU correspondientes al suministro e instalaciones de válvulas de compuerta tipo charnela de 20" y 36" (Ver *Figura 7.15*) se requirió en primer lugar la cotización de las válvulas antirreflujo por parte de un proveedor nacional. Adicionalmente, se estableció un APU guía suministrados por GRADEX INGENIERÍA S.A. para seguir el lineamiento de presentación que maneja la empresa.

Posteriormente, se establecieron tres ítems correspondientes al equipo, los materiales y la mano de obra. En base a esto se definieron cantidades, rendimientos, porcentajes de desperdicio, unidades, precios unitarios y valores unitarios. Finalmente, al costo unitario

directo obtenido se le agregó el costo unitario indirecto (A.I.U) correspondiente al 24%, de acuerdo a las directrices brindadas por HOCOL S.A., resultando en el valor unitario para cada válvula de compuerta tipo charnela.

Los análisis de precio unitario representan el costo de una actividad específica por unidad de medida. El resultado obtenido es integrado en la elaboración del presupuesto de obra, cuya importancia radica en establecer una línea base de trabajo para los proyectos de construcción. Por ende, la realización de estos APU representa un insumo de gran utilidad durante la elaboración de presupuesto para futuros proyectos y podría ser modificado para su uso en otro tipo diámetros cambiando los datos correspondientes al valor unitario del elemento.

#### **8.5 Adecuación de hoja de cálculo en software MS EXCEL para la determinación de cantidades de obra para cunetas trapezoidales revestidas en sacos con suelo**

De acuerdo a la descripción realizada en el título 7.5.3 Cantidades de obra y presupuesto para la locación Basarí, se realizó la adecuación de la hoja de cálculo empleada para la determinación de las cantidades de obra de cunetas trapezoidales. En dicha hoja de cálculo, además de poder obtener el volumen de excavación requerido para la construcción del sistema de drenaje y determinar la cantidad de concreto y geomanto, materiales comúnmente empleados durante la conformación de estos elementos, se adicionan fórmulas con el fin de establecer las unidades de sacos con suelo para los tramos de cunetas trapezoidales proyectados.

La programación de la hoja de cálculo con las fórmulas mencionada en la *Tabla 7.9* resulta útil en caso de requerir este ítem en futuros proyectos que incluyan este tipo de sistemas de drenaje.

## 9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Los diseños correspondientes al sistema de drenaje superficial y subsuperficial deben ser trabajados de manera conjunta, teniendo claridad en las características del proyecto y cumpliendo los parámetros de diseño mínimos. En el caso de los diseños respectivos para la locación Güepajé Sur-1 (Título 6.1) y de acuerdo a la disposición de estos drenajes, ubicados al costado occidental en el perímetro de la plataforma (Ver *Figura 7.2*), se requirió especial cuidado al momento de definir las cotas para el subdren localizado justo debajo de las cunetas revestidas en concreto, con el fin de prevenir el encuentro entre ambos elementos durante la etapa constructiva y evitar cambios en el diseño hidráulico establecido.
- Durante la realización de modelos hidrológicos, así como del diseño civil, es necesario contar con información detallada de topografía, debido a que el tratamiento de estos datos determina el correcto análisis del entorno y define los requerimientos del proyecto, evitando futuros sobrecostos. En el caso particular de la locación Arrecife (Título 7.2) los modelos hidrológicos obtenidos predecían niveles de inundación que llegaban hasta los 40 cm de lámina de agua. Sin embargo, la lámina de agua tras el desbordamiento del caño Aguas Claras alcanzó hasta los 90 cm en algunas zonas, lo cual pudo contribuir a la inundación de la plataforma en el año 2018, provocando un aumento en el presupuesto inicial de aproximadamente \$253.000.000, del cual alrededor del 60% corresponde a las obras requeridas para el control de inundaciones de la locación.
- Antes de dar inicio al diseño civil de las locaciones petroleras existe información base de gran importancia como lo es el estudio ambiental previo, con el cual se realiza el trámite de las licencias ambientales. El hecho de no llevar a cabo un correcto tratamiento de datos puede implicar inconvenientes con las autoridades respectivas, en este caso la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), generando pérdidas de dinero por rediseños. Para la situación particular de la locación Obiwan (Título 6.3) los ajustes requeridos conllevaron a un aumento de aproximadamente el 25%, respecto al precio inicial definido para los diseños.
- Previo a la realización de los diseños de las locaciones se debe tener claridad en los datos recolectados en campo y el estudio geotécnico obtenido, con el fin de evitar sobrecostos por actividades adicionales a las planteadas al inicio de cada proyecto. En el caso de la locación Basarí, debido a que en campo la comisión geológica no detectó a tiempo la presencia de un depósito coluvial en el área de interés, donde se planeaba la ubicación del ZODME, fue necesario realizar sondeos adicionales para su caracterización, debido a que no es recomendable realizar ningún tipo de obra civil en estas condiciones pues no es posible garantizar su estabilidad. Este inconveniente, además de resultar en una geotecnia adicional, implicó cambios en la distribución de la plataforma, lo cual finalmente se traduce en un aumento de costos para la empresa contratante de aproximadamente el 12% del valor inicial establecido para los estudios y diseños, y un retraso de alrededor de 20 días en la entrega final.



- La realización de la práctica empresarial en una empresa como GRADEX INGENIERÍA S.A. me ha dado la oportunidad de tener una aproximación a temas de ingeniería en un contexto totalmente distinto, pues he adquirido conocimientos en asuntos respectivos al diseño de locaciones petroleras. Aunque los temas de ingeniería vistos en la cátedra se manejan constantemente, existen parámetros y conceptos básicos que se deben tener en cuenta al momento de realizar la configuración del área de una locación y las obras requeridas.
- Los objetivos planteados inicialmente fueron cumplidos satisfactoriamente, teniendo en cuenta que la ejecución de la práctica involucró la participación en actividades como la realización de informes técnicos, el análisis y diseño hidráulico de sistemas de drenaje, la digitalización de detalles técnicos a través de AutoCAD Civil 3D, la elaboración y corrección de presupuestos y el desarrollo de un producto de aporte al conocimiento. Este último representa una parte fundamental del trabajo realizado, ya que se desarrollaron productos y herramientas de gran utilidad para la empresa, entre ellos la modificación de hojas de cálculo para cuantificar materiales de construcción, la creación de un plano base correspondiente al despiece de una placa de taladro con la cual no se contaba, y la elaboración de especificaciones técnicas y Análisis de Precios Unitarios para dos válvulas de compuerta tipo charnela los cuales fueron adicionados a la base de datos.

## 10 BIBLIOGRAFÍA

- GRADEX INGENIERÍA S.A. (2019). *Descripción técnica del bloque SN-18*. Bucaramanga.
- GRADEX INGENIERÍA S.A. (s.f.). *Sistema de gestión integrado*. Obtenido de GRADEX INGENIERÍA S.A.: <https://www.gradex.com.co/sistema-de-gestion-integrado/>
- HOCOL S.A. (s.f.). *Construcción, reconformación, abandonos y obras menores de explanaciones y vías de acceso para los pozos de desarrollo y exploración de Hocol en el Valle Inferior del Magdalena - VIM, Especificaciones Técnicas de Construcción*.
- GRADEX INGENIERÍA S.A. (2019). *Descripción técnica del bloque SN-18*.
- Mondragón, J. A. (2015). *Propuesta de guía ambiental para el quemado de gas en instalaciones de exploración y producción petrolera en Colombia*. Bogotá: Universidad Libre de Colombia.
- Rojas, R. (1984). *Drenaje superficial en tierras agrícolas. Serie riego y drenaje*. Venezuela: CIDIAT.
- Corrales, L. J. (s.f.). *Diseño drenaje superficial*. Chile: INIA Remehue.
- CDMB. (1994). *Normas técnicas para el diseño de alcantarillado*. Bucaramanga: CDMB.
- Project Management Institute. (2017). *La guía de los fundamentos para la dirección de proyectos PMBOK*. Pennsylvania: Project Management Institute.
- Abuabara, J. J. (25 de Julio de 2018). Presupuesto de obra. Bucaramanga, Colombia.
- Abuabara, J. J. (28 de Julio de 2018). Estructura de costos. Bucaramanga, Colombia.
- Abuabara, J. J. (1 de Agosto de 2018). Cantidades de obra. Bucaramanga, Colombia.
- Abuabara, J. J. (4 de Agosto de 2018). Análisis de Precios Unitarios. Bucaramanga, Colombia.
- SCHLUMBERGER. (s.f.). *Antepozo*. Obtenido de 2019, de Oilfield glossary: <https://www.glossary.oilfield.slb.com/es/Terms/c/cellar.aspx>
- ENVIRONMENTAL SOLUTIONS DE VENEZUELA C.A. (2011). *Control de sólidos*. Obtenido de Esvenca: <http://www.esvenca.com/es/control-de-solidos.php>
- Construcciones & Servicios Integrales PETROSCOL S.A.S. (2014). *Frac Tank, Almacenamiento de residuos*. Obtenido de Construcciones & Servicios Integrales PETROSCOL S.A.S.: <https://www.petroscol.com/fractank.html>