



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Civil

**PLAN PARA EVITAR EROSIÓN POR PRECIPITACIÓN EN CAMINAMIENTO DE  
LOTIFICACIÓN JULIETA, SAN PEDRO AYAMPUC, GUATEMALA, UTILIZANDO MÉTODO  
PMI**

**Estuardo Josué Echeverría Abularach**  
Asesorado por la Inga. María del Mar Girón Cordón

Guatemala, julio de 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PLAN PARA EVITAR EROSIÓN POR PRECIPITACIÓN EN CAMINAMIENTO DE  
LOTIFICACIÓN JULIETA, SAN PEDRO AYAMPUC, GUATEMALA, UTILIZANDO MÉTODO  
PMI**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**ESTUARDO JOSUÉ ECHEVERRIA ABULARACH**

ASESORADO POR LA INGA. MARIA DEL MAR GIRÓN CORDÓN

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, JULIO DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

|            |  |
|------------|--|
| DECANO     | Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco     |
| VOCAL I    | Ing. Angel Roberto Sic García          |
| VOCAL II   | Ing. Pablo Christian de León Rodríguez |
| VOCAL III  | Ing. José Milton de León Bran          |
| VOCAL IV   | Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez       |
| VOCAL V    | Br. Carlos Enrique Gómez Donis         |
| SECRETARIA | Inga. Lesbia Magalí Herrera López      |

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

|            |                                      |
|------------|--------------------------------------|
| DECANO     | Ing. Sydney Alexander Samuels Milson |
| EXAMINADOR | Ing. Julio Roberto Luna Aroche       |
| EXAMINADOR | Ing. Jorge Alberto Lam Lan           |
| EXAMINADOR | Ing. Calvin Enrique Estrada Barrera  |
| SECRETARIO | Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco   |

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**PLAN PARA EVITAR EROSIÓN POR PRECIPITACIÓN EN CAMINAMIENTO DE  
LOTIFICACIÓN JULIETA, SAN PEDRO AYAMPUC, GUATEMALA, UTILIZANDO MÉTODO  
PMI**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil  
con fecha mayo de 2014



**Estuardo Josué Echeverría Abularach**

Guatemala 15 de marzo del 2018

Ingeniero  
Hugo Leonel Montenegro Franco  
Director Escuela de Ingeniería Civil  
Faculta de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimado Ingeniero Hugo Montenegro

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **PLAN PARA EVITAR EROSIÓN POR PRECIPITACIÓN EN CAMINAMIENTO DE LOTIFICACIÓN JULIETA, SAN PEDRO AYAMPUC, GUATEMALA, UTILIZANDO MÉTODO PMI.** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Estuardo Josué Echeverría Abularach, quien contó con la asesoría de mi persona Ingeniera Maria del Mar Girón Cordón.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicito darle tramite respectivo

Atentamente,

  
Inga. Maria del Mar Girón Cordón

Asesora





**USAC**  
**TRICENTENARIA**  
 Universidad de San Carlos de Guatemala  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



Guatemala,  
 21 de mayo de 2018

Ingeniero  
 Hugo Leonel Montenegro Franco  
 Director Escuela Ingeniería Civil  
 Facultad de Ingeniería  
 Universidad de San Carlos

Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **PLAN PARA EVITAR EROSIÓN POR PRECIPITACIÓN EN CAMINAMIENTO DE LOTIFICACIÓN JULIETA, SAN PEDRO AYAMPUC, GUATEMALA, UTILIZANDO MÉTODO PMI** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Estuardo Josué Echeverría Abularach, quien contó con la asesoría de la Inga. Maria del Mar Girón Córdón.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la ingeniería nacional y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑADA TODOS

Ing. civil, Guillermo Francisco Melini Salguero  
 Jefe Del Departamento de Planeamiento



**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**DEPARTAMENTO**  
**DE**  
**PLANEAMIENTO**  
**U S A C**

/mrrm.



*Mas de 137 años de Trabajo y Mejora Continua*



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
FACULTAD DE INGENIERÍA

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen de la Asesora Inga. Maria del Mar Girón Cordón y Coordinador del Departamento de Planeamiento Ing. Guillermo Francisco Melini Salguero, al trabajo de graduación del estudiante Estuardo Josué Echeverría Abularach PLAN PARA EVITAR EROSIÓN POR PRECIPITACIÓN EN CAMINAMIENTO DE LOTIFICACIÓN JULIETA, SAN PEDRO AYAMPUC, GUATEMALA, UTILIZANDO MÉTODO PMI da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

  
Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, julio 2018

/mrm.

*Mas de 137 años de Trabajo y Mejora Continua*



Universidad de San Carlos  
de Guatemala

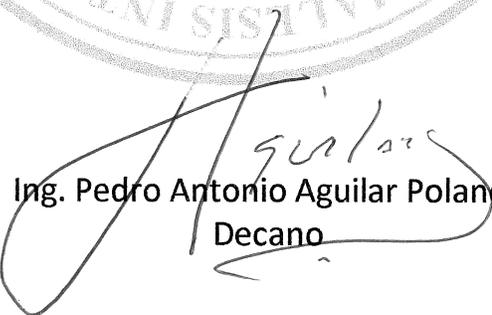


Facultad de Ingeniería  
Decanato

DTG. 239.2018

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **PLAN PARA EVITAR EROSIÓN POR PRECIPITACIÓN EN CAMINAMIENTO DE LOTIFICACIÓN JULIETA, SAN PEDRO AYAMPUC, GUATEMALA, UTILIZANDO MÉTODO PMI**, presentado por el estudiante universitario: **Estuardo Josué Echeverría Abularach**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Decano

Guatemala, julio de 2018

/gdech



## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por la bendición de la vida y las oportunidades temporales y espirituales que me ha permitido a lo largo de esta etapa de desarrollo académico.
- Mis padres** Felix Humberto Echeverría González, Alba Luz Abularach de Echeverría, por la poderosa influencia en mi desarrollo personal.
- Mi esposa** Nadia Camila Cordón de Echeverría, por ser mi ayuda idónea y por su apoyo incondicional.
- Mis hijos** David Alejandro, Josué Daniel, Sarah Camila, María Gisselle y Nadia Isabella, por ser una luz en mi vida
- Mis amigos** Sam Gálvez, Ingrid Perussina, Ana Suret López, Merly López, Elvis Zepeda y Carlos Marroquín.

**La Iglesia de  
Jesucristo de los  
Santos de Los  
Últimos Días**

Por la formación espiritual a lo largo de mi vida.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

|   |  |
|---|--|
| <b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b> | Por haberme abierto sus puertas y permitirme culminar mi carrera con éxito               |
| <b>Facultad de Ingeniería</b>                 | Por formarme académicamente a través de estos años.                                      |
| <b>Mis catedráticos</b>                       | Por todo el conocimiento compartido.   |
| <b>A mi asesora</b>                           | Inga. María del Mar Girón Cordón por su apoyo y dirección en el trabajo de investigación |

## ÍNDICE GENERAL

|   |      |
|---|------|
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....                       | V    |
| LISTA DE SÍMBOLOS .....                             | VII  |
| GLOSARIO .....                                      | IX   |
| RESUMEN .....                                       | XIII |
| OBJETIVOS.....                                      | XV   |
| INTRODUCCIÓN .....                                  | XVII |
| 1. DATOS GENERALES DE LA POBLACIÓN .....            | 1    |
| 1.1. Descripción de la población.....               | 2    |
| 1.2. Extensión.....                                 | 4    |
| 1.2.1. Límites .....                                | 5    |
| 1.2.2. División política.....                       | 5    |
| 1.2.3. Localización geográfica .....                | 6    |
| 1.2.4. Tasa de crecimiento .....                    | 6    |
| 1.3. Perfil urbano .....                            | 8    |
| 1.3.1. Forma urbana .....                           | 8    |
| 1.3.2. Demarcación.....                             | 9    |
| 1.3.3. Capacidad de absorción del área urbana ..... | 9    |
| 1.3.4. Infraestructura urbana .....                 | 9    |
| 1.3.4.1. Servicio de agua .....                     | 9    |
| 1.3.4.2. Red de drenajes .....                      | 10   |
| 1.3.4.3. Energía eléctrica.....                     | 10   |
| 1.3.4.4. Comunicación y transporte .....            | 10   |
| 1.3.4.5. Recolección de desechos.....               | 10   |
| 1.4. Topografía del lugar .....                     | 11   |
| 1.5. Tipo de suelo .....                            | 12   |

|          |   |    |
|----------|---|----|
| 1.6.     | Análisis hidrológico.....   | 14 |
| 2.       | PROCESO DE PLANIFICACIÓN PARA LA ADMINISTRACIÓN DE UN PROYECTO.....   | 17 |
| 2.1.     | <i>Project Management Institute</i> (PMI) .....   | 20 |
| 2.2.     | Definición del proyecto .....   | 20 |
| 2.2.1.   | Características de un proyecto .....  | 22 |
| 2.2.2.   | Ciclo de vida de un proyecto .....  | 22 |
| 2.3.     | Proceso de desarrollo de un proyecto.....   | 23 |
| 2.3.1.   | El proyecto .....   | 24 |
| 2.3.1.1. | Justificación del proyecto .....  | 25 |
| 2.3.1.2. | Objetivos del proyecto .....  | 25 |
| 2.3.1.3. | Descripción del proyecto .....  | 25 |
| 2.3.2.   | Desarrollo del diseño.....  | 27 |
| 2.3.3.   | Preparación de documentos de construcción.....  | 28 |
| 2.3.4.   | Revisión final de documentos y permisos .....   | 29 |
| 2.4.     | Procesos de construcción de un proyecto.....  | 30 |
| 2.4.1.   | Inicio del proyecto .....   | 31 |
| 2.4.2.   | Administración de la construcción .....   | 31 |
| 2.4.3.   | Preparación para la finalización del proyecto .....   | 34 |
| 2.4.4.   | Finalización del proyecto .....   | 34 |
| 3.       | ESTABILIZACIÓN DE TALUDES .....   | 37 |
| 3.1.     | Tipos de taludes .....  | 37 |
| 3.2.     | Tipos de fallas y deslizamientos.....   | 38 |
| 3.3.     | Método de análisis de estabilización .....  | 39 |
| 4.       | PROCESO DE DESARROLLO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO "PLAN PARA EVITAR EROSIÓN EN CAMINAMIENTO DE LOTIFICACIÓN JULIETA, SAN PEDRO AYAMPUC, GUATEMALA, UTILIZANDO EL MÉTODO PMI ..... | 43 |
| 4.1.     | Proceso de desarrollo .....   | 44 |

|          |   |    |
|----------|---|----|
| 4.1.1.   | Inicio del proyecto.....  | 44 |
| 4.1.1.1. | Verificar información del terreno .....   | 47 |
| 4.1.1.2. | El recurso humano.....  | 50 |
| 4.1.1.3. | Contacto con autoridades<br>municipales y vecinos .....                             | 51 |
| 4.1.2.   | Desarrollo del diseño .....   | 53 |
| 4.1.2.1. | Definición del alcance del proyecto .....   | 53 |
| 4.1.2.2. | Definición de tipología de protección<br>de taludes a utilizar en el proyecto ..... | 54 |
| 4.1.3.   | Preparación de documentos de construcción .....                                     | 55 |
| 4.1.3.1. | Planos.....   | 56 |
| 4.1.3.2. | Presupuesto base.....   | 62 |
| 4.1.3.3. | Especificaciones técnicas .....   | 68 |
| 4.1.3.4. | Disposiciones especiales.....   | 68 |
| 4.1.3.5. | Bases de licitación .....   | 68 |
| 4.1.3.6. | Planificación del proyecto (CPM).....   | 70 |
| 4.1.4.   | Revisión final de documentos y permisos.....  | 71 |
| 4.1.4.1. | Obtener permisos de construcción .....  | 72 |
| 4.1.4.2. | Revisar tiempo y costo del proyecto<br>según diseño .....                           | 74 |
| 4.2.     | Proceso de construcción .....   | 74 |
| 4.2.1.   | Inicio del proyecto.....  | 74 |
| 4.2.1.1. | Licitación del proyecto .....   | 77 |
| 4.2.1.2. | Adjudicación .....  | 78 |
| 4.2.2.   | Administración de la construcción .....   | 81 |
| 4.2.2.1. | Reunión pre-construcción.....   | 81 |
| 4.2.2.2. | Manejo de órdenes de compra de<br>materiales .....                                  | 82 |
| 4.2.2.3. | Administración del proyecto.....  | 83 |

|                       |   |     |
|-----------------------|---|-----|
| 4.2.3.                | Preparación para la finalización del proyecto .....     | 95  |
| 4.2.3.1.              | Inspección de recepción del proyecto ..                 | 95  |
| 4.2.3.2.              | Preparación del cierre financiero.....                  | 96  |
| 4.2.4.                | Finalización del proyecto .....                         | 96  |
| 4.2.4.1.              | Evaluación de calidad .....                             | 96  |
| 4.2.4.2.              | Evaluación de costo final.....                          | 100 |
| 4.2.4.3.              | Evaluación del tiempo final.....                        | 101 |
| 4.2.4.4.              | Evaluación costo, calidad y tiempo<br>del proyecto..... | 101 |
| CONCLUSIONES.....     |   | 103 |
| RECOMENDACIONES ..... |   | 105 |
| BIBLIOGRÁFIA.....     |   | 107 |
| APÉNDICE .....        |   | 109 |
| ANEXOS.....           |   | 111 |

# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 1.  | Mapa del departamento de Guatemala.....                                       | 1  |
| 2.  | Mapa del municipio de San Pedro Ayampuc.....                                  | 4  |
| 3.  | Lotificación Julieta.....   | 5  |
| 4.  | Lotificación Julieta, San Pedro Ayampuc, Guatemala.....                       | 8  |
| 5.  | Topografía de calles lotificación Julieta, San Pedro Ayampuc, Guatemala.....  | 11 |
| 6.  | Perfiles topográficos lotificación Julieta, San Pedro Ayampuc, Guatemala..... | 12 |
| 7.  | Fotografía aérea lotificación Julieta en año 2002.....                        | 14 |
| 8.  | Fotografía aérea de lotificación Julieta en año 2014.....                     | 15 |
| 9.  | Gráfica de inversión a través del tiempo del proyecto.....                    | 19 |
| 10. | Impacto de costo y riesgos según el tiempo del proyecto.....                  | 20 |
| 11. | Superposición de fases en un proyecto.....                                    | 26 |
| 12. | Fotografías del área afectada.....  | 43 |
| 13. | Ruta Vehicular.....   | 44 |
| 14. | Sendero peatonal del área afectada.....                                       | 45 |
| 15. | Diseño de drenaje para aguas pluviales.....                                   | 48 |
| 16. | Cálculo de drenaje pluvial.....   | 49 |
| 17. | Recurso humano.....   | 50 |
| 18. | Autoridad municipal y vecinal.....  | 51 |
| 19. | Captación y conducción de aguas pluviales.....                                | 54 |
| 20. | Anteproyecto de gaviones.....   | 55 |
| 21. | Propuesta para el diseño del proyecto.....                                    | 56 |

|     |                                       |    |
|-----|---------------------------------------|----|
| 22. | Planificador del proyecto.....        | 71 |
| 23. | Permisos de construcción.....         | 73 |
| 24. | Estilo previo a la construcción ..... | 75 |
| 25. | Acta de licitación.....               | 78 |
| 26. | Adjudicación .....                    | 79 |
| 27. | Carta de adjudicación .....           | 80 |
| 28. | Manejo de materiales.....             | 82 |
| 29. | Seguimiento de ruta crítica .....     | 84 |
| 30. | Control de costos.....                | 88 |
| 31. | Limpieza .....                        | 91 |

## TABLAS

|       |   |    |
|-------|---|----|
| I.    | Caracterización del municipio San Pedro Ayampuc .....               | 3  |
| II.   | Principales poblados de San Pedro Ayampuc .....                     | 6  |
| III.  | Proyección de población de San Pedro Ayampuc 2008-2020.....         | 7  |
| IV.   | Población según censo nacional de población y habitación 2002 ..... | 7  |
| V.    | Proceso de desarrollo de proyectos.....                             | 24 |
| VI.   | Proceso de construcción de proyectos .....                          | 30 |
| VII.  | Presupuesto base .....  | 64 |
| VIII. | Mantenimiento sugerido.....   | 67 |
| IX.   | Cronograma de planificación semanal del proyecto .....              | 86 |
| X.    | Control de calidad .....  | 90 |
| XI.   | Laboratorio de calidad, compactación, proctor 95% .....             | 93 |
| XII.  | Sistemas evaluados en la obra civil .....                           | 97 |

## LISTA DE SÍMBOLOS

| <b>Símbolo</b> | <b>Significado</b>  |
|----------------|---|
| A              | Área en hectáreas   |
| C              | Coefficiente de escorrentía                                   |
| I              | Intensidad de lluvia (mm/hr)                                  |
| m <sup>3</sup> | Metro cúbico  |
| mm             | Milímetro   |
| mm/hr          | Milímetros por hora   |
| nm             | Nanómetro   |
| Q              | Caudal (litros por segundo)                                   |
| T              | Tiempo de concentración de lluvia en tramo anterior (minutos) |
| V              | Velocidad de flujo de canal                                   |



## **GLOSARIO**

|                                |  |
|--------------------------------|--|
| <b>Adjudicación</b>            | Acto de asignar (después de cumplir con todos los requisitos) a un contratista la responsabilidad de ejecución de una obra (RAE, 2018).  |
| <b>Anclaje</b>                 | Un anclaje es un elemento estructural instalado en suelo o roca, utilizado para transmitir una carga de tensión superficial a un manto de soporte profundo para proveer un esfuerzo que resiste los producidos por la inestabilidad de las estructuras, en este caso de los taludes. |
| <b>Caminamiento</b>            | Sendero peatonal.  |
| <b>Erosión</b>                 | Desgaste de la superficie terrestre por agentes externos, como el agua o el viento.  |
| <b>Escorrentía</b>             | Agua de lluvia que discurre por la superficie de un terreno.   |
| <b>Estabilización de talud</b> | Mecanismo mediante el cual se contiene el movimiento de un talud.  |
| <b>Falla</b>                   | Fractura de la corteza terrestre acompañada de deslizamiento de uno de los bordes.   |
| <b>Licitación</b>              | Acto de asignar (después de cumplir con  |

todos los requisitos) a un contratista la responsabilidad de ejecución de una obra.

**Paramento**

Cada una de las dos caras de una pared.

**PERT**

Técnica de evaluación y revisión de programas, por sus siglas en inglés. Método que sirve para planificar proyectos en los que hace falta coordinar un gran número de actividades

**Pilotes**

Pieza larga a modo de estaca, de madera, hierro u hormigón armado, que se hinca en el terreno para consolidar los cimientos de una construcción.

**Plica**

Sobre cerrado y sellado en que se reserva algún documento o noticia que no debe publicarse hasta fecha u ocasión determinada.

**PMBOK**

Guía de los fundamentos de gestión de proyectos, por sus siglas en inglés.

**PMI**

*Project Management Institute*

**Presupuesto base**

Presupuesto creado originalmente en la etapa de desarrollo del proyecto.

**Proctor**

Procedimiento de estudio y control de calidad de la compactación de un terreno.

**Ruta crítica**

Procedimiento que permite estimar el tiempo más corto en el que es posible completar un proyecto.

**Licencia de construcción**

Documento de autorización para realizar una obra de construcción, otorgado por autoridad competente (en Guatemala, por las municipalidades).

**Talud**

Inclinación del paramento de un muro o terreno.



## RESUMEN

Este informe define los lineamientos y metodología utilizada por el *Project Managment Institute*, relacionada con las buenas prácticas de administración de un proyecto de construcción.

Se muestra paso a paso, a través de un caso práctico, el proceso que toda obra de construcción debe seguir para la culminación exitosa del proyecto: cinco etapas que van desde el inicio que incluye un análisis de riesgos, de recursos necesarios y alcance del proyecto; la segunda etapa, está directamente relacionada con la planeación, la cual incluye la descripción de la mejor ruta de trabajo para alcanzar los objetivos trazados; esta etapa incluye, la asignación de roles y la construcción de un plan de comunicación eficiente para todo el desarrollo de las actividades; la tercera, la ejecución, momento en el que todos realizan su respectiva asignación utilizando herramientas apropiadas para la optimización de la tarea; la cuarta, llamada monitoreo y control, no es más que el seguimiento que debe realizarse de modo continuo para asegurarse de la evolución eficiente del proyecto. Al final, se contempla el cierre, que es una especie de evaluación que implica determinar si se cumplió con el objetivo y si es conveniente volver a utilizar el mismo procedimiento en actividades similares en el futuro.

Para evitar la omisión de detalles se utilizó la Guía de los fundamentos de gestión de proyectos, conocida comúnmente como PMBOK, que es la herramienta que contiene las normas y estándares para la administración de proyectos de cualquier naturaleza.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Elaborar una propuesta de planificación con pasos a seguir para la solución técnica que se necesita implementar en la lotificación Julieta, San Pedro Ayampuc, Guatemala, para evitar que se siga erosionando y socavando un caminamiento peatonal del sector, utilizando la metodología PMI.

### **Específicos**

1. Desarrollar un proceso a seguir para el desarrollo del proyecto, según la metodología del PMI.
2. Desarrollar un proceso para llevar a cabo la construcción del proyecto según la metodología del PMI.
3. Desarrollar un cronograma basado en la ruta crítica para establecer los mejores tiempos de ejecución del proyecto.
4. Evaluar costo, calidad y tiempo de la propuesta presentada.



## INTRODUCCIÓN

Las sociedades y su desarrollo han obligado a la humanidad a crear y/o adoptar estrategias o herramientas que les ayuden a culminar con éxito sus actividades cotidianas, esa es la razón por la que la administración surge como un recurso que se vuelve indispensable en el momento de realizar un proyecto de cualquier naturaleza.

En Guatemala, si se habla de actividades de la construcción de obra civil, puede mencionarse que las bases de administración en los profesionales de la ingeniería no son sólidas, aun cuando algunas universidades se han preocupado por incluir dentro del pensum de estudios algunas cátedras que dan un panorama bastante general de la forma en que un proyecto debe ser administrado; con todo esto, todavía puede apreciarse un vacío en esta labor que acompaña en el uso del ejercicio profesional.

Con la presente investigación, a través de un caso práctico de aplicación, se presenta un plan para evitar la erosión por precipitación en un caminamiento de la lotificación Julieta, en San Pedro Ayampuc, utilizando la metodología de administración de proyectos del *Project Management Institute*, conocido como el PMI por sus siglas en inglés.

Los supuestos de la investigación se basan en las premisas que indican que, mediante una administración de calidad, un proyecto podría realizarse con éxito si se ajusta a una metodología que proporcione dirección, porque redundaría en la ejecución apropiada de los tiempos necesarios para cada fase; y en el presupuesto.

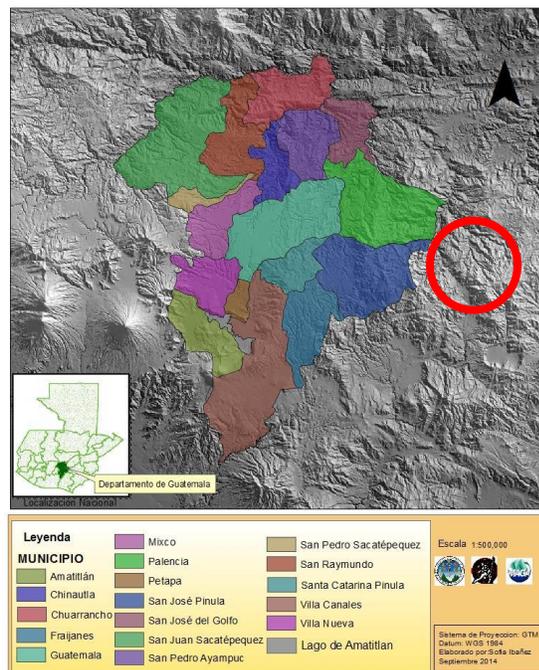
El presente informe está formado por cuatro capítulos; refiriéndose el primero a la caracterización del municipio de San Pedro Ayampuc; el segundo, describe de manera abreviada, la metodología utilizada por el PMI para la administración de un proyecto; el tercero, dadas las condiciones del caso práctico, incluye teoría relacionada con taludes y su estabilización; y el cuarto, muestra paso a paso, como mediante la metodología del PMI, se consigue una culminación exitosa del proyecto.

Para efectos de esta investigación, se analizó la doctrina que sustenta las bases de una buena administración, se tomó como base las normas y estándares que se plantean en la Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos, PMBOK, del PMI.

## 1. DATOS GENERALES DE LA POBLACIÓN

El municipio de San Pedro Ayampuc tiene su origen en la época precolombina; Yampuc, como era llamado por sus habitantes cakchiqueles, fue un pueblo conquistado por los españoles en la época de Pedro de Alvarado, quien luego de la pacificación de los indígenas ordenó la fundación del poblado en 1,549, adoptando el nombre del santo del día de la fundación de la ciudad: Pedro y su nombre original: (A) Yampuc que significa “Pueblo entre cerros”<sup>1</sup>.

Figura 1. **Mapa del departamento de Guatemala**



Fuente: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. <http://web.maga.gob.gt/mapas/>.

<sup>1</sup> [www.deguate.com/Departamentos/Guatemala/San](http://www.deguate.com/Departamentos/Guatemala/San) Consulta: 3 de febrero de 2018

## 1.1. Descripción de la población

La Secretaría General de Planificación y Programación de la Presidencia, SEGEPLAN, lo define como “Uno de los municipios menos poblados del departamento de Guatemala”<sup>2</sup>; a pesar de ello el Instituto Nacional de Estadística, en el año 2013, pronosticó que “El municipio tendría entre 74,737 y 122,837 habitantes”<sup>3</sup>. Por otro lado, de acuerdo con datos del último censo en Guatemala, realizado durante el año 2002, el 65.9% vive en el área rural y el 34.1% en el área urbana. SEGEPLAN también indica que la población del municipio es relativamente joven, dado que el 43.77% son habitantes entre 0 y 19 años, el 42.81% son personas entre 20 y 49 años, el resto 13% corresponde a personas mayores de 50 años.

“El municipio es considerado uno de los menos pobres, dado que la pobreza extrema llega a tan solo el 4.2%”<sup>4</sup>; sin embargo, todavía el 31.2% vive en pobreza.

Se puede mencionar también que, de acuerdo con SEGEPLAN, el flujo migratorio es alto debido a la cercanía con la ciudad capital y a la necesidad de trabajo.

El municipio cuenta con siete puestos y un centro de salud. Se considera un municipio peligroso, dado que, según datos del Ministerio de Salud Pública, el 25 por ciento de las muertes ocurre por armas de fuego.

---

<sup>2</sup> SEGEPLAN. *Plan de Desarrollo de San Pedro Ayampuc*, 2011. pág. 24.

<sup>3</sup> INE. *Caracterización Departamental de Guatemala*. 2013. pág. 73

<sup>4</sup> PUND. *Guatemala: Vulnerabilidad de los municipios y calidad de vida de sus habitantes*. 2008. pág. 59.

En cuanto a niveles de alfabetización, el Ministerio de Educación reporta que para el año 2006 el índice de analfabetismo fue de 22.46%.

En cuanto a servicios básicos se refiere, Segeplan indica que la mayoría de las aldeas del municipio cuenta con servicio de agua potable, energía eléctrica y servicio de buses extraurbanos.

En 2011, el 27.1% de la población estaba constituido por personas indígenas; sin embargo, el lenguaje es el español.

Todas las estadísticas mencionadas se encuentran resumidas en la siguiente tabla:

**Tabla I. Caracterización del municipio San Pedro Ayampuc**

| <b>Indicador</b>                            | <b>Dato</b>                 |                       |
|---|-----------------------------|-----------------------|
| Población total                             | 122,837                     |                       |
| Población indígena                          | 27.1%                       |                       |
| Población diferenciada por tipo de vivienda | Rural                       | 65.9 %                |
|   | Urbana                      | 34.1%                 |
| Población diferenciada por edad             | 0 – 20 años                 | 43.77%                |
|   | 21 - 49                     | 42.81%                |
|   | 50 años o más               | 13.42                 |
| Índice de pobreza                           | Pobreza extrema             | 4.2%                  |
|   | Pobreza                     | 31.2%                 |
| Salud                                       | Centros de salud            | 7                     |
|   | Causa común de muerte       | 25% por arma de fuego |
| Analfabetismo                               | 22.46%                      |                       |
| Servicios básicos disponibles               | Agua potable                |                       |
|   | Energía eléctrica           |                       |
|   | Servicio de bus extraurbano |                       |
| Idioma oficial                              | Castellano                  |                       |

Fuente: elaboración propia con últimas estadísticas disponibles del INE, MINEDUC y MSPAS 2011.

Consulta: 17 de mayo de 2018.

## 1.2. Extensión

Este municipio se ha caracterizado porque, conforme el tiempo ha pasado, ha ido creciendo en su superficie. El dos de noviembre de 1,837, se le adjudicaron oficialmente 40 caballerías, mientras que en 1,886 llegó a tener 93. En 1,936 se le adjunta varias aldeas más, hasta tener la extensión actual de 113 kilómetros cuadrados según información actual del Instituto Geográfico Nacional, IGN.

Figura 2. **Mapa del municipio de San Pedro Ayampuc**



Fuente: Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación. <http://web.maga.gob.gt/mapas/>.

Consulta: 3 de febrero de 2018.

El municipio de San Pedro Ayampuc colinda al norte con el municipio de Chuarrancho; al este con el municipio de Palencia y San José del Golfo; al sur con el municipio de Guatemala y al oeste con el municipio de Chinautla; todos pertenecientes al departamento de Guatemala. Su cabecera está ubicada a 23 kilómetros de la ciudad capital.

### 1.2.1. Límites

La lotificación Julieta tiene un área aproximada de 0.06 Kilómetros cuadrados; colinda al norte con la colonia Llanos de Santa María y al sur con la ladera de un barranco, al este con la colonia La Leyenda y al oeste con tierras sin uso.

Figura 3. **Lotificación Julieta**



Fuente: elaboración propia, empleando Google Earth.

### 1.2.2. División política

San Pedro Ayampuc está conformado por 16 aldeas, 21 colonias, cinco caseríos, trece fincas y 15 cantones, según se detalla a continuación:

Tabla II. Principales poblados de San Pedro Ayampuc

| Principales poblados de San Pedro Ayampuc |  |                |                         |                       |
|---|--|----------------|-------------------------|-----------------------|
| Aldeas                                    | Colonias                                       | Caseríos       | Fincas                  | Cantones              |
| 1. Hato                                   | 1. Colonia La Leyenda                          | 1. Buena Vista | 1. Quebrada La Laguna   | 1. El centro          |
| 2. Pinalito                               | 2. San Luis                                    | 2. Los Suretes | 2. El Limón             | 2. Los Martínez       |
| 3. Lo de Reyes                            | 3. Lomas Del Norte                             | 3. Los Ortiz   | 3. Santa Cruz Guadalupe | 3. El Copalar         |
| 4. San José Nacahuil                      | 4. Río Azul                                    | 4. El Cerro    | 4. El Chical            | 4. El Calvario        |
| 5. El Tizate                              | 5. Villas de San Pedro                         | 5. El Naranjo  | 5. El Chaperno          | 5. El Centro de Salud |
| 6. La Lagunilla                           | 6. El Esfuerzo                                 |                | 6. Las Villas           | 6. El Cementerio      |
| 7. La Labor                               | 7. Lotificación Canaán                         |                | 7. Las Paridas          | 7. Pueblo Nuevo       |
| 8. Petacá                                 | 8. Colonia Vistas de San Luis                  |                | 8. El Básamo            | 8. El Aguacate        |
| 9. El Carrizal                            | 9. Colonia Planes de San Luis                  |                | 9. San Felipe           | 9. Los Suretes        |
| 10. San Antonio El Ángel                  | 10. Colonia Brisas de San Pedro                |                | 10. Las Delicias        | 10. La Laguna         |
| 11. El Guapinol                           | 11. Colonia La Reinita                         |                | 11. El Quixal           | 11. El Centro         |
| 12. Los Altares                           | 12. Bosque de Santa María                      |                | 12. San Jorge           | 12. Las Quebraditas   |
| 13. Los Achiotes                          | 13. Llanos de Santa María I, II y III          |                | 13. La Primavera        | 13. El Cerrito        |
| 14. Los Vados                             | 14. Altos de Santa María                       |                |                         | 14. Punta del Pueblo  |
| 15. Jabillal                              | 15. Colonia Juan Gerardi                       |                |                         | 15. La Cumbre         |
| 16. Concepción Las Lomas                  | 16. Colonia San Luis Buena Vista               |                |                         |                       |
|   | 17. Colonia La Julieta                         |                |                         |                       |
|   | 18. Lomas de San José I y II                   |                |                         |                       |
|   | 19. Colonia Villas de San Pedro                |                |                         |                       |
|   | 20. GARR                                       |                |                         |                       |
|   | 21. Colonia Prados de Santa María La Lagunilla |                |                         |                       |

Fuente: elaboración propia.

### 1.2.3. Localización geográfica

La elevación del municipio se encuentra entre los 1,150 m y 1,770 m sobre el nivel del mar. La cabecera departamental tiene como coordenadas las siguientes: latitud: 14 grados, 46 minutos, 14 segundos; longitud: 90 grados, 27 minutos, 10.25 segundos.

### 1.2.4. Tasa de crecimiento

La tasa de crecimiento calculada con base en el último censo, año 2002, realizado por el Instituto Nacional de Estadística, INE, es de 3,5 %. Según estimaciones del instituto, la tasa de crecimiento para el año 2016 es de 3,26 %. La proyección de población del municipio, para los años 2008-2020, se puede observar en la siguiente tabla:

Tabla III. **Proyección de población de San Pedro Ayampuc 2008-2020**

| <b>Población en San Pedro Ayampuc</b> |        |              |        |
|---------------------------------------|--------|--------------|--------|
| Según ubicación y etnia               |        |              |        |
| Urbana                                | 29,663 | Indígenas    | 12,197 |
| Rural                                 | 15,333 | No indígenas | 32,799 |
| Según economía                        |        |              |        |
| Activa                                | 15,045 | No activa    | 20,754 |
| Hombres                               | 10,943 | Hombres      | 6,615  |
| Mujeres                               | 4,102  | Mujeres      | 14,139 |

Fuente: Instituto Nacional de Estadística, (INE).

Consulta: 17 de mayo de 2018.

Según el censo en mención, la población de la lotificación Julieta, en el año 2002 específicamente fue de 182 personas compuestas por 17 indígenas y 165 no indígenas. Para el año 2,016 siguiendo la misma tendencia de crecimiento reportada por el INE, la población había llegado aproximadamente a 201 personas.

Tabla IV. **Población según censo nacional de población y habitación 2002**

| Año   | Población | Hombres | Mujeres | Tasa de crecimiento |
|-------|-----------|---------|---------|---------------------|
| 2,008 | 62,963    | 31,954  | 31,009  |                     |
| 2,009 | 65,279    | 33,155  | 32,124  | 3.68%               |
| 2,010 | 67,728    | 34,404  | 33,324  | 3.75%               |
| 2,011 | 70,205    | 35,665  | 34,540  | 3.66%               |
| 2,012 | 72,713    | 36,939  | 35,774  | 3.57%               |
| 2,013 | 75,251    | 38,226  | 37,025  | 3.49%               |
| 2,014 | 77,819    | 39,526  | 38,293  | 3.41%               |
| 2,015 | 80,416    | 40,839  | 39,578  | 3.34%               |
| 2,016 | 83,041    | 42,163  | 40,879  | 3.26%               |
| 2,017 | 85,693    | 43,498  | 42,195  | 3.19%               |
| 2,018 | 88,371    | 44,843  | 43,528  | 3.12%               |
| 2,019 | 91,074    | 46,199  | 44,875  | 3.06%               |
| 2,020 | 93,801    | 47,565  | 46,236  | 2.99%               |

Fuente: Instituto Nacional de Estadística, 2002 (INE).

Consulta: 17 de mayo de 2018

### 1.3. Perfil urbano

La lotificación Julieta sigue los patrones de urbanización de clase media baja que se construyen en Guatemala, tiene calles pavimentadas de concreto, drenajes de aguas negras y pluviales, electricidad y agua potable.

#### 1.3.1. Forma urbana

La lotificación Julieta es un desarrollo planeado para ser habitada por personas de clase media baja (salario entre los Q2, 280.00 y Q5, 000.00 más su respectiva bonificación incentivo); está urbanizada con lotes de 6 por 15m; formada por una cuadrícula de calles y avenidas, algunas pavimentadas con concreto y otras de terracería.

Figura 4. Lotificación Julieta, San Pedro Ayampuc, Guatemala



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2013.

### **1.3.2. Demarcación**

Las calles de la lotificación presentan una configuración rectangular y asimétrica en algunos casos, teniendo una buena demarcación en general.

### **1.3.3. Capacidad de absorción del área urbana**

La lotificación Julieta está desarrollada por completo, los trescientos terrenos están definidos y se observa que la mayoría tiene ya un propietario, se estima que un 60 % de los lotes tienen una construcción formal y un 40 % aún están sin construcción. Esta última sería la única proyección de absorción de nuevos habitantes.

Se corre el riesgo de invasiones en áreas no urbanizadas, específicamente en laderas de barrancos.

### **1.3.4. Infraestructura urbana**

Se le llama infraestructura “al conjunto de elementos o servicios, diseñados y dirigidos por profesionales de la construcción, que se consideran necesarios para su funcionamiento y el desarrollo de otras actividades”<sup>5</sup>.

#### **1.3.4.1. Servicio de agua**

El abastecimiento de agua para la lotificación Julieta se lleva a cabo por medio de servicio de abastecimiento propio, dado que cuenta con un pozo de agua potable. Cabe mencionar que el servicio es deficiente ya que la población no cuenta con el mismo las 24 horas del día.

---

<sup>5</sup> Merritt, Frederick. *Manual del ingeniero civil*. Glosario. Mc Graw Hill. 2001. pág.49

#### **1.3.4.2. Red de drenajes**

Como parte del concepto de urbanización, se cuenta con un sistema de drenajes para aguas negras, esta red desfoga en una planta de tratamiento que no está funcionando por falta de mantenimiento, por lo que se produce un rebalse en la ladera del barranco adyacente a la lotificación.

#### **1.3.4.3. Energía eléctrica**

La energía eléctrica que utiliza la población es suministrada por la Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A; se tiene completamente cubierto el servicio para todas las propiedades que pertenecen a esta lotificación.

#### **1.3.4.4. Comunicación y transporte**

En la lotificación se cuenta con los servicios de comunicación más importantes, siendo estos: correos, teléfono, Internet.

El transporte urbano es prestado por taxis, moto taxis, buses urbanos y extraurbanos, siendo en general deficiente por la mala organización y regulación de las comunas involucradas en la aprobación del servicio.

#### **1.3.4.5. Recolección de desechos**

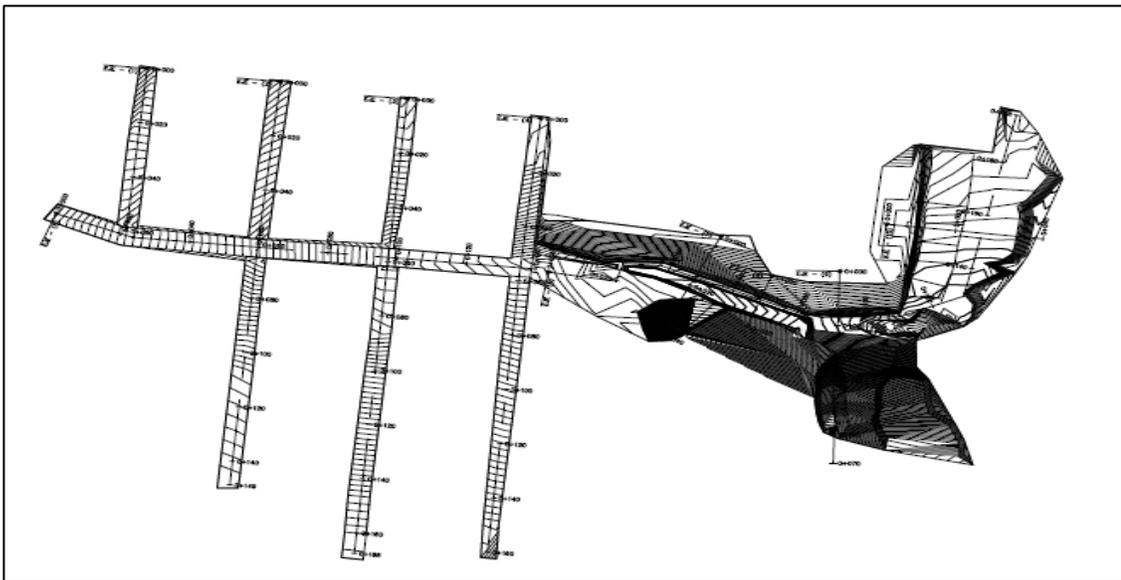
El servicio de recolección de desechos es prestado por empresas particulares, el mismo está sujeto a que los habitantes tengan los recursos para poder efectuar el pago. Esta condición se ve reflejada en el daño hacia el medio ambiente, debido a que los vecinos depositan la basura en terrenos baldíos,

calles y en el barranco adyacente a la lotificación; dicha situación también pone en riesgo de colapso, el sistema de drenajes.

#### 1.4. Topografía del lugar

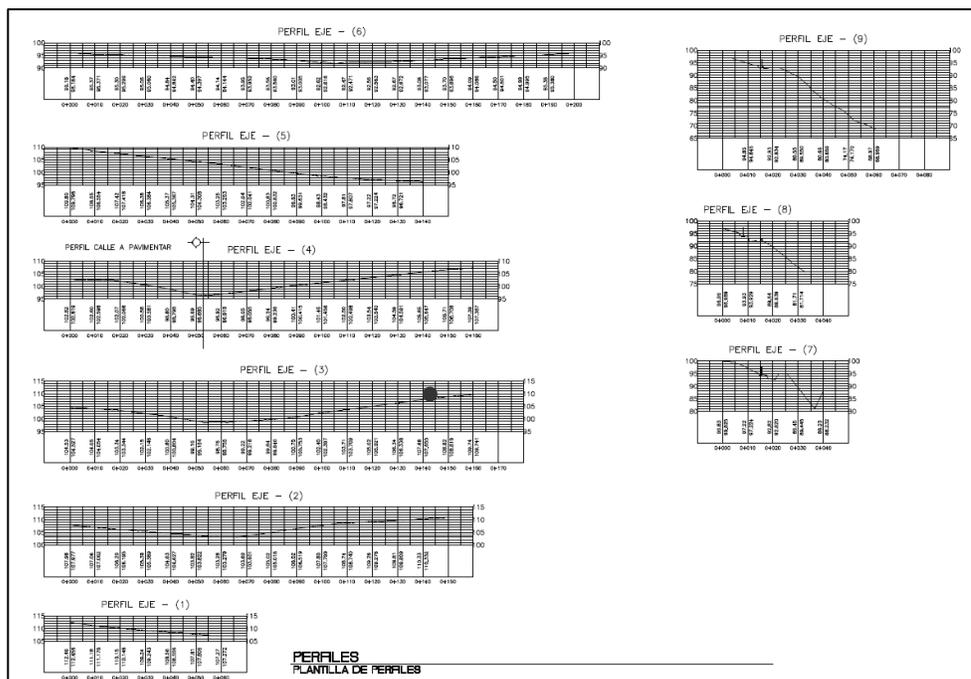
La topografía de la lotificación Julieta no está ajena a las características del municipio en general, es decir, cuenta con pendientes en sus calles debido a que está trazada sobre un área montañosa. A continuación, se muestran los planos de definición de las curvas de nivel y las pendientes, donde se observa que se inclinan hacia la calle central la cual tiene pendiente hacia el barranco adyacente a la lotificación.

Figura 5. **Topografía de calles lotificación Julieta, San Pedro Ayampuc, Guatemala**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2013.

Figura 6. **Perfiles topográficos lotificación Julieta, San Pedro Ayampuc, Guatemala**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2013.

### 1.5. Tipo de suelo

Para poder describir el tipo de suelo que se tiene en la lotificación Julieta se toman como referencia tres exploraciones efectuadas por la empresa SINCA, dedicada al laboratorio de suelos y pavimentos, respaldada por el ingeniero José M. Gonzalez y una exploración efectuada por la empresa Suelos y Cimentaciones, respaldada por el Dr. Rodolfo Semrau Lago.

Estas exploraciones fueron efectuadas en el área cercana a la problemática de erosión causada por precipitación pluvial; por lo que es un buen referencial del tipo de suelo del sector.

De estos estudios se concluye que el tipo de suelo según su estrato es de la siguiente forma:

- Estrato 1: tierra negra (capa vegetal) entre 0, m. A 0,10 m
- Estrato 2: arena Limosa café, plástica con espesor entre 0,25 m. a 1,25m
- Estrato 3: Toba café amarillento con manchas blancas hasta 2,0 m

Otras características del suelo que se analizaron fueron las siguientes:

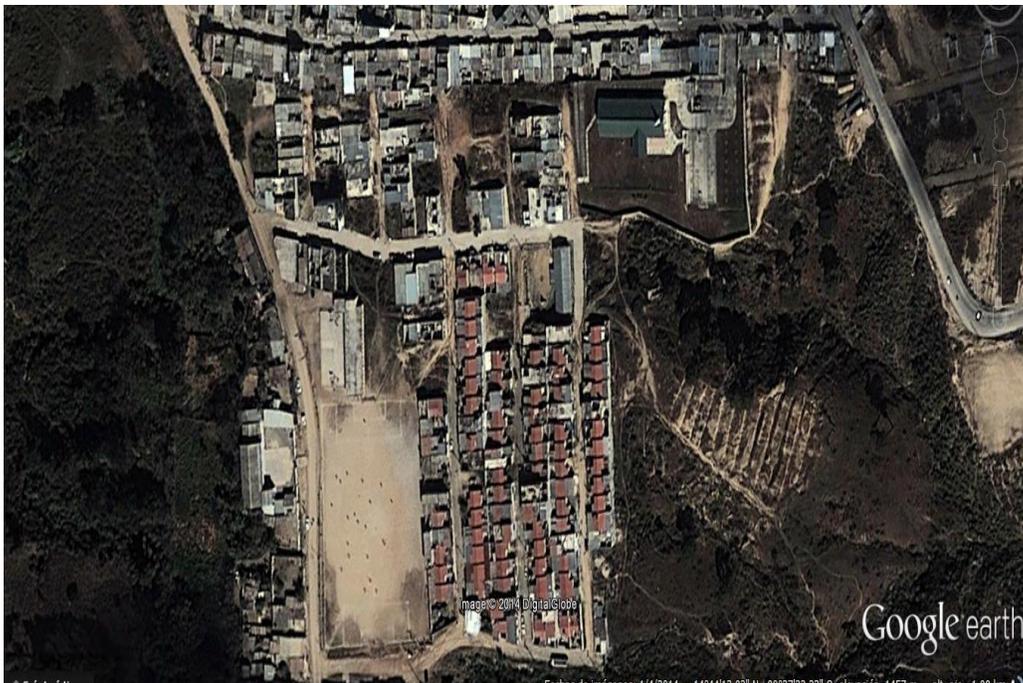
- Ángulo de fricción interna varía entre 22 a 23,5 grados
- Cohesión: varía entre 2,38 a 2,49 toneladas /metro cuadrado
- Peso unitario seco: varía entre 1,71 a 1,74 toneladas/metro cúbico
- Porcentaje de humedad: varía entre 15 a 16,2
- Coeficiente de fricción: es de 0,4
- Capacidad soporte de suelo: 36,5 Toneladas/metro cuadrado

Adicional, se concluye que en la planificación del proyecto se deberá tomar en cuenta que la construcción de muros de contención podría variar entre muros de concreto reforzado, uso de geomallas o muro de bloques de concreto con relleno reforzado con geomallas. Los detalles pueden apreciarse en el anexo 1; esto debido a que las condiciones de la ladera requieren una atención especial. El estudio sugiere que debe impedirse que el agua de patios, calles y techos se escurra sobre la ladera; que esta debería recolectarse y encausarla hacia el fondo del barranco, por medio de tuberías o cunetas revestidas o con un sistema de pozos y túneles.

## 1.6. Análisis hidrológico

Como se observa en las figuras 5 y 6, la lotificación se encuentra entre dos lomas que crean una microcuenca que conduce el agua pluvial hacia el barranco adyacente. En la fotografía del año 2002 se puede observar que el paso natural del agua es en medio de la lotificación. En la fotografía del 2014 se puede observar el crecimiento urbano, esto hace que el lugar sea propenso a grandes corrientes de agua debido a la demarcación de las calles y del pavimento de concreto que progresivamente se va ejecutando, esto elimina la permeabilidad del área y contribuye a que las corrientes sean muy grandes y con mucha presión.

Figura 7. **Fotografía aérea lotificación Julieta en año 2002**



Fuente: elaboración propia, empleando Google Earth.

Figura 8. **Fotografía aérea de lotificación Julieta en año 2014**



Fuente: elaboración propia, empleando Google Earth.

La microcuenca que pasa en el centro de la lotificación Julieta tiene los siguientes datos de diseño: área total a drenar es de 15,507 metros cuadrados, intensidad de lluvia promedio es de 127.89 con un tiempo promedio de lluvia intensa de 12 minutos.



## 2. PROCESO DE PLANIFICACIÓN PARA LA ADMINISTRACIÓN DE UN PROYECTO

Según la Real Academia de la Lengua Española (2018), proceso es un “Conjunto de fases sucesivas de un fenómeno natural o de una operación artificial”<sup>6</sup>; para otros autores como Harold Koontz, “El proceso de planificación es fundamental para un logro eficiente de los objetivos”<sup>7</sup>.

Por otro lado, Ivan Cartay, expresa que “El proceso de planificación de proyectos implica la consideración de toda aquella limitación u obstáculo, logística, políticas y estrategias, antes de proceder a la ejecución”<sup>8</sup>.

El *Project Managment Institute* (PMI), indica que la planificación para la administración de proyectos debe contemplar, al menos, cinco etapas, que van desde la primera conocida como inicio; que incluye un análisis de riesgos, de recursos necesarios y alcance del proyecto; necesitándose estimar un plan para lo cual es necesario utilizar herramientas que evalúen y revisen todo lo relacionado con el proyecto en cuestión.

La segunda etapa, está directamente relacionada con la planeación, la cual incluye la descripción de la mejor ruta de trabajo para alcanzar los objetivos trazados; esta incluye, la asignación de roles y la construcción de un plan de comunicación eficiente para todo el desarrollo de las actividades.

---

<sup>6</sup> <http://lema.rae.es/drae/srv/search?id=j5EQCr4GYDXX2r09FRW0> Consulta: febrero de 2018.

<sup>7</sup> Koontz, Harold. *Administración*. Novena ed. Ed. Mc Graw Hill. 2004 pág. 32

<sup>8</sup> Cartay Angulo, Ivan. *Planificación y control de proyectos*. 2ª ed. Ed. Luz, Maracaibo. 2002. pág. 14.

La tercera etapa, la ejecución, es el momento en el que todos realizan su respectiva asignación utilizando herramientas apropiadas para la optimización de la tarea.

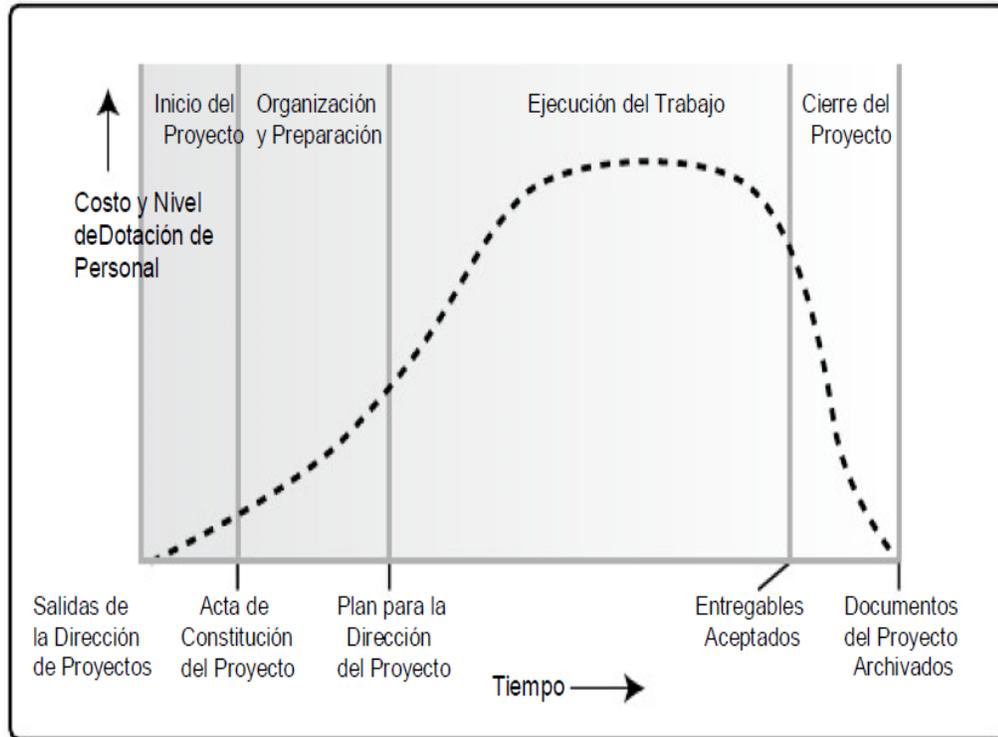
La cuarta etapa, llamada monitoreo y control, no es más que el seguimiento que debe realizarse de modo continuo para asegurarse de la evolución eficiente del proyecto.

Por último, se contempla el cierre, que es una especie de evaluación que implica determinar si se cumplió con el objetivo y si es conveniente, volver a utilizar el mismo procedimiento en actividades similares en el futuro.

Es importante tener claro que cuando se logra una buena planificación, los recursos a utilizar se pueden optimizar y de esa forma se llega a tener mejores utilidades.

Para ello se muestra una imagen en la que se identifican otros elementos llamados costos iniciales, los cuales resultan esenciales en el proceso de desarrollo de un proyecto. Si se observa con detenimiento, puede notarse que son bastante bajos con relación a los costos de ejecución en sí; es importante mencionar que si se presta suficiente atención en esta fase se logra un mejor uso de recursos en la etapa de construcción y como consecuencia mejores resultados.

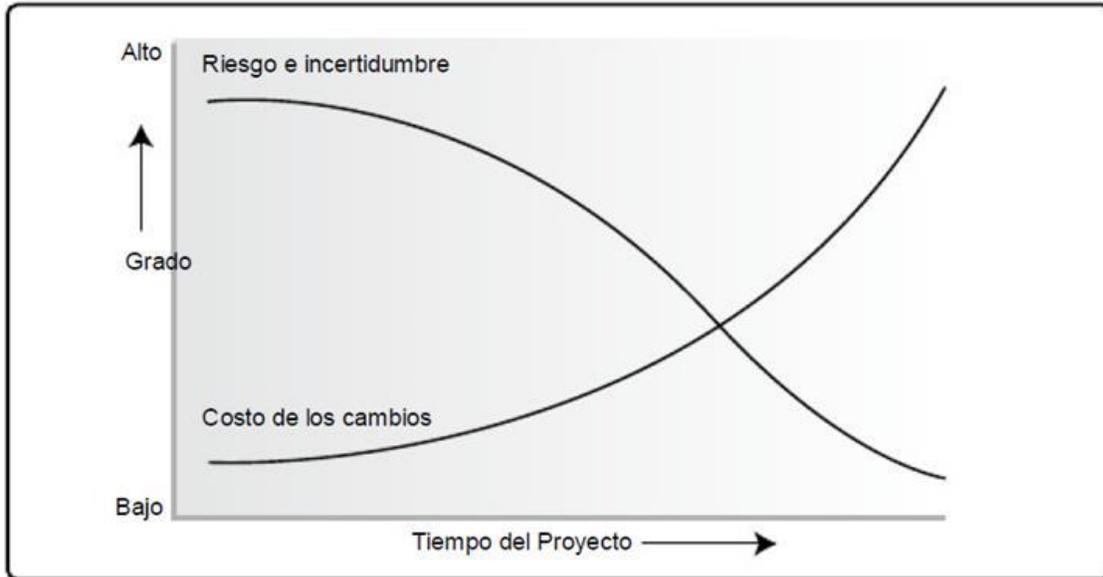
Figura 9. **Gráfica de inversión a través del tiempo del proyecto**



Fuente: *Project Management Institute. Guía del Pmbok. p. 39.*

Por otro lado, si se descuida la inversión de tiempo y recursos en las etapas iniciales, los costos en la etapa final serán afectados y se incrementarán más de lo que se espera, reduciendo significativamente las utilidades. En la siguiente figura se observa el impacto del costo con relación al tiempo del proyecto, se puede apreciar que en menos tiempo transcurrido (etapa de desarrollo) los costos de los cambios son menores, mientras que al haber transcurrido más tiempo (etapa de construcción), el costo de los cambios es mayor. De la misma manera el riesgo al inicio del proyecto es alto y a medida que éste se termina, baja en forma considerable.

Figura 10. Impacto de costo y riesgos según el tiempo del proyecto



Fuente Project Management Institute. Guía del Pmbok. p. 40.

## 2.1. *Project Management Institute (PMI)*

El Instituto de Gerencia de Proyectos, *Project Management Institute, PMI* es una organización sin fines de lucro creada en el año de 1969, cuya misión, es “Difundir y desarrollar la práctica de la profesión de dirección de proyectos en Guatemala, desarrollando integralmente al congresista como persona, como profesional y como guatemalteco”.<sup>9</sup>

## 2.2. Definición del proyecto

Según la Real Academia Española, RAE, la palabra proyecto tiene varias acepciones: “Diseño o pensamiento de ejecutar algo; conjunto de escritos,

<sup>9</sup> Idem. [https://pmi.gt/index.php?option=com\\_content&view=article&id=55&Itemid=1038](https://pmi.gt/index.php?option=com_content&view=article&id=55&Itemid=1038)  
Consulta: febrero de 2018.

cálculos y dibujos que se hacen para dar idea de cómo ha de ser y lo que ha de costar una obra de arquitectura o de ingeniería; y primer esquema o plan de cualquier trabajo que se hace a veces como prueba antes de darle la forma definitiva”<sup>10</sup>. Desde el punto de vista de la RAE, en todas las definiciones se concibe la idea como un conjunto de elementos que se necesitan para la ejecución de una obra en particular.

En el mundo productivo actual, el concepto de proyecto ha evolucionado considerablemente. Por ejemplo, José Luis González Moreno, define proyecto como “Conjunto de actividades interrelacionadas y coordinadas que se desarrollan para alcanzar un objetivo”.<sup>11</sup>

Por otro lado, el Instituto Uruguayo de Norma Técnica lo define como “Conjunto de documentos mediante los cuales se define el diseño de una construcción antes de ser realizada. Es el documento base sobre el que se desarrolla el trabajo de los arquitectos, ingenieros y proyectistas de distintas especialidades”<sup>12</sup>. Claro que esta es una concepción relacionada directamente con el sector de la construcción.

Los esfuerzos por definir o unificar la idea de proyecto y cuáles son sus características son diversos; pero, para el PMI un proyecto es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único.

---

<sup>10</sup> Loc cit. RAE. <http://dle.rae.es/?id=UV6hPaS> Consulta: febrero de 2018

<sup>11</sup> González Moreno, José Luis. *Claves del construir arquitectónico*. Ed. Gustavo Gilli. Barcelona, 2008. p. 29

<sup>12</sup> Instituto Uruguayo de Norma Técnica. Norma Unit 1208:2013 *Proyectos de construcción de edificaciones - Desarrollo del proyecto de arquitectura- Proceso y documentación*. Paraguay, 2013. Consulta: febrero de 2018

### **2.2.1. Características de un proyecto**

La característica más importante de un proyecto es que tiene un inicio y un final, también se puede mencionar que un proyecto siempre genera un resultado único y es temporal.

Estas características hacen que los proyectos sean diferentes a los programas y trabajos permanentes, que mantienen mucha repetición y que al final estandarizan un proceso establecido ya que cada proyecto es único, y aunque tengan similares características, siempre habrá incertidumbres, desafíos y soluciones diferentes.

### **2.2.2. Ciclo de vida de un proyecto**

De acuerdo con lo establecido en La Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos, PMBOK por sus siglas en inglés (guía de estándares internacionales para que los profesionales puedan adaptar a cada caso y contexto los procesos reconocidos como buenas prácticas del PMI), el ciclo de vida de un proyecto es “la serie de fases por las que atraviesa un proyecto desde su inicio hasta su cierre”<sup>13</sup>. Este mismo documento divide en cuatro fases generales un proyecto, las cuales son:

- a) Inicio del proyecto
- b) Organización y preparación
- c) Ejecución del trabajo y
- d) Cierre del proyecto

---

<sup>13</sup> **Loc Cit.** PMI, Guía de los fundamentos de gestión de proyectos, PMBOK.

Siguiendo el mismo concepto, se pretende que cualquier trabajo relacionado con construcción de obra civil, se separe en dos fases superpuestas independientes, la primera relacionada con el desarrollo de la planificación de la construcción y la segunda relacionada con la etapa de ejecución de la construcción en sí.

### **2.3. Proceso de desarrollo de un proyecto**

El área de la construcción es muy importante, debido a que en las etapas de desarrollo de conceptos y planificaciones se pueden optimizar los tres objetivos de todo proyecto: calidad, tiempo y costos.

Si los proyectos de desarrollo se ejecutan de forma efectiva, los resultados, o documentos de construcción como planos, especificaciones, presupuestos, programación, estrategias y otros, serán bastante exactos; evitarán confusión y errores de los ejecutores, minimizarán el incremento de costos por órdenes de cambio, manejando tiempos mínimos que generarán ganancias y calidad del trabajo.

En la siguiente tabla se observa el proceso propuesto para el desarrollo de un proyecto:

Tabla V. **Proceso de desarrollo de proyectos**

| <b>PROCESO DE DESARROLLO</b>                        |                  |  |
|---|------------------|--|
| <b>Subproceso</b>                                   | <b>Actividad</b> | <b>Descripción</b>   |
| <b>1. Inicio del proyecto</b>                       | 1.1              | <i>Justificación del proyecto</i>  |
|   | 1.2              | <i>Información inicial del proyecto</i>  |
|   | 1.3              | <i>Establecer recursos</i>   |
|   | 1.4              | <i>Establecer contacto con autoridades</i>                                     |
|   | 1.5              | <i>Llevar a cabo el primer contacto del equipo del proyecto con el cliente</i> |
| <b>2. Desarrollo del diseño</b>                     | 2.1              | <i>Llevar a cabo reunión de equipo del proyecto</i>                            |
|   | 2.2              | <i>Definir alcance del proyecto</i>  |
|   | 2.3              | <i>Presentar alcance del proyecto al cliente y a las autoridades</i>           |
| <b>3. Preparación de documentos de construcción</b> | 3.1              | <i>dibujo de planos</i>  |
|   | 3.2              | <i>Presupuesto base</i>  |
|   | 3.3              | <i>Elaboración de especificaciones técnicas</i>                                |
|   | 3.4              | <i>Disposiciones especiales</i>  |
|   | 3.5              | <i>Planificación de proyecto (CPM, Gantt)</i>                                  |
|   | 3.6              | <i>Bases de licitación</i>   |
|   | 3.7              | <i>Información periódica al cliente</i>  |
| <b>4. Revisión final de documentos y permisos</b>   | 4.1              | <i>Revisión final de documentos de construcción</i>                            |
|   | 4.2              | <i>Obtención de permisos</i>   |
|   | 4.3              | <i>Evaluar tiempo, calidad y costo del proyecto</i>                            |

Fuente: elaboración propia, tomando como base la metodología del PMI.

### **2.3.1. El proyecto**

De acuerdo con el PMI, para que una idea reúna las condiciones y sea considerado un proyecto, debe cumplir con ciertos requisitos mínimos, según se detalla en las siguientes secciones:

### **2.3.1.1. Justificación del proyecto**

En esta etapa se establece si la necesidad es real; si el resultado que se quiere obtener es imprescindible; si es el momento adecuado de entender si realmente vale la pena invertir recursos. Es el momento de evaluar los pros, contras, riesgos, amenazas, etc. Nunca se debe iniciar un proyecto sin saber si es justificable.

### **2.3.1.2. Objetivos del proyecto**

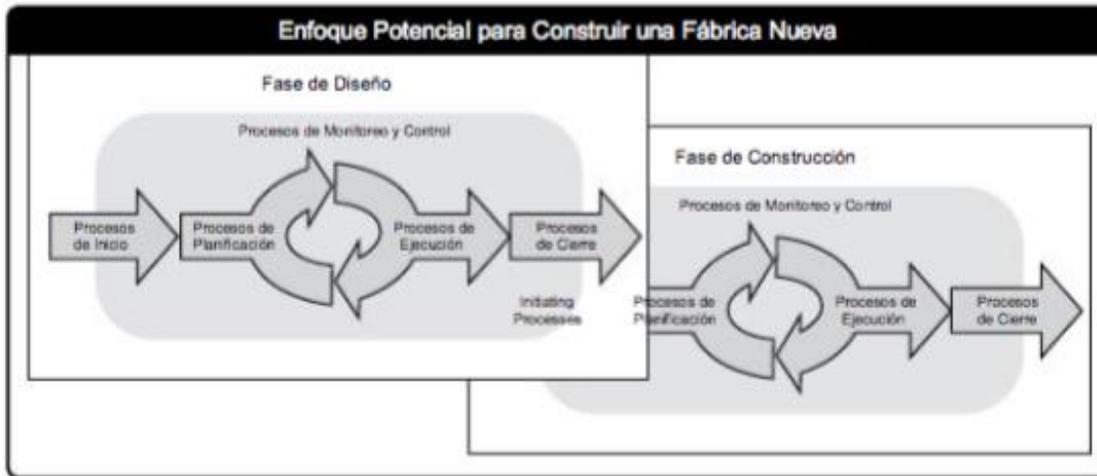
Cuando se tiene un proyecto justificable, se debe establecer objetivos generales que no son más que planteamientos de situaciones concretas que se desea producir en un plazo considerable de tiempo, en el caso de la construcción, y que redundarán en la mejora de una situación; y específicos, por su lado, son enunciados que reflejan situaciones inmediatas necesarias que deben realizarse para obtener el resultado final.

### **2.3.1.3. Descripción del proyecto**

Luego de analizar las necesidades y de haber trazado los objetivos, se puede desarrollar el alcance final de un proyecto que está por diseñarse; describirlo implica una evaluación de la posibilidad de solución de la necesidad observada. Si fuere necesario se puede regresar al paso anterior para redefinir objetivos y alcances.

En la siguiente figura se observa cómo las etapas de los proyectos permiten que haya retornos para redefinir el alcance en cada una de sus fases.

Figura 11. **Superposición de fases en un proyecto**



Fuente: *Project Management Institute*. Guía del Pmbok. p. 42.

Luego de tener identificada la necesidad y trazados los objetivos es el momento de recabar la información necesaria para llevar a cabo el proyecto; esta puede ser técnica, financiera, legal, etc.

El gerente de proyectos debe establecer contacto con las autoridades gubernamentales para conocer los requisitos legales que se deben cumplir; del mismo modo, debe iniciar la recopilación de recursos que le facilitarán cumplir con la etapa de desarrollo; se incluyen recursos humanos y materiales.

Otro elemento que debe tomarse en consideración es la cercanía de contacto que debe mantenerse con el cliente o el beneficiario final de sus proyectos; debe reunirse con él y juntos revisar sus necesidades para evaluar si los objetivos están enfocados en ellas.

### **2.3.2. Desarrollo del diseño**

En Guatemala, todo aquel que decide implementar la metodología del PMBK, luego de haber establecido la necesidad real, los objetivos, recursos y el alcance del proyecto que se ha discutido con el cliente, deciden que es el momento de desarrollar el diseño; para esto se necesita tener a disposición los recursos necesarios para realizarlo; por ejemplo, es el momento de conformar el equipo de trabajo, el cual puede estar integrado por el gerente de proyecto (PM), el arquitecto, el ingeniero estructural, el ingeniero hidráulico, el ingeniero eléctrico, el usuario y el encargado de mantenimiento; dado que se trata de seguir con un procedimiento riguroso y apegado al PMBK; por lo tanto se respeta la estructura requerida para una eficiente y eficaz planificación involucrando a todos los profesionales que sean necesarios para la definir el diseño del proyecto. También se requiere la agilización de elementos administrativos como la estructuración de los contratos, las aprobaciones de presupuesto, la orden de trabajo por parte de los altos ejecutivos.

En esta etapa se elabora un anteproyecto, se revisa y aprueba tanto por el cliente como por los altos ejecutivos, se continúa en contacto con instituciones gubernamentales para reevaluar sus requerimientos, y otros.

En esta etapa también se sugiere revisar e interactuar con la etapa inicial del proyecto; pues conviene revisar si han surgido nuevas necesidades y/o modificado el alcance.

### **2.3.3. Preparación de documentos de construcción**

Por lo general para los profesionales que no están familiarizados con la gerencia de proyectos, esta etapa es la única en el desarrollo de planificación de un proyecto.

Al obviar los primeros dos pasos del proceso de desarrollo (identificación de necesidades y determinación de alcances), se tienen como resultados productos innecesarios, que se dejan de utilizar después de algún tiempo; productos sobredimensionados los cuales utilizaron recursos que pudieron ahorrarse; tampoco se tienen objetivos definidos, por lo que los resultados se segregan; el alcance no ha sido identificado, por lo que hay sobregiros; no se buscan los recursos necesarios, desde el principio el proyecto no tiene quién lo ejecute o el presupuesto planeado no es suficiente.

El cumplimiento de la etapa inicial da como resultado otros elementos que muestran la realidad del proyecto, estos son: planos, especificaciones técnicas, instrucciones de licitación, programa de ejecución de obra, presupuesto base, permisos municipales, plan de licitación, requisición de materiales, cronograma de ejecución y ruta crítica, y otros.

En esta etapa inicia la gestión del costo de la obra al igual que la gestión de cronograma y la gestión de la calidad.

El PMBOK describe que: “La etapa de gestión del cronograma es un proceso que consta de los siguientes pasos:

- Planificar la gestión del cronograma
- Definir las actividades

- Secuenciar las actividades
- Estimar los recursos de las actividades
- Estimar la duración de las actividades
- Desarrollar un cronograma”<sup>14</sup>

La gestión de costos se describe de la siguiente forma:

- “Planificación de gestión de costos
- Estimación de costos
- Determinar presupuesto de proyecto”<sup>15</sup>

Por su lado, la etapa de la gestión de la calidad se rige por la siguiente estructura:

- “Planificación de la gestión de la calidad
- Realizar el aseguramiento de la calidad (incluye buenos planos, especificaciones y herramientas a utilizar para gestionar la calidad en el momento de ejecución del proyecto)”<sup>16</sup>.

#### **2.3.4. Revisión final de documentos y permisos**

Esta etapa consiste en evaluar el trabajo realizado durante la etapa de planificación, haciendo una revisión de los documentos finales y calificándolos según los objetivos que se plantearon. Es sumamente importante realizar esta evaluación pues esto definirá el éxito al final del proyecto.

---

<sup>14</sup> Loc. Cit. PMBOK. Págs. 145-149

<sup>15</sup> Idem. Págs. 194 - 196

<sup>16</sup> Idem. Págs. 227-230

Se debe evaluar el trabajo del recurso humano intervinientes para decidir en el futuro, una nueva participación en futuros proyectos.

Los resultados de la evaluación determinan el inicio de la fase de construcción.

## 2.4. Procesos de construcción de un proyecto

Es aconsejable no dar paso a ello sin antes haber concluido el proceso de desarrollo hasta la última instancia. El resultado final del proceso de construcción es el proyecto tangible, todo lo dibujado y especificado en el proceso de desarrollo ahora se convierte en algo real, la inversión es grande y dar marcha atrás a conceptos en ese momento resulta oneroso.

En la siguiente tabla se observa el proceso propuesto para la construcción de un proyecto.

Tabla VI. **Proceso de construcción de proyectos**

| PROCESO DE CONSTRUCCIÓN                        |           |  |
|--|-----------|--|
| Subproceso                                     | Actividad | Descripción                                      |
| 1. Inicio del proyecto                         | 1.1       | <i>Inicio del proyecto</i>                       |
|  | 1.2       | <i>Proceso de licitación</i>                     |
|  | 1.3       | <i>Evaluación de fondos</i>                      |
|  | 1.4       | <i>Adjudicación</i>                              |
|  | 2.1       | <i>Llevar a cabo reunión preconstrucción</i>     |
| 2. Administración de la construcción           | 2.2       | <i>Manejo de ordenes de compra de materiales</i> |
|  | 2.3       | <i>Administración del proyecto</i>               |
| 3. Preparación de la finalización del proyecto | 3.1       | <i>Inspecciones de recepción del proyecto</i>    |
|  | 3.2       | <i>Preparación de cierre financiero</i>          |
|  | 3.3       | <i>Entrega de proyecto a cliente</i>             |
|  | 3.4       | <i>Manejo de garantías</i>                       |
| 4. Finalización del proyecto                   | 4.1       | <i>Evaluación de calidad</i>                     |
|  | 4.2       | <i>Evaluación de tiempo</i>                      |
|  | 4.3       | <i>Evaluación Costo</i>                          |

Fuente: elaboración propia.

### **2.4.1. Inicio del proyecto**

En esta etapa se verifica nuevamente la necesidad, esto debido a que mientras se dibujaban los documentos de construcción, pudo haber cambios que requieran un alcance diferente o pequeños ajustes. Si así fuera, es el momento indicado para regresar y establecer otros que cumplan con los nuevos objetivos.

Si todo sigue igual a lo planeado en el proceso de desarrollo, es el momento de realizar el proceso de licitación, analizar las ofertas y adjudicar el trabajo estableciendo los contratos necesarios para la ejecución del proyecto; es la ocasión para agregar al equipo del proyecto al constructor; se debe tener contacto con el cliente para mantener una buena comunicación; es el tiempo para buscar los fondos financieros para realizar el proyecto y establecer la forma en que se invertirá, dosificando el flujo de caja según la planificación de la ejecución.

### **2.4.2. Administración de la construcción**

Como se ha mencionado antes, los profesionales que no tienen experiencia en la gerencia de proyectos tienden a pensar que los proyectos constan de una sola etapa, en el caso de la fase de construcción, esta etapa es la que erróneamente se piensa como la más importante, acá es cuando se lleva a cabo una administración del proyecto en ejecución. Pero sin los pasos anteriores esta etapa no puede ejecutarse con éxito.

En este punto del proyecto se debe establecer un método de supervisión para controlar la calidad de los trabajos, al llevar herramientas que aseguren que los trabajos se ejecutan de acuerdo con los planos y las especificaciones

técnicas, solicitando ensayos de laboratorio e interpretando dichos resultados para asegurar la calidad, planificando visita de profesionales que certifiquen que todo lo ejecutado cumple con los alcances establecidos en la fase de desarrollo.

También se debe cumplir con el programa de ejecución previamente establecido en la fase de desarrollo, llevar una planificación a largo, mediano y corto plazo. Estos programas ayudan a que la logística que se necesita pueda preverse y anticiparse a la consecución de los recursos necesarios para utilizarlos en el momento preciso.

El proceso de controlar el cronograma se ocupa de:

- Determinar el estado actual del cronograma del proyecto mediante la comparación de la cantidad total del trabajo entregado y aceptado con respecto a las estimaciones del trabajo completado para el ciclo de tiempo transcurrido.
- Llevar a cabo revisión retrospectiva (revisiones programadas para registrar las lecciones aprendidas) de cara a corregir y mejorar procesos si fuera necesario.
- Volver a priorizar el trabajo pendiente
- Determinar el ritmo a que se generan, validan y aceptan los entregables; (velocidad) en tiempo por iteración (duración acordada del ciclo de trabajo, normalmente dos semanas o un mes);
- Determinar que el cronograma del proyecto ha cambiado, y;
- Gestionar los cambios reales conforme se producen.<sup>17</sup>

Es sumamente importante llevar controles del presupuesto aprobado elaborando un formato que ayude a establecer los compromisos adquiridos, los pendientes de comprometer y compararlos con el presupuesto aprobado y así evitar sobregiros.

El control de costos incluye:

- Influir sobre los factores que producen cambios a la línea base de costos autorizados;
- Asegurar que todas las solicitudes de cambio se lleven a cabo de manera oportuna;
- Gestionar los cambios reales cuando y conforme suceden;

---

<sup>17</sup> Idem. PMBOK. Pág. 187

- Asegurar que los gastos no excedan los fondos autorizados por período, por componente, por actividad y para el proyecto en su totalidad;
- Monitorear el desempeño del costo para detectar y comprender las variaciones con respecto a la línea base aprobada de costos;
- Monitorear el desempeño del trabajo con relación a los gastos en los que se ha incurrido;
- Evitar que se incluyan cambios no aprobados en los informes sobre utilización de costos o de recursos;
- Informar a los interesados pertinentes acerca de todos los cambios aprobados y costos asociados; y
- Realizar las acciones necesarias para mantener los excesos de costos previstos dentro de los límites aceptables.<sup>18</sup>

Otro aspecto importante que debe gestionarse en esta etapa es el aseguramiento de la calidad; entendiendo que la esperada, no solo es del producto que se obtendrá, sino también con la que se han llevado los procesos.

De acuerdo con el PMI, controlar la calidad es el proceso de “Monitorear y registrar los resultados de la ejecución de las actividades de calidad, a fin de evaluar el desempeño y recomendar los cambios necesarios.”<sup>19</sup>

Para ello se debe tomar en cuenta los siguientes conceptos:

- Prevención, para evitar errores en el proceso.
- Supervisión, para evitar que los errores lleguen al cliente
- Muestreo, para saber la conformidad de los trabajos
- Tolerancias y límites de control, para establecer los límites

---

<sup>18</sup> Idem. PMBOK. Pág. 216-229

<sup>19</sup> Idem. PMBOK. Pág. 248

Entre otras cosas también se deben establecer procedimientos para llevar un control de materiales en obra, evitando que haya gastos por desperdicios, robos y otros incidentes que perjudiquen el proyecto. Se debe establecer un control de pago de planillas, un control de levantamiento de estimaciones de pago, establecer procesos para elaboración y aprobación de órdenes de cambio en obra, etc.

Es bueno recalcar que nada de lo anterior puede llevarse a cabo de forma adecuada, sin haber llevado a cabo la fase de desarrollo correctamente.

#### **2.4.3. Preparación para la finalización del proyecto**

Esta fase consiste en obtener toda la documentación necesaria para el cierre del proyecto, entre estas se mencionan: finiquitos, fianza de garantía, certificados de recepción, etc.

En el momento de estar cerca de concluir la construcción, es importante establecer las inspecciones necesarias para que el producto final quede de acuerdo con lo especificado antes de utilizarse. Siempre debe documentarse las entregas a satisfacción de los proyectos finalizados, tanto por el usuario como por el de mantenimiento o administrador de la edificación.

Este es el momento de establecer las fechas de inspección de garantía y el proceso a seguir para realizarlas.

#### **2.4.4. Finalización del proyecto**

En esta etapa se debe evaluar los objetivos de calidad tiempo y costo establecidos desde la etapa de desarrollo y confirmados en el momento del

inicio y adjudicación del proyecto. Se debe contemplar el cierre contable del proyecto, cerciorándose que está dentro de los límites aprobados inicialmente.

Se evalúa el desempeño del constructor, del supervisor, del PMI y cualquier otro involucrado para determinar la continuidad de este recurso en otros proyectos. También se terminan los archivos físicos y se almacenan para futuras consultas.



### **3. ESTABILIZACIÓN DE TALUDES**

Un talud es una inclinación del paramento de un muro, desmonte o terraplén, de acuerdo con la Real Academia de la Lengua Española; es también conocido como ladera; es una masa de tierra que no es plana, sino que presenta una pendiente o cambios significativos de altura. “En la literatura técnica, se define como ladera cuando su formación actual tuvo como origen un proceso natural y, talud, cuando se formó artificialmente”.<sup>20</sup>

#### **3.1. Tipos de taludes**

Los taludes se pueden agrupar en tres categorías generales:

Los terraplenes, los cortes de laderas naturales y los muros de contención. También se puede presentar combinaciones de los diversos tipos de taludes y laderas.

- Naturales: estos pueden ser causados por desgaste o corte, lomas y taludes en valles, acantilados costeros y de ríos, pueden ser producto de acumulación o deposición, laderas y taludes detritos, taludes de deslizamiento y de flujo. A estos taludes se les puede conocer simplemente como laderas, por no haber intervención humana para formarlos.
- Terraplenes o artificiales: estos pueden ser construidos, terraplenes y presas, pilas de escombros, cortes y excavaciones.

---

<sup>20</sup> Sabatini, P.J., Pass, D.G., Bachus, R.C. x. Ground Anchors and Anchored Systems, Geotechnical Engineering Circular No. 4, Publication No. FHWA- IF-99-015, Federal Highway Administration, Washington, D.C. 1999.p. 92-93

- Los muros de contención son elementos constructivos que cumplen la función de cerramiento, soportando por lo general los esfuerzos horizontales producidos por el empuje de tierras. En otros tipos de construcción, se utilizan para contener agua u otros líquidos en el caso de depósitos. Es un tipo estructura de contención rígida, destinada a contener algún material.<sup>21</sup>

### 3.2. Tipos de fallas y deslizamientos

Schuster, R.L (1999) propone para la clasificación de falla en taludes naturales los siguientes tipos:

- Deslizamientos: los deslizamientos pueden estar asociados primero a falta de resistencia por baja presión de confinamiento, estos se producen sin una transición brusca y muchas veces en grandes extensiones de terreno. La velocidad de estos deslizamientos puede ser bastante baja; este tipo de deslizamientos muestran como signos un eventual escalonamiento, así como un eventual agrietamiento y la dirección del crecimiento de los arboles no es vertical sino tiene a inclinarse a favor del desplazamiento; este tipo de deslizamientos están asociados a deslizamientos de traslación. Segundo hay deslizamientos asociados procesos de deformación acumulativa de materiales sobre una base conformada, estas fallas son formadas por depósitos no consolidados. Pueden ser de traslación o rotatorias, dependiendo de la superficie de ruptura.
- Flujos: son fallas de movimientos relativamente rápidos; el comportamiento de estos está muy relacionado con el comportamiento de un líquido viscoso; estos pueden clasificarse primero con flujos de materiales relativamente secos, entre ellos pueden tomarse en cuenta fragmentos de roca muchas veces producidos tras un temblor, siendo el aire que está dentro del material suelto el que actúa como lo haría un

---

<sup>21</sup> Schuster R.L., Kockelman W.J. "Principles of landslide hazard reduction". Landslides investigation and mitigation, Special report 247, Transportation Research Board. 1999. Págs. 91-105.

líquido. Segundo con flujos de materiales húmedos (lodos), los cuales requieren una porción de agua combinada con el suelo.

Schuster, R.L (1999), clasifica las fallas en taludes artificiales de la siguiente manera:

- Falla rotacional: estas se presentan en taludes artificiales a lo largo de una superficie de falla curva.
- Falla traslacional: estas se presentan en taludes artificiales a lo largo de una superficie de falla plana.
- Fallas con superficie compuesta: se combinan las superficies de falla curvas con las planas.
- Fallas múltiples: son fallas que se producen con varias superficies de deslizamiento, pueden ser simultáneas o sucesivas.
- Derrumbes: pueden presentarse en taludes naturales como en artificiales, estas pueden presentarse por erosión, pueden ser por falta de confinamiento lateral por lo que se aflojan fragmentos, pueden ser asociadas a empuje de agua acumulada, etc.
- Otros tipos de fallas no relacionadas a el esfuerzo cortante: primeramente, las fallas por erosión causada por viento y agua, se manifiesta en irregularidades, socavaciones y surcos. En segundo lugar, fallas por tubificación, el cual consiste en que hay un flujo de agua a través del talud. Esto por el arrastre de partículas provocado por estar expuesto por mucho tiempo a un embalse de agua y por no contar con buena compactación. En tercer lugar, se mencionan las fallas por agrietamiento, tanto en sentido transversal como longitudinal; estos pueden ser por asentamientos diferenciales.

### **3.3. Método de análisis de estabilización**

De acuerdo con Kockelman (1999), los riesgos debidos a deslizamientos de tierra se pueden reducir utilizando cuatro estrategias:

- Restricciones al desarrollo en áreas susceptibles a deslizamientos

- Códigos para excavaciones, explanaciones, paisajismo y construcción.
- Medidas físicas tales como drenaje, modificación de la geometría y estructuras para prevenir o controlar los deslizamientos o los fenómenos que los pueden producir.
- Desarrollo de sistemas de aviso o alarma.<sup>22</sup>

Los métodos de mitigación o prevención de amenaza pueden reducir en forma importante la ocurrencia de deslizamientos.

Jaime Suárez (2009), sugiere que:

La prevención permite el manejo de áreas relativamente grandes, teniendo en cuenta que los procesos naturales pueden ocurrir en diversos sectores dentro de un área de susceptibilidad similar, en forma repetitiva o múltiple. La mejor estrategia para la reducción de amenaza de deslizamiento, generalmente, envuelve una mezcla de varias técnicas o sistemas en donde se requiere la cooperación de geólogos, ingenieros, planeadores, propietarios de la tierra, constructores, organizaciones financieras y de seguros y entidades del Estado.<sup>23</sup>

Suárez sigue diciendo que para el diseño de un programa adecuado de prevención se requiere tener en cuenta los siguientes elementos:

- Una base técnica completa de las amenazas y riesgos.
- Un grupo técnico capaz de interpretar y manejar la información existente.
- Entidades del Estado conocedoras y conscientes de los problemas
- Una comunidad que comprenda el valor y los beneficios de estos programas.

Existen varios métodos para el cálculo de estabilización de taludes, estos sirven para determinar, con la información de las propiedades del suelo con que se compone el talud, si este puede ser estable y para revisar en taludes

---

<sup>22</sup> **Idem.**

<sup>23</sup> Suarez, Jaime. *Deslizamientos. Análisis Geotécnico*. Vol. II. pp. 150-340 U.I.S Escuela de Filosofía, Bucaramanga, Colombia. 2009

construidos su estabilidad. Todos estos métodos asumen homogeneidad de los materiales y parámetros ideales, los cuales generalmente no se encontrarán en los proyectos a construir. No es el objetivo describir de que tratan los diferentes métodos de cálculo, pero se pueden listar los más conocidos

- Taludes en arenas limpias
- Falla rotacional
- Método sueco
- Análisis de estabilidad con superficies de falla no circulares
- Falla traslacional
- El método de la cuña
- Método del número de estabilidad de Taylor
- Método simplificado de Bishop

Existen métodos mecánicos para corregir fallas en taludes, estos métodos tienen como principal objetivo reducir las fuerzas que las generan, aumentando las fuerzas resistentes, en las zonas en las que se encuentran.

Los principales métodos mecánicos son:

- Métodos de elusión: consiste en eludir la zona que esta fallada, esto no siempre puede hacerse debido a las restricciones que se puedan encontrar para llevarse a efecto y tiende a ser de alto costo. Las estructuras como puentes, viaductos, etc. Deben ser cimentadas en áreas sanas.
- Métodos de excavación: pueden ser excavaciones pequeñas o la remoción completa del material inestable, se deben mejorar las condiciones del drenaje para evitar nuevas fallas.
- Abatimiento de taludes: Consiste en tallar el talud a condiciones más favorables que el existente, ampliando su círculo de falla tendiendo a ser más profundo para que la fuerza del suelo sea mayor.

- Empleo de bermas y escalonamientos: una berma es una masa del mismo material del talud o de uno similar que se adosa al mismo, esto para que se adquiera mayor estabilidad. Esto hace la misma función que el abatir el talud, ya que la superficie de falla se profundiza y se hace más larga. Si el material a colocar es más pesado este puede aumentar la resistencia al corte del suelo. El escalonamiento trabaja similar a las bermas ya que se hacen cortes que forman escalones en el talud existente formando una especie de bermas sin agregar material. Las ventajas de estos escalones es que reducen la velocidad del agua y así evitar la erosión que esta ocasiona.
- Empleo de materiales ligeros: es utilizado en taludes de suelos cohesivos, estos materiales de bajo peso reducen las fuerzas que producen los deslizamientos.
- Consolidación previa de suelos compresibles: conocida como precarga o por compactación.
- Empleo de materiales estabilizantes: consiste en agregar al suelo, materiales que ayuden a estabilizarlo y a endurecerlo. Estos pueden ser cementos, asfaltos, sales químicas.
- Empleo de estructuras de retención: estas se construyen generalmente al pie de los taludes, también se construyen al pie de cortes para disminuir su altura. Este método se utiliza cuando no hay suficiente espacio para el abatimiento, estos son de alto costo y requieren de obras auxiliares como drenajes, cabezales, entre otros.
- Empleo de pilotes:
- Empleo de contrapesos al pie de la falla
- Anclajes
- Uso de explosivos
- Empleo de vegetación

#### 4. PROCESO DE DESARROLLO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO “PLAN PARA EVITAR EROSIÓN EN CAMINAMIENTO DE LOTIFICACIÓN JULIETA, SAN PEDRO AYAMPUC, GUATEMALA, UTILIZANDO EL MÉTODO PMI

Desde el año 2012, se ha observado una creciente erosión en el barranco adyacente a la lotificación Julieta, debido a las lluvias en el área, y se evidencia por el socavamiento de un camino peatonal muy utilizado por las personas de dicha lotificación, y hace que el transitar sea peligroso e inadecuado.

Figura 12. **Fotografías del área afectada**



Fuente: elaboración propia.

Ante la problemática se optó por la restauración del camino peatonal, así como la construcción de infraestructura de saneamiento de taludes para el control de erosión y sedimentos.

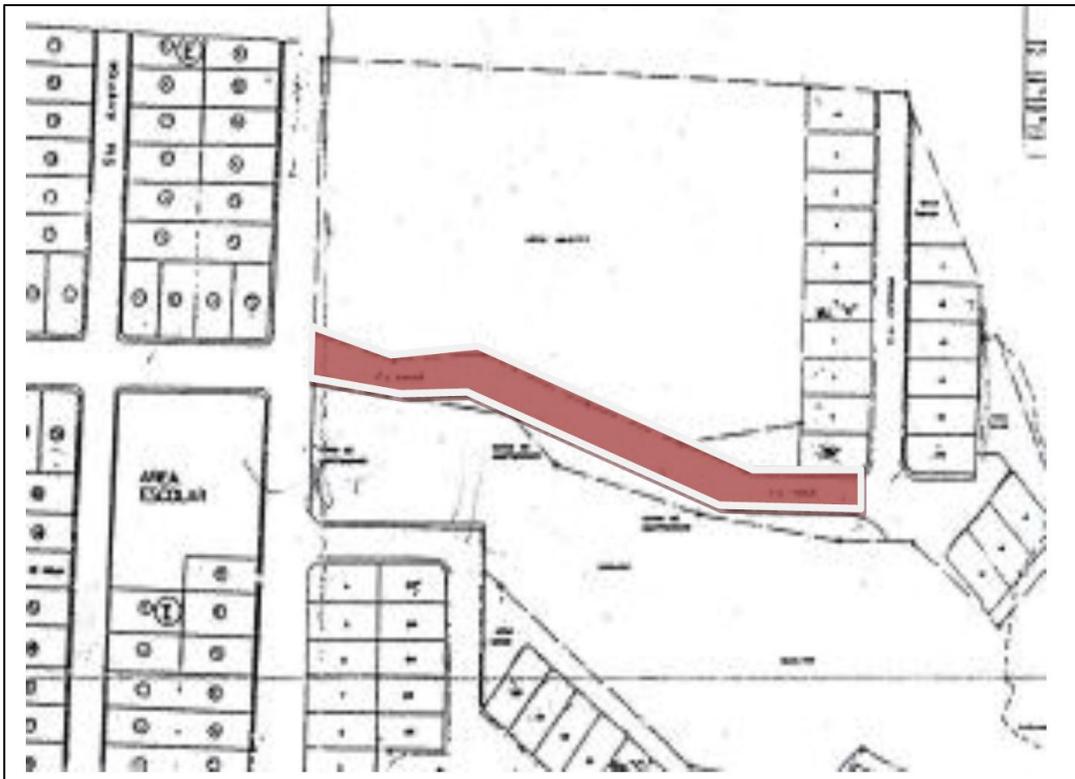
## 4.1. Proceso de desarrollo

A continuación, se describe el proceso del proyecto aplicando la Metodología del PMI, tratada en la sección 2 de este documento.

### 4.1.1. Inicio del proyecto

Por mucho tiempo se observó que los vecinos de la lotificación Julieta transitan por un camino de la urbanización, que originalmente la lotificadora consideró como vehicular. Ello se puede observar en la siguiente figura:

Figura 13. Ruta Vehicular



Fuente: elaboración propia, empleando SketchUP.

Como se observa el camino ha sido afectado por procesos de erosión debido a las corrientes pluviales que se han conducido sobre las calles que convergen en el área del problema. Este camino se convirtió en un sendero peatonal muy angosto de difícil transitabilidad. Sumado a lo anterior, la estructura de un muro perimetral colindante con dicho camino estaba cerca de colapsar debido a que el terreno se estaba asentando y dejó visible en algunas partes la cimentación de esta.

Los vecinos, durante algún tiempo, intentaron durante el invierno, rescatar el camino colocando llantas, costales y otros métodos que resultaron infructuosos por no atacar de raíz el problema.

En la siguiente figura se aprecia la condición real.

Figura 14. **Sendero peatonal del área afectada**



Continuación figura 14.



Fuente: elaboración propia.

Como se observa el sendero era necesario ya que acorta distancias entre viviendas, centros escolares, paradas de buses, comercios, servicios de emergencia y otros. De tal forma que el objetivo primordial del proyecto de desarrollo fue encontrar una forma económica y funcional para que los vecinos pudieran contar con un camino peatonal seguro y que las estructuras vecinas pudieran estar protegidas.

Para esto se contó con el apoyo de la municipalidad de San Pedro Ayampuc y de la institución religiosa, cuyas instalaciones estaban siendo afectadas.

#### **4.1.1.1. Verificar información del terreno**

A continuación, se describirá los pasos a seguir para la verificación de información del terreno:

- **Propietarios**

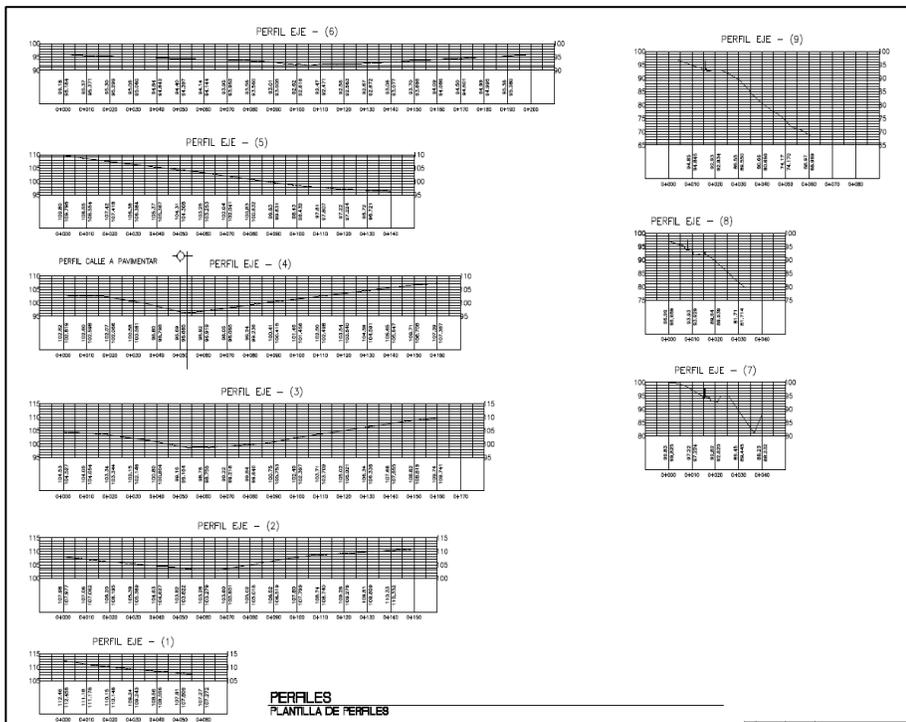
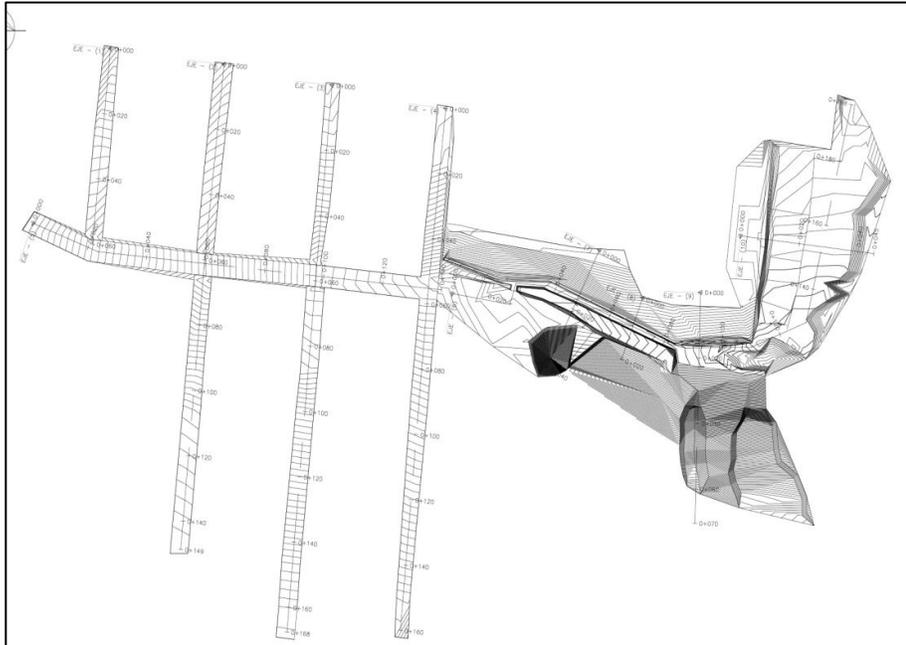
Después de realizar las visitas a la municipalidad y contactar a la lotificadora, se realizaron reuniones con los involucrados (municipalidad, vecinos, lotificadora y organización religiosa), confirmándose que el sector del camino a intervenir era de uso público. Lo anterior fue confirmado por la municipalidad con la emisión de la licencia de construcción del proyecto.

- **Topografía**

Se llevó a cabo la medición topográfica de todas las calles de la lotificación, calle a intervenir y barranco que recibe la precipitación pluvial, dando énfasis en la medición de curvas de nivel, secciones de terreno y el área superficial.

Los objetivos principales de las actividades de topografía eran determinar los caudales de agua pluvial que aportan cada una de las calles de la lotificación, partiendo del área de aporte que llegan al sector de intervención y establecer las curvas de nivel de la ladera del barranco en consideración; esto para determinar los pies de talud que corrían riesgo de deslizamiento y poder identificar el método de estabilización.

Figura 15. Diseño de drenaje para aguas pluviales



Fuente: elaboración propia, empleando Auto CAD.

- **Aportación de lluvias que convergen a la zona de estudio**

A pesar de que en San Pedro Ayampuc existe una estación meteorológica, la forma de cálculo de aportación de lluvias en el sector se llevó a cabo tomando en cuenta la intensidad de esta en la ciudad de Guatemala, con un período de retorno de 20 años, y calculando el factor de escorrentía según la Norma 201-C del Reglamento para Diseño y Construcción de Drenajes de la Municipalidad de Guatemala, ya que la comuna de San Pedro Ayampuc no cuenta con un reglamento al respecto. Dando como resultado 127.89 mm/hr, y un caudal de 550.89 Lt/seg. Tal como se muestra en la siguiente figura:

Figura 16. **Cálculo de drenaje pluvial**

| CALCULO DRENAJE PLUVIAL   |  |  |                                      |  |                                       |  |
|---|--|--|--------------------------------------|--|---------------------------------------|--|
| <b>A CAUDALES</b>   |  |  |                                      |  |                                       |  |
| <b>A.1 DATOS GENERALES</b>  |  |  |                                      |  |                                       |  |
|   | Area<br>Total a Drenar<br>m2                 | Intensidad de<br>Lluvia<br>mm/hr               | Tiempo<br>Lluvia intensa<br>min      | Tipo<br>de Tubería<br>a utilizar<br>p.v.c.         | Caudal Nominal<br>Estimado<br>Lts/seg | Destoque Final<br>Tipo<br>Canal<br>+ Zanjón Existentes |
|   | 15,907.85                                    | 127.89   | 12.00                                |  | 550.89                                |  |
| <b>A.2 CAUDALES FINALES PROYECTO</b>  |  |  |                                      |  |                                       |  |
| TOTAL PROYECTO  |  |  |                                      |  |                                       |  |
| No.   | AREA   | Superficie<br>a Drenar<br>m <sup>2</sup>       | Factor<br>Escorrentía                | Area<br>Final a Drenar<br>m <sup>2</sup>           | CAUDAL FINAL<br>DISEÑO<br>Lts/seg     | Diámetro<br>Tubería<br>Pig.                            |
| 1   | Calle Principal + Calles Secundarias + Lotes | 12,090.55                                      | 0.90                                 | 10,881.49  | 347.91                                |  |
| 2   | Calle Secundaria Norte + Lotes               | 1,185.42                                       | 0.90                                 | 1,070.48   | 34.23                                 |  |
| 3   | Calle Secundaria Sur + Lotes                 | 2,227.05                                       | 0.90                                 | 2,004.37   | 64.08                                 |  |
|   |  | 15,907.85                                      |                                      |  | 446.22                                | 18"  |
| <b>B DIMENSIONES DEL CANAL</b>  |  |  |                                      |  |                                       |  |
|   |  | Qv<br>Flujo en<br>Canal<br>m <sup>3</sup> /seg | V<br>Velocidad<br>del Flujo<br>m/seg | A<br>Area Sección<br>Transversal<br>m <sup>2</sup> | Ancho<br>de Canal<br>m                | Tirante Mínimo<br>(altura agua)<br>m                   |
| B.1   | Calle Principal + Calles Secundarias + Lotes | 0.3479   | 0.90                                 | 0.3866   | 0.45                                  | 0.86   |
| B.2   | Calle Secundaria Norte + Lotes               | 0.0342   | 0.90                                 | 0.0380   | 0.20                                  | 0.19   |
| B.3   | Calle Secundaria Sur + Lotes                 | 0.0641   | 0.90                                 | 0.0712   | 0.20                                  | 0.36   |
| B.4   | CANAL AL FINAL DE LA INTERSECCION            | 0.4462   | 0.90                                 | 0.4958   | 0.45                                  | 1.10   |
| <b>NOTAS</b>  |  |  |                                      |  |                                       |  |
| - INTENSIDAD DE LLUVIA EN GUATEMALA CON PERIODO DE RETORNO DE 20 AÑOS   |  |  |                                      |  |                                       |  |
| $I = \frac{4604}{1+24}$   |  |  |                                      |  |                                       |  |
| $I =$ Intensidad de Lluvia (mm/hr)<br>$t =$ Tiempo de concentración en tramo anterior (minutos)<br>4604 = Constante para la Zona Atlántica de la Ciudad de Guatemala  |  |  |                                      |  |                                       |  |
| - CAUDAL  |  |  |                                      |  |                                       |  |
| $Q^c = \frac{CIA}{0.360}$   |  |  |                                      |  |                                       |  |
| $Q =$ Caudal (Lts/seg)<br>$C =$ Coeficiente de Escorrentía<br>$I =$ Intensidad de lluvia en mm/hr<br>$A =$ Área en Hectáreas  |  |  |                                      |  |                                       |  |
| - El Factor de Escorrentía corresponde a calles de concreto en buen estado, conforme a la Norma 201-C del REGLAMENTO PARA DISEÑO Y CONSTRUCCION DE DRENAJES de la Municipalidad de Guatemala                      |  |  |                                      |  |                                       |  |
| - Para las Áreas de Lotes se asumió un índice de construcción = 1   |  |  |                                      |  |                                       |  |
| - CANAL   |  |  |                                      |  |                                       |  |
| $Q_v = AV$  |  |  |                                      |  |                                       |  |
| $A = \frac{Q_v}{V}$   |  |  |                                      |  |                                       |  |
| $Q_v =$ Flujo en la Canal (m <sup>3</sup> /seg)<br>$V =$ Velocidad del flujo en canal (m/seg) se asume la velocidad mínima recomendable de 0.9 m/seg<br>$A =$ Área en de la sección transversal (m <sup>2</sup> ) |  |  |                                      |  |                                       |  |

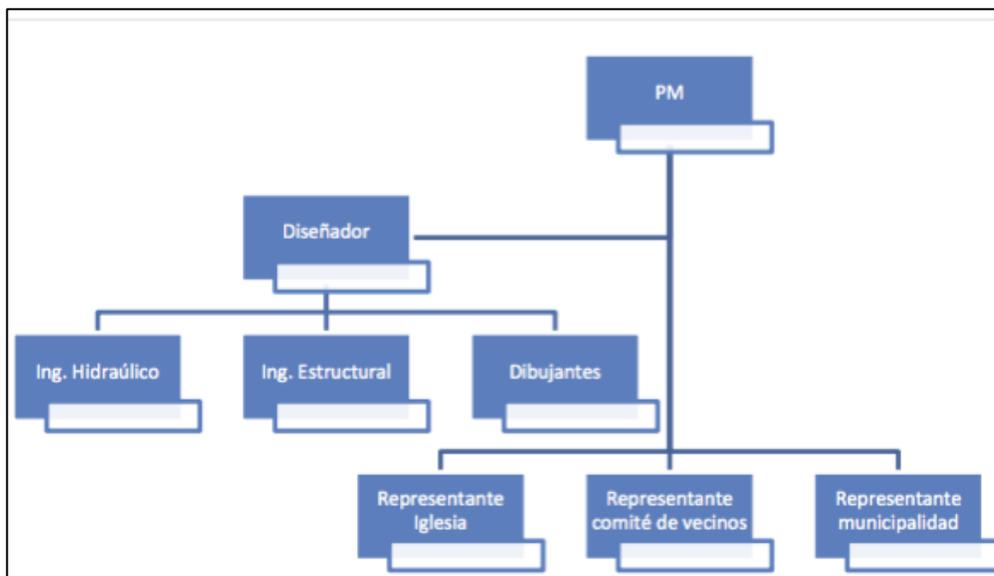
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

El factor de escorrentía corresponde a calles de concreto en buen estado, conforme a norma 201-C del Reglamento para diseño y construcción de drenajes de la Municipalidad de Guatemala. Para las áreas de lotes se asumió un índice de construcción de 1.

#### 4.1.1.2. El recurso humano

El recurso humano utilizado en el desarrollo de la planificación en este caso estaba integrado por el PM (gerente de proyectos), con una empresa de diseño arquitectónico quien a su vez subcontrató el diseño hidráulico, estructural y el dibujo de los planos, con un representante de la Iglesia vecina, un representante del comité de vecinos y un representante de la municipalidad.

Figura 17. **Recurso humano**



Fuente: elaboración propia, empleando Easily.

#### 4.1.1.3. Contacto con autoridades municipales y vecinos

En este caso la única autoridad requerida es la Municipalidad de San Pedro Ayampuc.

Figura 18. **Autoridad municipal y vecinal**

Por la Municipalidad Sra. Nancy Lopez (Cel. 57066691).  
Por comité de vecinos Presidente Luis De Leon (Cel. 32716219).  
Por comité de vecinos Vocal Sra. Berta (Cel. 53810258).  
Por ConCRETA Ing. Wiliam Lisandro Sacalxot.  
Por ConCRETA Arq. Marvin Rodriguez King.



Continuación figura 18.

Guatemala 05 de Abril 2013

Señor Alcalde Municipal  
Roberto Aquino  
San Pedro Ayampuc  
Su despacho.

Respetable Señor Alcalde:

Por este medio le enviamos un cordial saludo deseándole éxitos en sus labores diarias, el motivo de la presente es para solicitarle información respecto a los terrenos en la parte posterior a la Capilla de Llanos de Santa María, de Iglesia de Jesucristo de los Santos de los Últimos Días. Para saber cuáles son las condiciones de esos terrenos si son Privados, o un paso de servidumbre municipal que da paso hacia la colonia Julieta.

Dicha información se requiere a solicitud de esta comunidad para hacer mejoras en este paso de circulación, ya que el flujo de agua de lluvia ha erosionado dicho paso el cual lo hace peligroso para los transeúntes en tiempos de invierno debido que ha socavado todo el camino y evitar que continúe con estos problemas. Estamos en disposición de poder colaborar y ver si conjuntamente pudiéramos participar con ellos ya que también están en la disposición de apoyar con lo que se requiera.

Esperando obtener su respuesta favorable y que dichos trabajos puedan apoyar a su desempeño en sus actividades al frente de su honorable cargo,



05/04/2013  
11:38 a.m.  
# 111.

Atentamente,  
  
Acos-Euis Ochoa  
Administrador de proyectos y  
Representante Legal

LA IGLESIA DE  
JESUCRISTO  
DE LOS SANTOS  
DE LOS ÚLTIMOS DÍAS

Fuente: elaboración propia.

Se llevaron a cabo reuniones juntamente con representantes de vecinos, municipalidad y desarrolladores para que todas las partes interesadas estuvieran de acuerdo y empezar a definir el alcance del proyecto.

#### **4.1.2. Desarrollo del diseño**

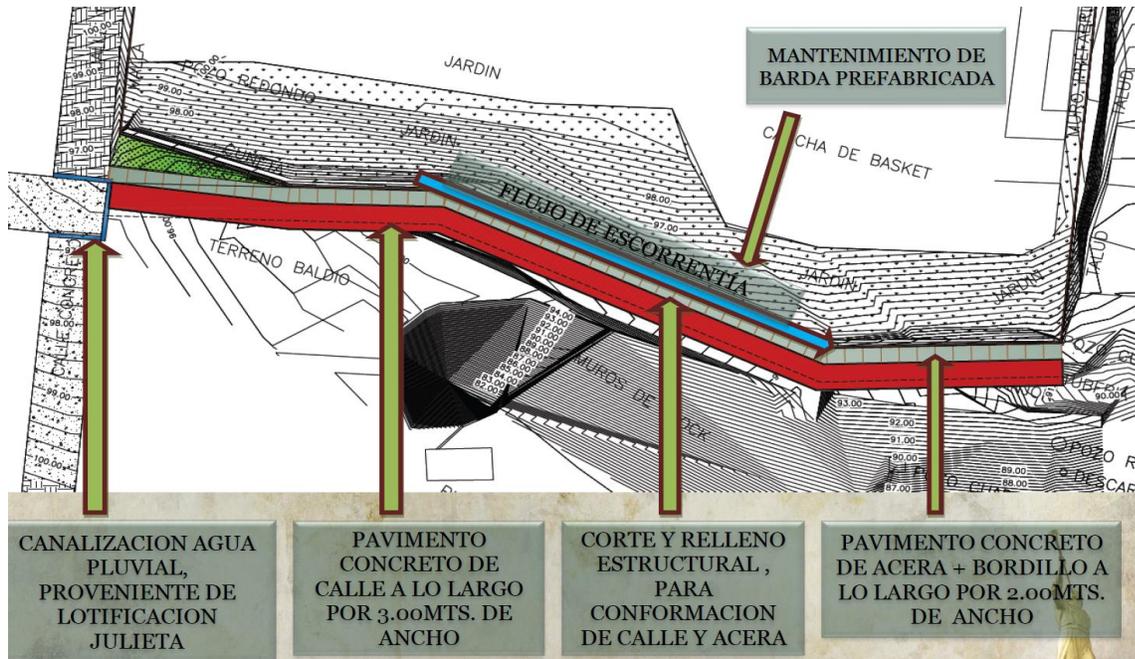
En la segunda etapa de la fase se realizó el desarrollo de la planificación, era fundamental para entender el problema de raíz y buscar la solución en forma de anteproyecto para entonces preparar la documentación de construcción.

##### **4.1.2.1. Definición del alcance del proyecto**

Para satisfacer la necesidad identificada, un camino accesible y seguro para el traslado de la comunidad, se observó que el problema de raíz es la mala captación del caudal del agua pluvial proveniente de todas las calles de la lotificación. Las pendientes de las calles influyen en que dichas corrientes adquieran gran velocidad y por lo tanto el arrastre de sedimentos al punto de convergencia es significativo.

Ante esta situación se programó como primer punto de acción, el diseño de la captación y conducción de las aguas pluviales al fondo de la quebrada. Como segundo punto, el diseño en sí de la calle en la que transitarían los vecinos de la lotificación y finalmente la estabilización del suelo circundante.

Figura 19. Captación y conducción de aguas pluviales



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2013.

#### 4.1.2.2. Definición de tipología de protección de taludes a utilizar en el proyecto

Para satisfacer la necesidad de un camino peatonal es necesario estabilizar el talud de la ladera; esto no solo ayuda a conservar el camino sino también a prever cualquier deslizamiento que podría afectar a las construcciones vecinas.

Debido a que existen varias opciones, tales como la construcción de muros de concreto, muros de gravedad, trabajo de un suelo enclavado o estabilización de bases de talud por medio de gaviones; se selecciona la más económica y con un resultado aceptable. En la figura 20 se puede apreciar la

conceptualización del trabajo previo al diseño en sí.

Figura 20. **Anteproyecto de gaviones**



Fuente: elaboración propia, empleando SketchUP.

#### 4.1.3. **Preparación de documentos de construcción**

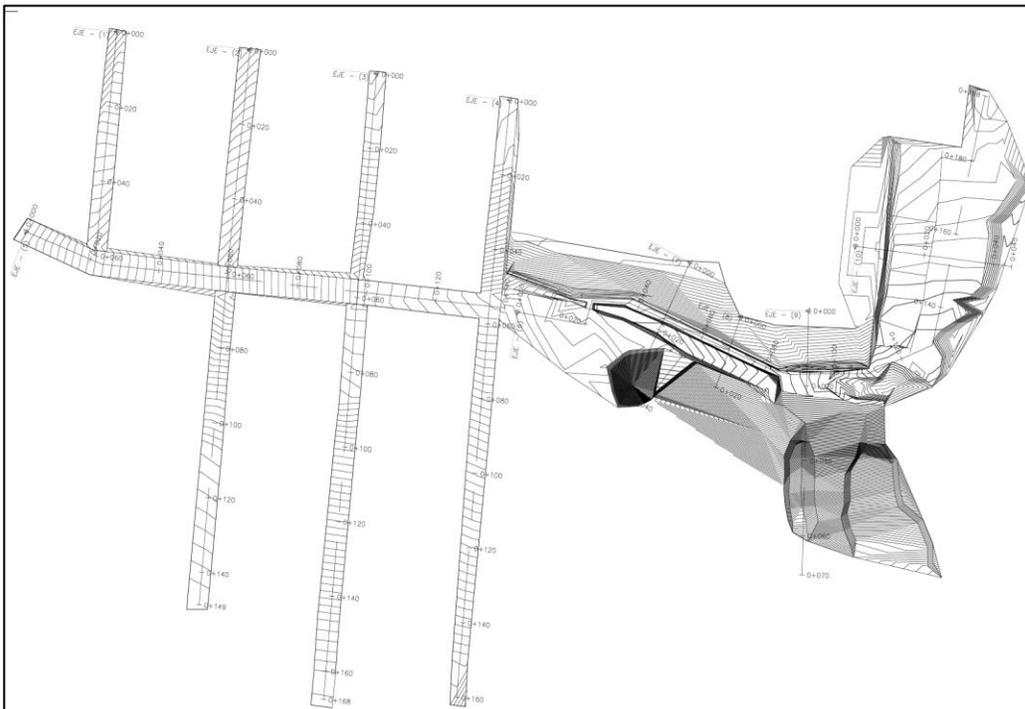
A continuación, se explica el proceso de preparación de documentación de construcción.

#### 4.1.3.1. Planos

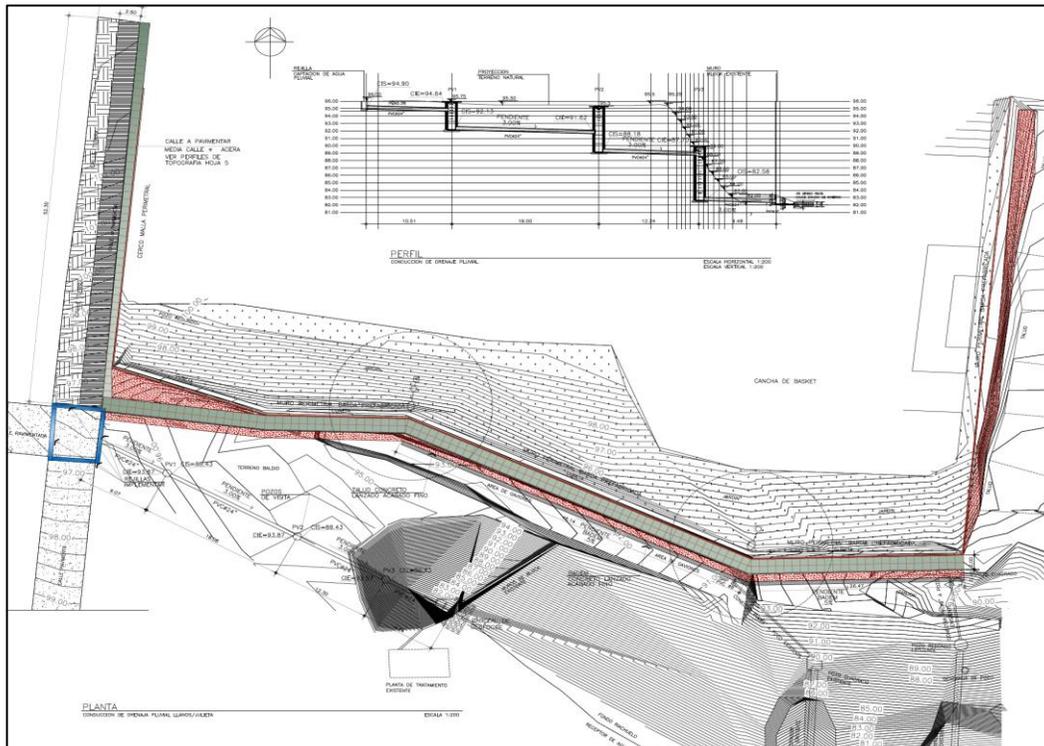
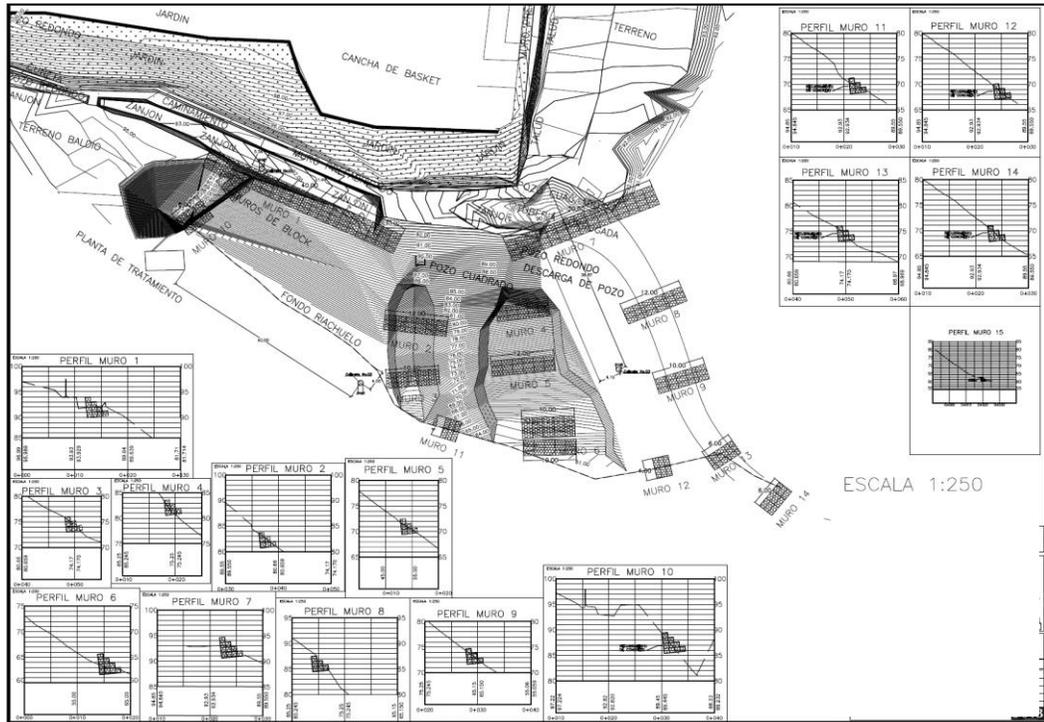
El dibujo de planos consiste en plasmar en papel el resultado de todos los cálculos efectuados por los profesionales en cada área, combinado con el criterio arquitectónico, el cual les da forma final a los proyectos. En el anexo 1 se puede observar los planos principales del proyecto. Los mismos dan una idea clara de los conceptos que se diseñaron; cuentan con los detalles necesarios para evitar cualquier confusión del contratista y así evitar costos adicionales que no se hubieran tomado en cuenta en el momento de la elaboración del presupuesto.

El énfasis en trabajar e invertir en las etapas iniciales del proyecto asignando más recursos, facilita que al final estos se minimicen.

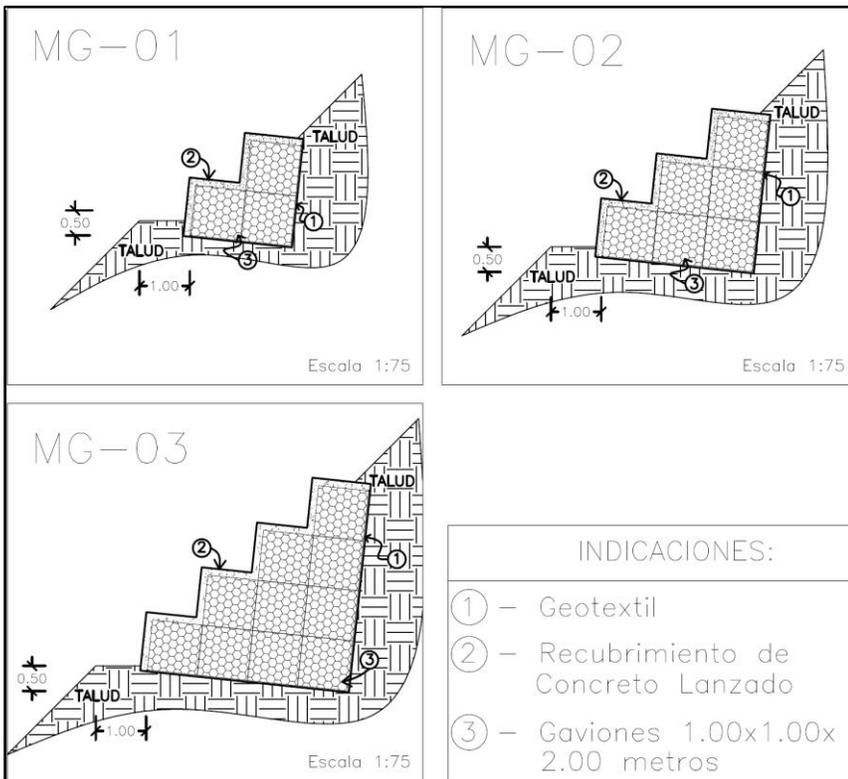
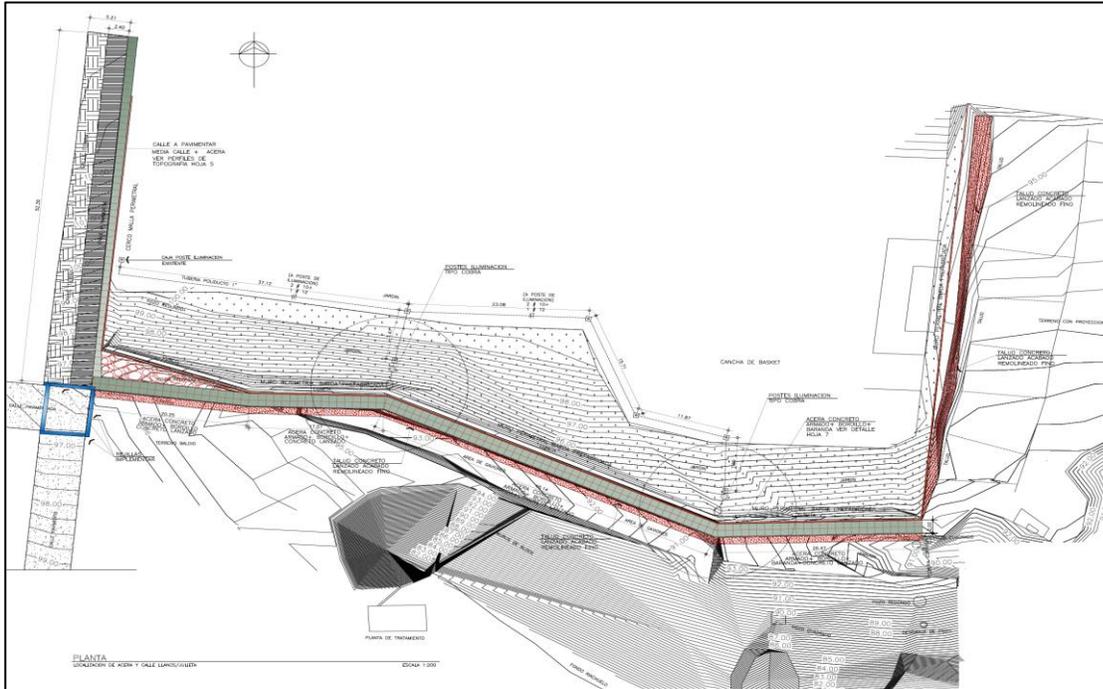
Figura 21. Propuesta para el diseño del proyecto



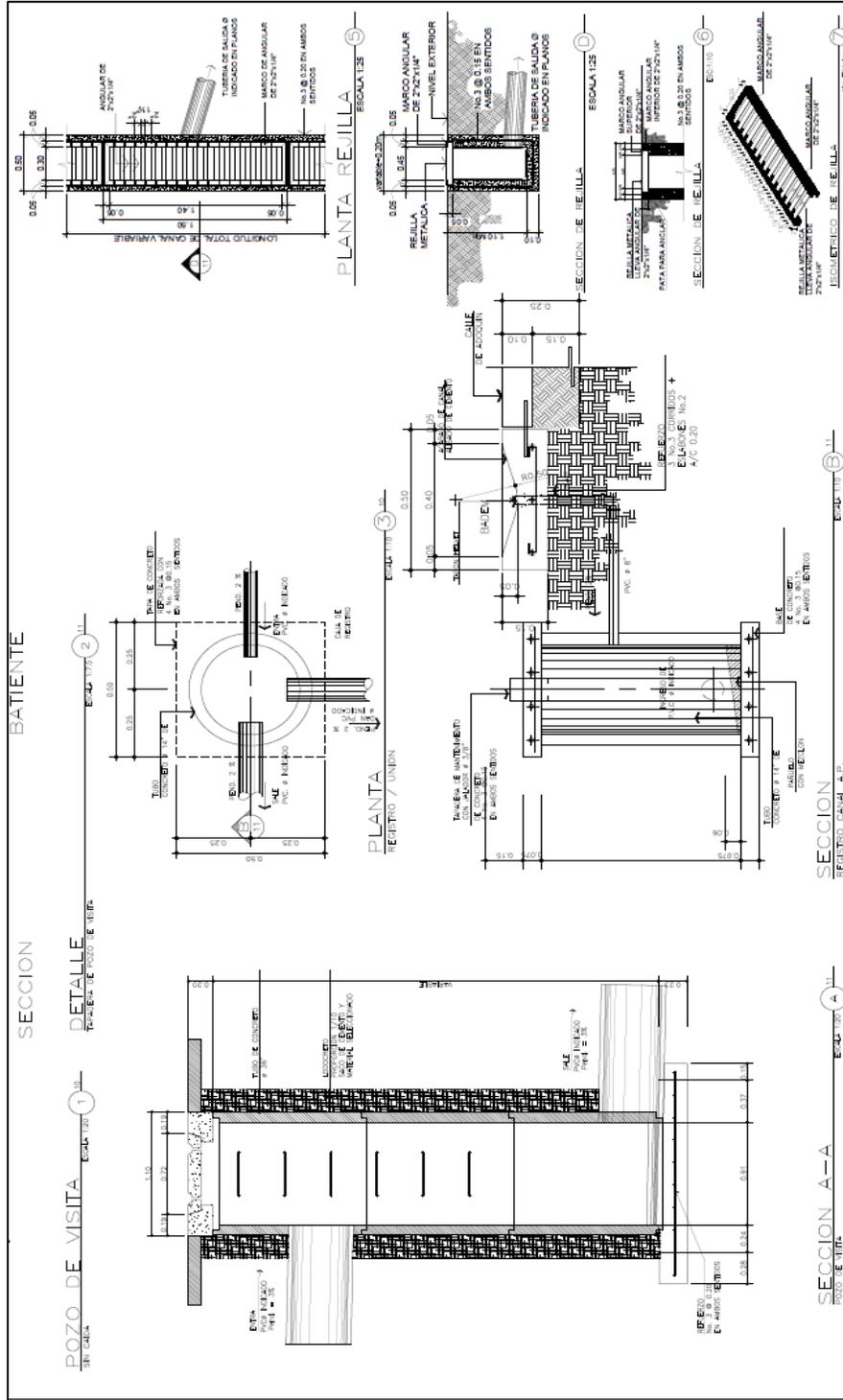
Continuación figura 21.



Continuación figura 21.

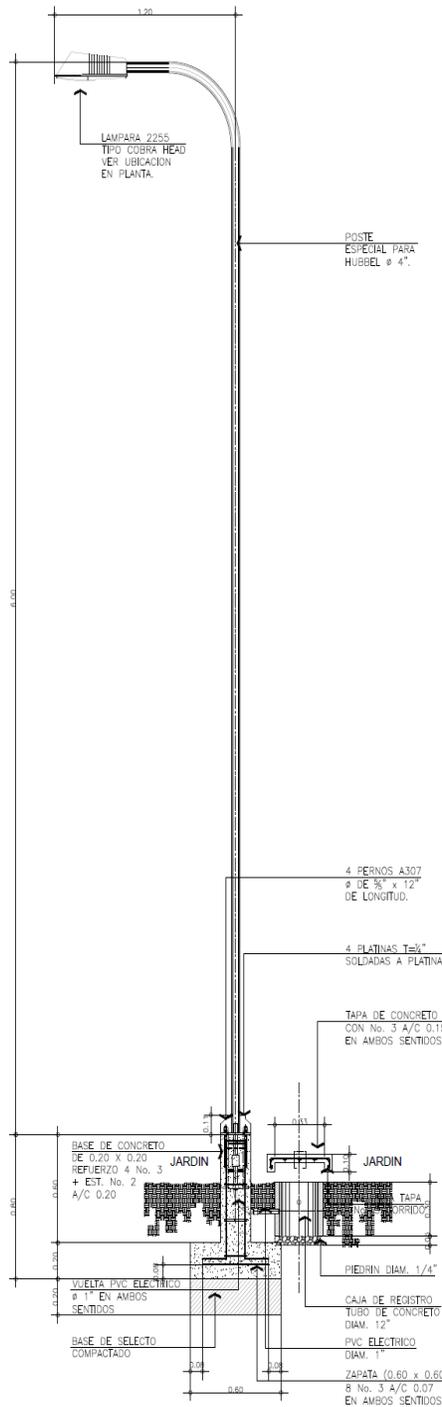


Continuación figura 21.

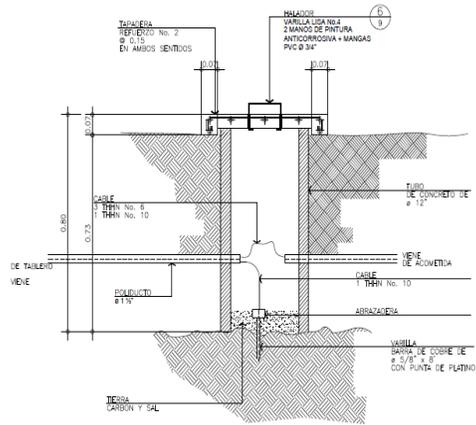




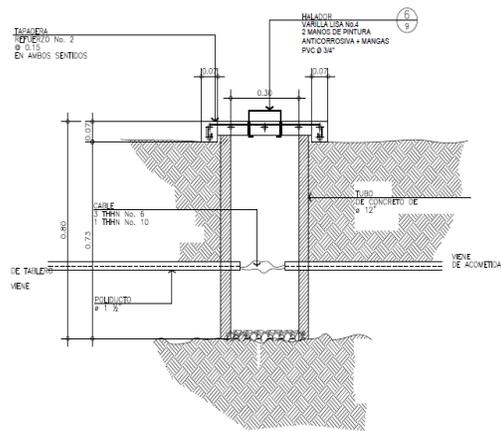
Continuación figura 21.



DETALLE  
LAMPARAS DE JARDIN + CAJA DE REGISTRO  
ESCALA 1:10

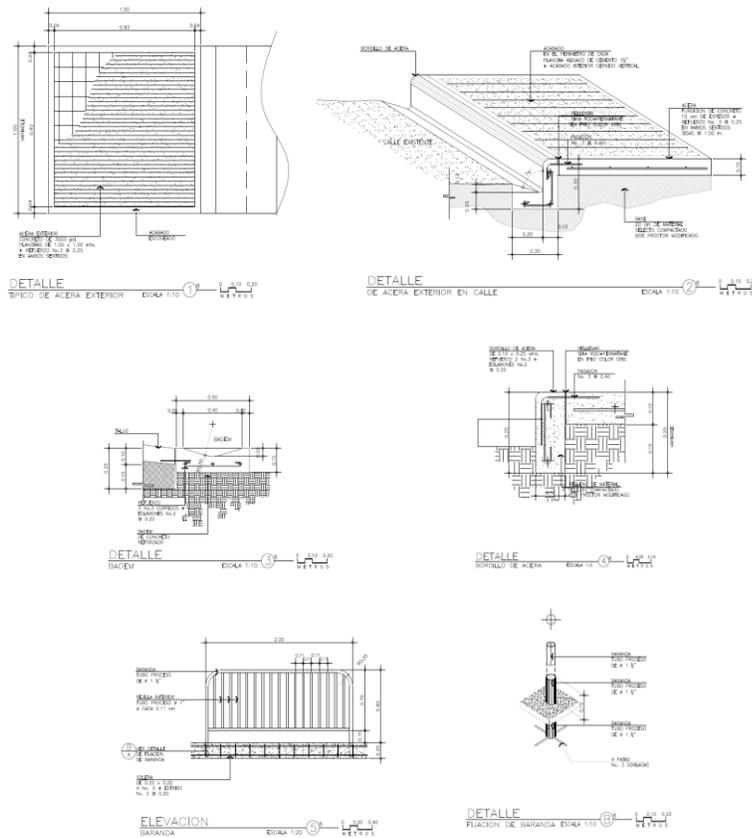


DETALLE  
CAJA DE POLO A TIERRA  
ESCALA 1:20



DETALLE  
CAJA DE REGISTRO ELECTRICO  
ESCALA 1:10

Continuación figura 21.



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2013.

#### 4.1.3.2. Presupuesto base

Elaborar un presupuesto base es fundamental para trabajar correctamente, este se elabora cuantificando cada uno de los materiales que se han especificado, también se calcula el recurso humano que ejecuta cada uno de los renglones del trabajo. Los otros recursos, como la maquinaria, herramienta y otros que se utilizan para llevar a cabo la ejecución del proyecto deben tomarse en cuenta en el presupuesto. También se debe considerar los

costos indirectos y administrativos que una constructora tendría en el momento de ejecutar el proyecto, entre ellos sus factores de ganancia, impuestos, prestaciones, entre otros.

El presupuesto base tiene como objetivo brindar información necesaria para calcular todo el proyecto de construcción.

Luego de elaborado el presupuesto, este se integra a un catálogo de renglones por tarea, de tal forma que todos pueden resumirse por actividades.

Este mismo catálogo ayuda para que en el momento de la licitación los contratistas puedan ingresar allí sus precios y de esa manera tener un comparativo por actividad. Debido a que se sigue la metodología del PMI, no importa de qué sector sea el cotizante (privado o público), siempre debe ajustarse al modelo que estipula licitar.

Tabla VII. Presupuesto base

| CUADRO DE RENGLONES DE TRABAJO<br>PROTECCION DE MUROS CON GAVIONES<br>IGLESIA LLANOS DE SANTA MARIA, SAN PEDRO AYAMPUC |  |                |                   |                 |                    |            |
|--|--|----------------|-------------------|-----------------|--------------------|------------|
| Oferente   |  |                |                   | Teléfono        |                    |            |
| Dirección  |  |                |                   |                 |                    |            |
| No. DEL RENGLÓN  | NOMBRE DEL RENGLÓN   | UNIDAD         | CANTIDAD ESTIMADA | PRECIO UNITARIO | PRECIO DEL RENGLÓN | SUBTOTALES |
| <b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>   |  |                |                   |                 |                    |            |
| 1  | Trazo y Nivelación   | Global         | 1.00              |                 |                    |            |
| 2  | Relleno para ampliación de calle de 2.00m de ancho         | m3             | 755.00            |                 |                    |            |
| 3  | Cuneta revestida lateral a la calle, incluye desfogues     | ml             | 110.00            |                 |                    |            |
| 4  | Pavimentación con adoquín tráfico pesado (opcional)        | m <sup>2</sup> | 220.00            |                 |                    |            |
| 5  | Pavimentación con concreto e=0.10 (opcional)               | m <sup>2</sup> | 220.00            |                 |                    |            |
| <b>MURO No. 1</b>  |  |                |                   |                 |                    |            |
| L=44.00 m, B=4.00m H=4.00 m  |  |                |                   |                 |                    |            |
| 1  | Trazo y nivelación   | Global         | 1.00              |                 |                    |            |
| 2  | Excavación para cimentación de muro h=1.00 m; a=4.00 m     | m3             | 176.00            |                 |                    |            |
| 3  | Gavión Caja 2X1X1 zincado pesado + relleno detrás del muro | m3             | 484.00            |                 |                    |            |
| 4  | Limpieza final y tallado de taludes                        | Global         | 1.00              |                 |                    |            |
| <b>MURO No. 2</b>  |  |                |                   |                 |                    |            |
| L=12.00 m, B=3.00m H=3.00 m  |  |                |                   |                 |                    |            |
| 1  | Trazo y nivelación   | Global         | 1.00              |                 |                    |            |
| 2  | Excavación para cimentación de muro h=1.00 m; a=3.00 m     | m3             | 36.00             |                 |                    |            |
| 3  | Gavión Caja 2X1X1 zincado pesado + relleno detrás del muro | m3             | 81.00             |                 |                    |            |
| 4  | Limpieza final y tallado de taludes                        | Global         | 1.00              |                 |                    |            |
| <b>MURO No. 3</b>  |  |                |                   |                 |                    |            |
| L=10.00 m, B=3.00m H=3.00 m  |  |                |                   |                 |                    |            |
| 1  | Trazo y nivelación   | Global         | 1.00              |                 |                    |            |
| 2  | Excavación para cimentación de muro h=1.00 m; a=3.00 m     | m3             | 30.00             |                 |                    |            |
| 3  | Gavión Caja 2X1X1 zincado pesado + relleno detrás del muro | m3             | 67.50             |                 |                    |            |
| 4  | Limpieza final y tallado de taludes                        | Global         | 1.00              |                 |                    |            |
| <b>MURO No. 4</b>  |  |                |                   |                 |                    |            |
| L=16.00 m, B=3.00m H=3.00 m  |  |                |                   |                 |                    |            |
| 1  | Trazo y nivelación   | Global         | 1.00              |                 |                    |            |
| 2  | Excavación para cimentación de muro h=1.00 m; a=3.00 m     | m3             | 48.00             |                 |                    |            |
| 3  | Gavión Caja 2X1X1 zincado pesado + relleno detrás del muro | m3             | 108.00            |                 |                    |            |
| 4  | Limpieza final y tallado de taludes                        | Global         | 1.00              |                 |                    |            |

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Continuación tabla VII.

| <p style="text-align: center;"><b>CUADRO DE RENGLONES DE TRABAJO</b><br/> <b>PROTECCION DE MUROS CON GAVIONES</b><br/> <b>IGLESIA LLANOS DE SANTA MARIA, SAN PEDRO AYAMPUC</b></p> |  |                |                   |                 |                    |            |
|--|--|----------------|-------------------|-----------------|--------------------|------------|
| Ofrente _____  |  | Teléfono _____ |                   |                 |                    |            |
| Dirección _____  |  |                |                   |                 |                    |            |
| No. DEL RENGLÓN  | NOMBRE DEL RENGLÓN   | UNIDAD         | CANTIDAD ESTIMADA | PRECIO UNITARIO | PRECIO DEL RENGLÓN | SUBTOTALES |
| <b>MURO No. 5</b>  |  |                |                   |                 |                    |            |
| L=18.00 m, B=3.00m H=3.00 m  |  |                |                   |                 |                    |            |
| 1  | Trazo y nivelación   | Global         | 1.00              |                 |                    |            |
| 2  | Excavación para cimentación de muro h=1.00 m; a=3.00 m     | m3             | 54.00             |                 |                    |            |
| 3  | Gavión Caja 2X1X1 zincado pesado + relleno detrás del muro | m3             | 121.50            |                 |                    |            |
| 4  | Limpeza final y tallado de taludes                         | Global         | 1.00              |                 |                    |            |
| <b>MURO No. 6</b>  |  |                |                   |                 |                    |            |
| L=26.00 m, B=3.00m H=3.00 m  |  |                |                   |                 |                    |            |
| 1  | Trazo y nivelación   | Global         | 1.00              |                 |                    |            |
| 2  | Excavación para cimentación de muro h=1.00 m; a=3.00 m     | m3             | 78.00             |                 |                    |            |
| 3  | Gavión Caja 2X1X1 zincado pesado + relleno detrás del muro | m3             | 175.50            |                 |                    |            |
| 4  | Limpeza final y tallado de taludes                         | Global         | 1.00              |                 |                    |            |
| <b>MURO No. 7</b>  |  |                |                   |                 |                    |            |
| L=30.00 m, B=4.00m H=4.00 m  |  |                |                   |                 |                    |            |
| 1  | Trazo y nivelación   | Global         | 1.00              |                 |                    |            |
| 2  | Excavación para cimentación de muro h=1.00 m; a=3.00 m     | m3             | 120.00            |                 |                    |            |
| 3  | Gavión Caja 2X1X1 zincado pesado + relleno detrás del muro | m3             | 330.00            |                 |                    |            |
| 4  | Limpeza final y tallado de taludes                         | Global         | 1.00              |                 |                    |            |
| <b>MURO No. 8</b>  |  |                |                   |                 |                    |            |
| L=12.00 m, B=3.00m H=3.00 m  |  |                |                   |                 |                    |            |
| 1  | Trazo y nivelación   | Global         | 1.00              |                 |                    |            |
| 2  | Excavación para cimentación de muro h=1.00 m; a=3.00 m     | m3             | 36.00             |                 |                    |            |
| 3  | Gavión Caja 2X1X1 zincado pesado + relleno detrás del muro | m3             | 81.00             |                 |                    |            |
| 4  | Limpeza final y tallado de taludes                         | Global         | 1.00              |                 |                    |            |
| <b>MURO No. 9</b>  |  |                |                   |                 |                    |            |
| L=10.00 m, B=3.00m H=3.00 m  |  |                |                   |                 |                    |            |
| 1  | Trazo y nivelación   | Global         | 1.00              |                 |                    |            |
| 2  | Excavación para cimentación de muro h=1.00 m; a=3.00 m     | m3             | 30.00             |                 |                    |            |
| 3  | Gavión Caja 2X1X1 zincado pesado + relleno detrás del muro | m3             | 67.50             |                 |                    |            |
| 4  | Limpeza final y tallado de taludes                         | Global         | 1.00              |                 |                    |            |

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Continuación tabla VII.

| <p style="text-align: center;"><b>CUADRO DE RENGLONES DE TRABAJO</b><br/> <b>PROTECCION DE MUROS CON GAVIONES</b><br/> <b>IGLESIA LLANOS DE SANTA MARIA, SAN PEDRO AYAMPUC</b></p> |  |        |                   |                 |                    |            |
|--|--|--------|-------------------|-----------------|--------------------|------------|
| Oferente _____   |  |        |                   | Teléfono _____  |                    |            |
| Dirección _____  |  |        |                   |                 |                    |            |
| No. DEL RENGLÓN  | NOMBRE DEL RENGLÓN   | UNIDAD | CANTIDAD ESTIMADA | PRECIO UNITARIO | PRECIO DEL RENGLÓN | SUBTOTALES |
| <b>MURO No. 10</b>   |  |        |                   |                 |                    |            |
| L=6.00 m, B=4.00m H=4.00 m   |  |        |                   |                 |                    |            |
| 1  | Trazo y nivelación   | Global | 1.00              |                 |                    |            |
| 2  | Excavación para cimentación de muro h=1.00 m; a=3.00 m     | m3     | 24.00             |                 |                    |            |
| 3  | Gavión Caja 2X1X1 zincado pesado + relleno detrás del muro | m3     | 66.00             |                 |                    |            |
| 4  | Limpieza final y tallado de taludes                        | Global | 1.00              |                 |                    |            |
| 5  | Base de concreto t=0.10m                                   | m3     | 2.40              |                 |                    |            |
| 6  | Recubrimiento de concreto t=0.12m                          | m3     | 9.20              |                 |                    |            |
| <b>MURO No. 11</b>   |  |        |                   |                 |                    |            |
| L=4.00 m, B=3.00m H=3.00 m   |  |        |                   |                 |                    |            |
| 1  | Trazo y nivelación   | Global | 1.00              |                 |                    |            |
| 2  | Excavación para cimentación de muro h=1.00 m; a=3.00 m     | m3     | 12.00             |                 |                    |            |
| 3  | Gavión Caja 2X1X1 zincado pesado + relleno detrás del muro | m3     | 27.00             |                 |                    |            |
| 4  | Limpieza final y tallado de taludes                        | Global | 1.00              |                 |                    |            |
| 5  | Base de concreto t=0.10m                                   | m3     | 1.80              |                 |                    |            |
| 6  | Recubrimiento de concreto t=0.12m                          | m3     | 6.60              |                 |                    |            |
| <b>MURO No. 12</b>   |  |        |                   |                 |                    |            |
| L=4.00 m, B=3.00m H=3.00 m   |  |        |                   |                 |                    |            |
| 1  | Trazo y nivelación   | Global | 1.00              |                 |                    |            |
| 2  | Excavación para cimentación de muro h=1.00 m; a=3.00 m     | m3     | 12.00             |                 |                    |            |
| 3  | Gavión Caja 2X1X1 zincado pesado + relleno detrás del muro | m3     | 27.00             |                 |                    |            |
| 4  | Limpieza final y tallado de taludes                        | Global | 1.00              |                 |                    |            |
| 5  | Base de concreto t=0.10m                                   | m3     | 1.20              |                 |                    |            |
| 6  | Recubrimiento de concreto t=0.12m                          | m3     | 4.80              |                 |                    |            |
| <b>MURO No. 13</b>   |  |        |                   |                 |                    |            |
| L=6.00 m, B=3.00m H=3.00 m   |  |        |                   |                 |                    |            |
| 1  | Trazo y nivelación   | Global | 1.00              |                 |                    |            |
| 2  | Excavación para cimentación de muro h=1.00 m; a=3.00 m     | m3     | 18.00             |                 |                    |            |
| 3  | Gavión Caja 2X1X1 zincado pesado + relleno detrás del muro | m3     | 40.50             |                 |                    |            |
| 4  | Limpieza final y tallado de taludes                        | Global | 1.00              |                 |                    |            |
| 5  | Base de concreto t=0.10m                                   | m3     | 1.20              |                 |                    |            |
| 6  | Recubrimiento de concreto t=0.12m                          | m3     | 4.80              |                 |                    |            |

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

- **Presupuesto de inversión**

La metodología del PMI establece que el presupuesto de inversión está integrado por la oferta del contratista más los gastos adicionales en que se

incurrirá. Con este dato se apartan los fondos para poder ejecutar físicamente el proyecto en las fechas planeadas.

- **Presupuesto de operación y funcionamiento**

Este presupuesto consiste en estimación de los gastos que se tendrán luego de entregado el proyecto para mantenerlo adecuadamente en operación y funcionamiento.

En este caso específico, en el momento de establecer contacto con autoridades municipales, se acordó que la comuna es la encargada de dar mantenimiento a los elementos que lo necesiten: limpieza de tuberías de captación de agua pluvial, pintura de barandas, limpieza del caminamiento, chapeo en barranco, etc., tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla VIII. **Mantenimiento sugerido**

| <b>Actividad</b>               | <b>Temporalidad</b> | <b>Presupuesto estimado</b> |
|--------------------------------|---------------------|-----------------------------|
| Chapeo                         | Cada 6 meses        | Q. 1000. <sup>00</sup>      |
| Limpieza de canales            | Cada seis meses     | Q. 1200. <sup>00</sup>      |
| Pintura de elementos metálicos | Cada 5 años         | Q. 10 000. <sup>00</sup>    |
| Reemplazo de luminarias        | Cada 3 años         | Q. 3 500. <sup>00</sup>     |
| Restitución de taludes         | Anual               | Q. 4 000. <sup>00</sup>     |
| Reforestación para estabilizar | Anual               | 2 000. <sup>00</sup>        |

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

#### **4.1.3.3. Especificaciones técnicas**

Dado que se sigue la metodología del PMI, y aunque la actividad se desarrolla en el sector privado, para poder obtener un proyecto de alta calidad, es necesario especificar el detalle de todos los requerimientos técnicos que se solicitan en el momento de la licitación. Esto es sumamente importante ya que en el mercado se encuentran materiales de todas clases y calidades y si esto no se especificara, el contratista estaría libre de comprar lo más conveniente por funcionalidad, economía u otros factores externos obviando la calidad.

Dentro de las características y factores más importantes se encuentran porcentajes de compactación permisibles, la resistencia del concreto a utilizar, el grado del acero, tipo de gaviones, especificaciones de buenas prácticas constructivas y otros.

#### **4.1.3.4. Disposiciones especiales**

Se prepara una agenda con disposiciones especiales, con reglamentación para los trabajadores, condiciones especiales con relación a la forma de proceder de la empresa en las etapas del proyecto.

#### **4.1.3.5. Bases de licitación**

Como se ha explicado anteriormente, el PMI contempla que todo proyecto público o privado debe licitarse; por lo que las bases se preparan considerando requisitos tales como:

- El oferente debe leer las instrucciones de licitación, planos, especificaciones técnicas, contrato y todo documento que tenga que ver con la licitación y se

hace responsable de cualquier omisión que tenga en su oferta por falta de la lectura de los documentos.

- Lugar y hora de entrega de documentos a los participantes
- Indicaciones sobre entrega de dudas por parte de los oferentes y sus respuestas, previo a la apertura de placas.
- Indicaciones sobre día y hora en que el contratista debe hacer la visita al lugar del proyecto y persona con quien debe coordinar.
- Tiempo máximo sugerido (según programación de ruta crítica)
- Solicitud de constancia por parte del contratista en donde indica que ha leído cada uno de los documentos de construcción del proyecto.
- Indicaciones sobre el tipo de contrato cerrado, el contratista debe incluir todos los renglones en el catálogo de renglones proporcionado y él es responsable si tiene alguna omisión en el mismo.
- Información sobre fianzas, tales como sostenimiento de oferta, cumplimiento de contrato, conservación de obra y saldo deudores.
- Instrucciones sobre cómo debe prepararse la oferta y que documentos deben acompañarla.
- Aclaración sobre los parámetros que se utilizarán para adjudicar el contrato; como por ejemplo costo más bajo, menor tiempo etc.; además se les explica que el oferente tiene el derecho de escoger a quien se considere más apropiado.
- Lugar, hora y fecha de apertura de ofertas, parámetros de puntualidad.

#### **4.1.3.6. Planificación del proyecto (CPM)**

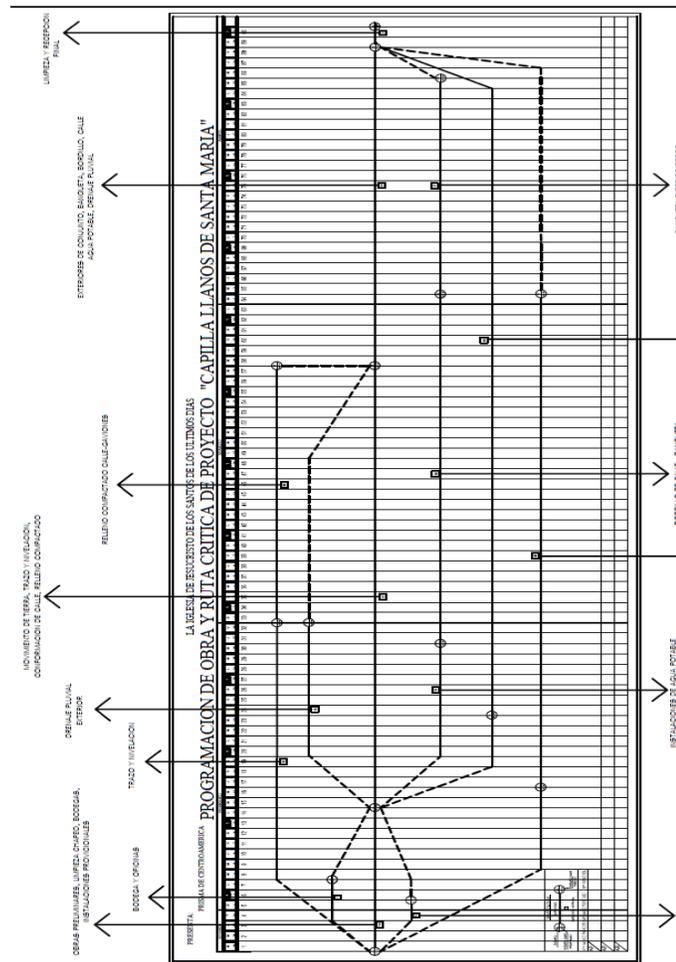
Para gestionar el tiempo de ejecución del proyecto se toman en cuenta los siguientes aspectos:

- Definición de actividades
- Establecer la secuencia de las actividades
- Establecer los recursos que se utilizarán para llevar a cabo las actividades previamente identificadas

Con base a los recursos identificados se establece los tiempos de cada actividad

Se desarrolla el cronograma en Project y CPM para el seguimiento de la ruta crítica:

Figura 22. Planificador del proyecto



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2013.

#### 4.1.4. Revisión final de documentos y permisos

El último paso del proceso de desarrollo se lleva a cabo evaluando los documentos finales y obteniendo los permisos respectivos para poder ejecutar el proyecto. En este caso particular, el proyecto fue diseñado, ejecutado y

evaluado entre los años 2013 a 2014, necesitándose únicamente los permisos municipales.

#### **4.1.4.1. Obtener permisos de construcción**

Como se menciona con anterioridad, el equipo del proyecto también estaba conformado por personeros de la municipalidad, por lo que el acercamiento con dichas autoridades tuvo como fin la obtención de los permisos respectivos para la ejecución del proyecto, en la siguiente figura se observan los documentos que certifican dichos permisos.

Figura 23. Permisos de construcción



Municipalidad de San Pedro Ayampuc  
Departamento de Guatemala.  
Teléfonos: 6640 -1180 • 6640 -1380  
Email: munispa@yahoo.com

San Pedro Ayampuc, 27 de enero de 2014.

Señor  
Wilber Adrian Barrios Rodríguez,  
Representante Legal de Iglesia de JESUCRISTO  
DE LOS SANTOS DE LOS ULTIMOS DIAS,  
Presente.

Atentamente me permito hacer de su conocimiento que este Despacho AUTORIZA la Licencia de Construcción de ESTABILIZACION DE TALUDES Y PAVIMENTACION PARA MEJORAMIENTO DE LA CALLE COLINDANTE A LA IGLESIA ubicada en colonia Julieta de este municipio, la cual represente su persona, y que se realizará de conformidad con la planificación presentada a la Municipalidad, para cuyo efecto el Honorable Concejo Municipal exoneró el pago de arbitrio municipal por construcción lo cual consta en el punto TERCERO del acta 02-2014 de fecha diecisiete de enero de dos mil catorce, sesión celebrada por el Concejo Municipal, por tratarse de una obra religiosa y que contribuye al mejoramiento del ornato de la comunidad de colonia Julieta.

Y, para que la presente le sirva de legal licencia de construcción, queda debidamente notificado de la misma, debiendo dar aviso a la Oficina de Servicios Públicos de la fecha de inicio y finalización del proyecto.

Sin otro particular, quedo de usted, su atento servidor.

ROBERTO AMPARO AQUINO CATALAN

ALCALDE MUNICIPAL



POR UNA MUNICIPALIDAD MODERNA AL SERVICIO DEL VECINO

Fuente: elaboración propia.

#### **4.1.4.2. Revisar tiempo y costo del proyecto según diseño**

Es importante considerar los tres aspectos que se administraron en la etapa del diseño. El evaluar el tiempo, permite dar parámetros reales en el momento de la licitación, saber que recursos se necesitarían para ese determinado tiempo al igual que prever las necesidades que tendrían los vecinos al no tener acceso al camino durante esta etapa.

Evaluar la calidad permite minimizar al máximo las posibles ordenes de cambio que aparecen cuando este está incompleto y sin detalles necesarios, también facilita el trabajo del constructor. Y, por último, la evaluación del costo del proyecto, al final permitió establecer si estaba dentro de los parámetros establecidos en el presupuesto de inversión, en esta etapa, si fuera necesario se puede bajar el alcance del proyecto para ceñirse al presupuesto.

### **4.2. Proceso de construcción**

A continuación, se describe el proceso de construcción.

#### **4.2.1. Inicio del proyecto**

La necesidad del proyecto se pudo confirmar de nuevo, solo hubo algunos ajustes a los detalles constructivos en cierta parte, porque en el invierno anterior hubo un poco de más erosión que la contemplada en el inicio del proceso de desarrollo; por lo demás, todos los documentos para la construcción elaborados en la etapa de desarrollo eran útiles y estaban listos para convertirse en una guía en lo que restaba del proyecto.

Los fondos por utilizar ya estaban solicitados y se contaba con el presupuesto previamente establecido. El sitio previo a la construcción se encontraba como se ve en las imágenes.

Figura 24. **Estilo previo a la construcción**



Continuación figura 24.



Fuente: elaboración propia.

#### **4.2.1.1. Licitación del proyecto**

El proceso de licitación se llevó a cabo ejecutando los siguientes pasos:

- Revisión de empresas precalificadas técnica y financieramente para la ejecución del proyecto.
- Entrega de cartas de invitación a la licitación privada a las empresas seleccionadas.
- Recepción de cartas firmadas de aceptación de participación por los representantes legales de las empresas.
- Entrega de bases de licitación, agenda de disposiciones especiales, copia de contrato a utilizar, planos, especificaciones técnicas, calendario de actividades para licitación.
- Visita por contratistas al predio del proyecto
- Recepción de dudas por parte de contratistas
- Entrega de resolución de dudas (estas forman parte de los documentos de construcción).
- Apertura de ofertas con una licitación privada de la cual se obtuvo las siguientes ofertas.

Figura 25. Acta de licitación

| <b>ACTA DE LICITACION PRIVADA</b> |                       |                       |   |       |                |                    |                |
|-----------------------------------|-----------------------|-----------------------|---|-------|----------------|--------------------|----------------|
|                                   |                       | <b>PROYECTO:</b>      | <u>Lotificacion La Julieta, San Pedro Ayampuc</u> |       |                |                    |                |
|                                   |                       | <b>FECHA:</b>         | _____   |       |                |                    |                |
|                                   |                       | <b>HORA:</b>          | _____   |       |                |                    |                |
| No.                               | COMPAÑIA CONSTRUCTORA | DEVOLUCION DOCUMENTOS | FIANZA  |       | TIEMPO EN DIAS | MONTO DE LA OFERTA |                |
|                                   |                       |                       | CASA  | MONTO |                |                    |                |
| 1                                 | A                     | SI                    | EL ROBLE  | Q     | 350,000.00     | 90                 | Q 2,339,803.67 |
| 2                                 | B                     | SI                    | G&T   | Q     | 350,000.00     | 90                 | Q 2,873,956.85 |
| 3                                 | C                     | SI                    | EL ROBLE  | Q     | 350,000.00     | 90                 | Q 2,250,000.00 |
| 4                                 |                       |                       |   |       |                |                    |                |
| 5                                 |                       |                       |   |       |                |                    |                |
| 6                                 |                       |                       |   |       |                |                    |                |
| 7                                 |                       |                       |   |       |                |                    |                |
| 8                                 |                       |                       |   |       |                |                    |                |
| 9                                 | Base                  |                       |   |       |                |                    | Q 2,470,009.21 |

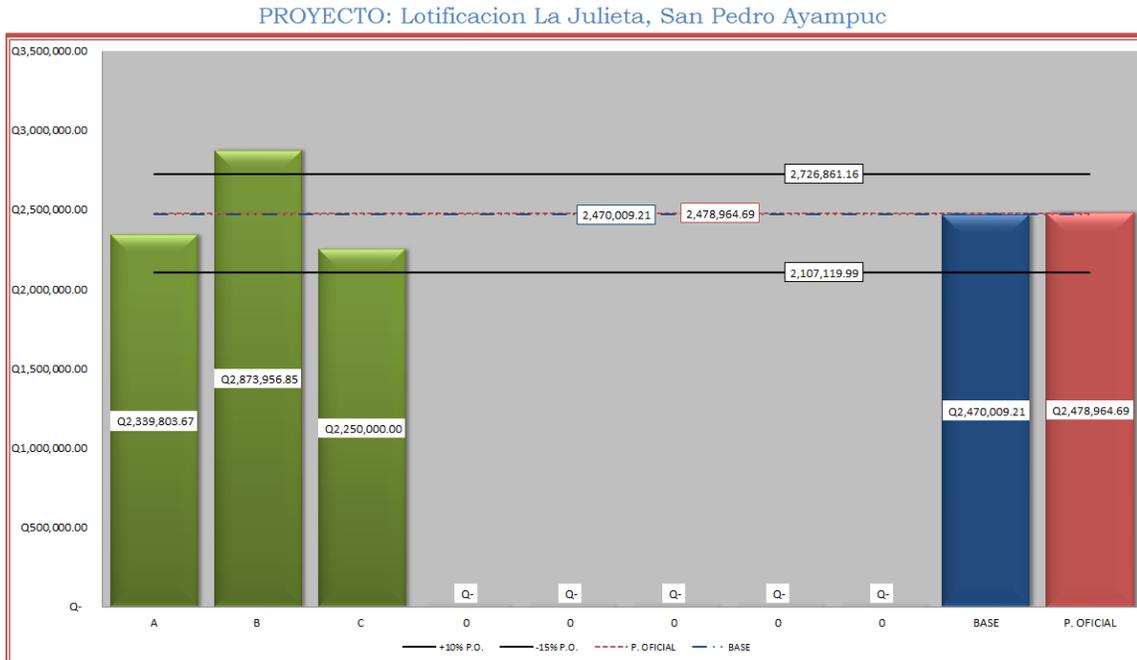
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word.

#### 4.2.1.2. Adjudicación

Luego de la apertura de ofertas, se analiza renglón por renglón para evitar omisiones significativas, errores de cuantificación y otros. Se lleva a cabo un análisis de franjas donde se determina al ganador, en la siguiente figura se observa la gráfica que muestra los parámetros de la franja utilizada, donde el precio oficial se calcula promediando las ofertas que están dentro del más o menos 25 % del presupuesto base, dividiendo este promedio dentro de dos y sumándolo a la mitad del presupuesto base previamente establecido y analizado en el proceso de desarrollo.

Luego de eso se estipula un 10% para el límite superior y un - 15 % para el límite inferior. Si las ofertas están fuera de esta franja no son tomadas en cuenta.

Figura 26. Adjudicación



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Para la elaboración final del presupuesto del proyecto se tomó en cuenta el precio del contratista ganador más algunos gastos adicionales tales como supervisión, laboratorios de control de calidad, materiales adicionales, gastos legales, inflación proyectada, etc. Teniendo como resultado un presupuesto final el cual se considera como el precio total del proyecto.

Luego de las aprobaciones pertinentes del presupuesto, contratista y concepto por el cliente y altos ejecutivos de la inversión se prepararon dos cartas de agradecimiento para las empresas que no salieron favorecidas y una carta de adjudicación como la que se muestra en la figura para la empresa ganadora.

Figura 27. **Carta de adjudicación**

Guatemala, 12 de Diciembre de 2013.

Sr.

C

Ing. XXXXXX.

Ciudad Guatemala.

Respetable Ing. XXXX

Le comunicamos que la Iglesia ha decidido adjudicarle a **XXXXXXX** la construcción del Proyecto No. XXXXXXXXXXXX, Llanos de Santa Maria; Lotificación Enriqueta carretera a San Pedro Ayampuc, San Pedro Ayampuc por la cantidad de dos millones doscientos cincuenta mil con 00/100. (Q 2,250,000.00). Dicho proyecto deberá ser ejecutado en un tiempo de 90 días calendario, de acuerdo a su oferta presentada el 06 de diciembre 2013.

Las condiciones contractuales son las mismas que se establecieron en las bases de licitación de las cuales usted ya tiene conocimiento. Sírvase poner en contacto con el XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX y para proporcionarle los datos requeridos para la elaboración del contrato. Estimamos que el mismo estará listo el 16 de Diciembre de 2013, para que se sirva pasar a las Oficinas de área de la Iglesia ubicadas en la XXXXXXXXXXXX a firmarlo. En cuanto obtenga la fianza de cumplimiento de contrato, los dos seguros, CPM (Gantt red de ruta crítica) programa detallado de la inversión del proyecto, sírvase presentarlos a estas oficinas conjuntamente para poder dar inicio al proyecto.

Para la fecha de inicio favor comunicarse con XXXXXXXXXXXXXXXX quien es el representante de la Supervisora XXXXXXXX

Atentamente,

---

Project Manager

Fuente: elaboración propia.

Al tener el contrato firmado se esperó hasta que el contratista obtuvo la fianza de cumplimiento de contrato por un 10% del valor de la obra, fianza de saldos deudores por un 5 % del valor de la obra, con un tiempo de duración

igual al de ejecución del proyecto y los seguros tipo CAR (contra todo riesgo) por un 100% del valor del contrato y seguros contra accidentes personales con una cobertura de Q10,000 por persona afectada; a esto se le añade el seguro social que por ley se debe tener en cada proyecto.

Todas estas fianzas y seguros se solicitaban en las bases de licitación para poder iniciar la obra, esto es de suma importancia para que se tenga menor riesgo en la etapa constructiva. Es de mucha importancia que un especialista pueda revisar las fianzas y pólizas de seguro para verificar que todas las coberturas que se solicitaron en el contrato.

#### **4.2.2. Administración de la construcción**

En los siguientes apartados se muestra el proceso de administración de la construcción.

##### **4.2.2.1. Reunión pre-construcción**

Se estableció una reunión pre-construcción con todos los clientes involucrados y el equipo de proyecto para mostrar el alcance del proyecto que fue aprobado, discutir sobre tiempos, medidas de seguridad a tomar por parte de vecinos, etc. Esta reunión fue muy importante, pues se sumó al equipo del proyecto el constructor, quien pudo aportar ideas que facilitarían la buena ejecución, así como también se le pudo explicar las expectativas que los clientes tenían del producto final. Esto ayudó a tener desde el inicio una buena gestión en la comunicación.

#### 4.2.2.2. Manejo de órdenes de compra de materiales

En este caso, la mayoría de los materiales fueron suministrados por el contratista, por lo que él tuvo que cuidar sus materiales adecuadamente, suministrando una bodega adecuada para el almacenaje de los mismos.

En el interior de la bodega se almacena cemento, hierro, herramientas etc. Otros se almacenaron en el exterior, tales como el material selecto, piedra, arena, pedrín, mallas de gaviones y otros.

Figura 28. Manejo de materiales



Continuación figura 28.



Fuente: elaboración propia.

Para llevar el control de los materiales se debe considerar a un encargado, el cual debe llevar un registro de las entradas y salidas de los todos ellos.

#### **4.2.2.3. Administración del proyecto**

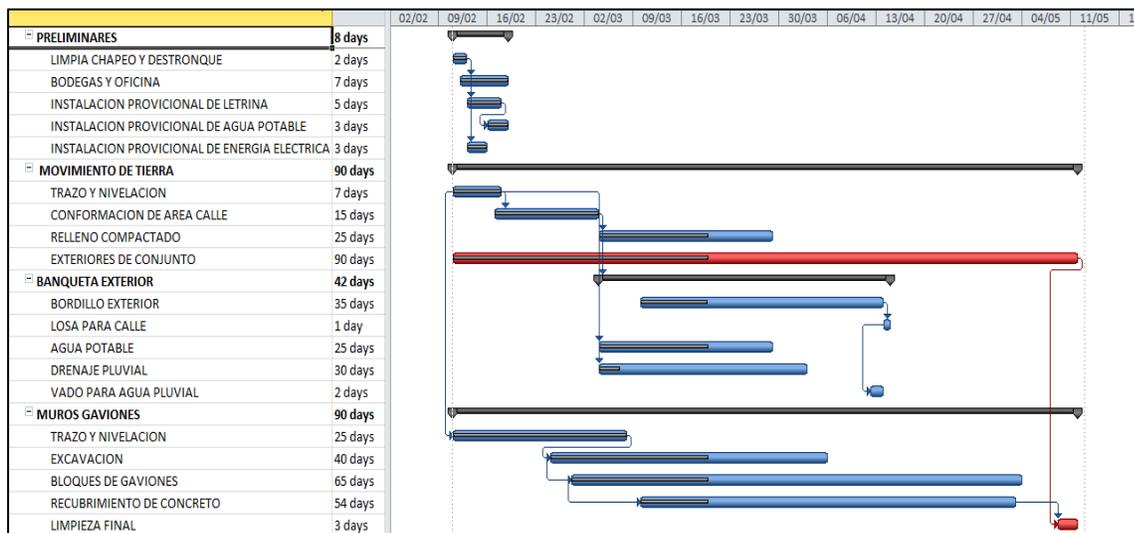
En el proceso de construcción, esta es la etapa a la que se suele tomar con más importancia; sin embargo, sin las otras que la complementan, podría concluirse el proyecto sin éxito. Básicamente es la administración del proyecto en ejecución y donde se gestionan los tiempos, costos y calidad para obtener el producto final tal como se planificó en el proceso de desarrollo.

- **Seguimiento de ruta crítica**

Como parte de la gestión del tiempo de ejecución o cronograma de obra, se monitorea el estado de las actividades planificadas en el proceso de desarrollo, se actualiza el avance con base en el real.

Para esto se utiliza una planificación en CPM para conocer las actividades de la ruta crítica y luego se desglosa en un diagrama de Gantt para tener más detalle de las actividades y los hitos más importantes.

Figura 29. **Seguimiento de ruta crítica**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Para llevar mejor los controles y disminuir los riesgos de atrasos a partir de la planificación general del proyecto se lleva a cabo una planificación mensual y semanal.

- **Planificación mensual**

En las reuniones mensuales de trabajo se discutió cuáles deben ser los avances según la programación general del siguiente mes; también, asuntos relacionados con la logística de los materiales que se necesitarían en obra en ese mes y la fecha en que se conseguirían. Básicamente esta planificación sirve para visualizar en qué fecha deben tenerse los recursos en obra para que no cause atrasos al proyecto por falta de estos.

- **Planificación semanal**

Como parte de la gestión del cronograma es importante actualizar continuamente las actividades y los avances que se tienen, así como también detectar cuales son las causas de los atrasos en las diferentes actividades. Para esto se lleva a cabo una planificación semanal, la cual está basada en las ideas de *Last Planner* (el último planificador), consiste en que el personal de campo debe ser quien se establezca metas y no se las imponga el personal de escritorio, quienes no conocen a profundidad la situación del proyecto, es decir, maestro de obras, encargado de movimiento de tierras, jefe de herreros, jefe de eléctricos y otros.

La forma en que se evalúan las metas semanales debe ser sencilla; por ejemplo, puntuar uno si la meta fue cumplida a cabalidad y cero si esta no se cumple, sin importar el porcentaje de avance. Este ejercicio funciona por la motivación que se dio a los trabajadores de tener metas reales pero que a la vez fueran desafiantes y que pudieran requerir de un esfuerzo adicional para poder cumplirlas.

En esta reunión semanal por cada meta no cumplida se evaluaba la razón por



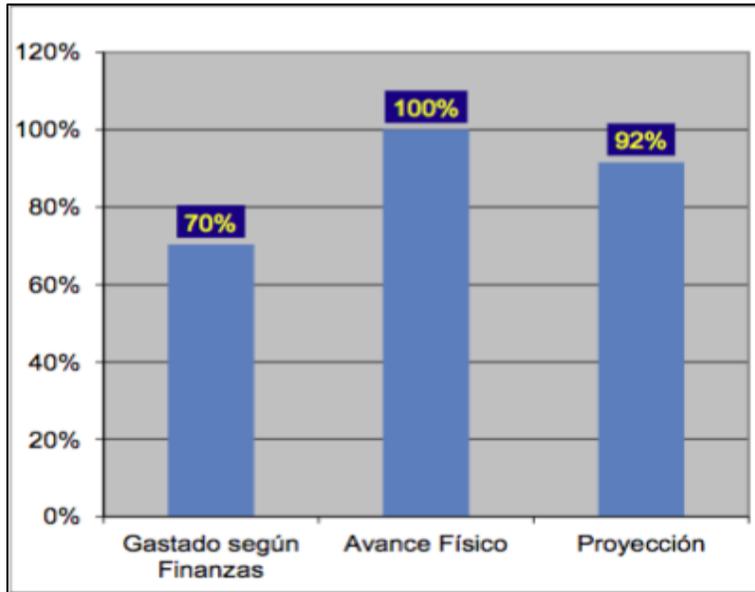
podido disminuir un poco el tiempo de ejecución si se hubiera planeado invertir en más recursos, tales como mejor maquinaria y mayor cantidad de personas, pero el contratista no lo vio conveniente para su empresa.

- **Control de costos**

Como parte de la gestión de costos, ya se había hecho un presupuesto base de ejecución, el cual fue la pauta para solicitar el definitivo; este fue confirmado y ajustado luego de tener los costos reales al momento de la adjudicación del proyecto y se le agregaron los gastos adicionales con los que se incurrirían. Siempre se mantuvo la idea de cuidar dichos fondos para evitar cualquier posibilidad de sobregiro, dado que esta es la esencia de una buena gestión: ajustarse a los parámetros contemplados en el presupuesto original.

El control de costos trabajado para este proyecto fue realizado tomando en cuenta el presupuesto aprobado como la bolsa del proyecto, restando cada uno de los compromisos adquiridos; como, por ejemplo: contrato de construcción, contrato de supervisión, contratos de diseño, pago de permisos, etc. También se le restan los gastos proyectados que no se han comprometido pero que se sabe se deben realizar y de esa manera se puede saber cuál es el saldo con el que se cuenta por si hubiera un cambio que represente un costo adicional. En la siguiente figura se aprecia el formato utilizado para el control de costos.

Figura 30. Control de costos



| CONTROL DE COSTOS                           |                      |             |
|---|----------------------|-------------|
| PROYECTO                                    | LOTIFICACION JULIETA |             |
| NUMERO                                      |                      |             |
| TIPO  | Muros de Contencion  |             |
| Mes   | xxxxxxxx             |             |
| Gastado según contabilidad                  |                      | 85%         |
| Avance Físico                               |                      | 90%         |
| Proyección                                  | Q2,538,000.00        | 92%         |
| PRESUPUESTO APROBADO                        | Q2,772,000.00        | 100%        |
| OTRAS APROBACIONES                          | Q0.00                |             |
| <b>TOTAL</b>                                | <b>Q2,772,000.00</b> | <b>100%</b> |
| COMPROMISOS                                 |                      |             |
| Contrato de Planos                          | Q46,900.00           | 1.7%        |
| Diseño de Gaviones                          | Q80,000.00           | 2.9%        |
| Licencia Ambiental                          | Q10,500.00           | 0.4%        |
| Laboratorio                                 | Q29,600.00           | 1.1%        |
| Contrato Construcción                       | Q2,250,000.00        | 81%         |
| Contrato Supervision                        | Q80,000.00           | 2.9%        |
| Proceso de Licitacion                       | Q20,000.00           | 1%          |
| Diseño de Drenaje Pluvial                   | Q17,000.00           | 1%          |
| Presupuesto base                            | Q4,000.00            | 0.1%        |
| <b>Sub-total de compromisos contratados</b> | <b>Q2,538,000.00</b> | <b>92%</b>  |
| COMPROMISOS PENDIENTES                      |                      |             |
| Sobrecostos                                 | Q0.00                | 0.0%        |
| Orden de cambio 1                           | Q0.00                | 0.0%        |
| Extensión de línea                          | Q0.00                | 0.0%        |
| Ajuste de Requisición                       | Q0.00                | 0.0%        |
| <b>Sub-total de compromisos pendientes</b>  | <b>Q0.00</b>         | <b>0%</b>   |
| RESUMEN                                     |                      |             |
| Total de Compromisos                        | Q2,538,000.00        | 92%         |
| Saldo                                       | Q234,000.00          | 8.4%        |

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

- **Control de calidad**

La gestión de la calidad se llevó a cabo mediante una herramienta establecida según los planos y especificaciones técnicas del proyecto, así como también las normativas de construcción y las mejores prácticas. Este formato está dividido en varias áreas, evaluando aspectos puntuales de cada una de ellas, los resultados de dicha evaluación están basados en resultados de laboratorio, diseños de mezcla, informes de inspección y otros métodos establecidos para asegurar que la calidad pueda trasladarse al cliente final.

Como resultado se obtuvo una calificación que se compara con el resultado deseado el cual fue previamente establecido. En la Tabla X y XI, y en la figura 31 se aprecia un ejemplo del formato utilizado, de los resultados y fotografías donde se basan algunas de las calificaciones. Para información más completa del criterio utilizado para la verificación de la calidad, se adicionó información en el apéndice 1.

Tabla X. Control de calidad

| Obras Exteriores                                  |         |             |                                    |                         |                               |                             |                                |                                |  |
|---|---------|-------------|------------------------------------|-------------------------|-------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--|
| Inspección de control de calidad                  |         |             |                                    |                         |                               |                             |                                |                                |  |
| Item o Sistema                                    | Calific | Comentarios | Calific Global                     | Calificación            |                               |                             |                                |                                |  |
|   |         |             |                                    | 1                       | 1.5                           | 2                           | 2.5                            | 3                              |  |
| <b>Controles</b>                                  |         |             | <b>1.00</b>                        |                         |                               |                             |                                |                                |  |
| a. Control de erosión y sedimentación             | 1       |             |                                    | Ninguna                 | 1 Leve                        | Alguna en área del edificio | Mucha en área del edificio     | Exagerada en área del edificio |  |
| <b>Preparación del suelo</b>                      |         |             | <b>1.00</b>                        |                         |                               |                             |                                |                                |  |
| a. Pendientes y elevaciones                       | 1       |             |                                    | 2%                      | 1 4%                          | 6%                          | 8%                             | 10%                            |  |
| b. Control de Compactación y asentamientos        | 1       |             |                                    | Todos cumplen 95%       | 1 Uno del parqueo no cumple   | Uno del edificio no cumple  | Dos no cumplen                 | Más de dos no cumplen          |  |
| c. Condiciones del suelo relacionado a su estudio | 1       |             |                                    | Coincide                | 1 Leve variante               | estadigraficos diferentes   | No coincide nivel friatico     | No hay estudio                 |  |
| d. Linderos                                       | 1       |             |                                    | Ningun problema         | 1 Con un colindante           | Con dos colindantes         | Corrientes de agua colindantes | Con todos los Colindantes      |  |
| e. Acabado en taludes                             | 1       |             |                                    | Totalmente cubiertos    | 1 Pequeñas areas descubiertas | Algunas                     | Muchas                         | Descubierto totalmente         |  |
| f. Infiltración de agua en el suelo               | 1       |             |                                    | No Baches               | 1 Leve Baches                 | Un bache en edificio        | Area grande en edificio        | Exagerada                      |  |
| <b>Sembrado de grama</b>                          |         |             | <b>1.00</b>                        |                         |                               |                             |                                |                                |  |
| a. Sembrado con Guia o Tepe                       | 1       |             |                                    | Guías a cada 10 cm      | 1 Guías a cada 15 cm          | Guías a cada 20 cm          | Guías a cada 25 cm             | Guías a cada 30 cm             |  |
| b. Calidad de grama                               | 1       |             |                                    | La especificada         | 1 Del lugar                   | Combinaciones               | Monte                          | Seca                           |  |
| c. Espesor de tierra negra y abono                | 1       |             |                                    | 10 cm                   | 1 Contaminado 10 cm           | 5 cm                        | Se ve en algunas areas         | No hay                         |  |
| d. Limpieza y deshierbado                         | 1       |             |                                    | Totalmente limpio       | 1 Pequeñas areas 10%          | Algunas 30%                 | Muchas 50%                     | Exagerado                      |  |
| <b>Plantas exteriores</b>                         |         |             | <b>1.00</b>                        |                         |                               |                             |                                |                                |  |
| a. Tipo de plantas                                | 1       |             |                                    | Especificadas en planos | 1 No las especificadas        | Se ajustan al clima         | No viven en el lugar           | No hay                         |  |
| b. Forma y tamaño                                 | 1       |             |                                    | 1.00 mt                 | 1 0.90 mt                     | 0.60 mt                     | 0.30 mt                        | No hay                         |  |
| c. Calidad  | 1       |             |                                    | No secas                | 1 Pequeñas areas secas        | Algunas                     | Muchas                         | Exagerada                      |  |
| d. Localización y espaciamiento                   | 1       |             |                                    | Según lo especificado   | 1 Leve variación              | 50% Variación               | Totalmente esparcidas          | No hay                         |  |
| e. Fertilizantes                                  | 1       |             |                                    | Especificado            | 1 No conocen el nombre        | Algun problema              | No funciona                    | No usaron                      |  |
| f. Mezcla de relleno                              | 1       |             |                                    | Broza mas pomez         | 1 Falta un poco               | 50% de lo que se necesita   | Muy poco                       | No hay                         |  |
| g. Agujeros de drenaje                            | 1       |             |                                    | Cada 3 mt               | 1 Leve variación              | 50% variación               | Muy pocos                      | No hay                         |  |
| h. Pesticidas                                     | 1       |             |                                    | Especificado            | 1 No conocen el nombre        | Algun problema              | No funciona                    | No usaron                      |  |
| <b>Mantenimiento de plantas</b>                   |         |             | <b>1.00</b>                        |                         |                               |                             |                                |                                |  |
| a. Control de maleza                              | 1       |             |                                    | Limpio totalmente       | 1 Pequeñas areas con maleza   | Algunas                     | Muchas                         | Exagerada                      |  |
| b. Sistema de irrigación utilizado                | 1       |             |                                    | Funciona                | 1 Problemas                   | Mal instalado               | El sistema no funciona         | No se instalo                  |  |
| c. Condiciones de plantas                         | 1       |             |                                    | Sin secar               | 1 Pequeñas areas secas        | Algunas                     | Muchas                         | No hay                         |  |
|   |         |             |                                    |                         | 1                             |                             |                                |                                |  |
| <b>Obras Exteriores</b>                           |         |             | <b>Calificación total: 1.00</b>    |                         |                               |                             |                                |                                |  |
|   |         |             | <b>Porcentaje de puntaje: 100%</b> |                         |                               |                             |                                |                                |  |

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Figura 31. Limpieza



Continuación figura 31.



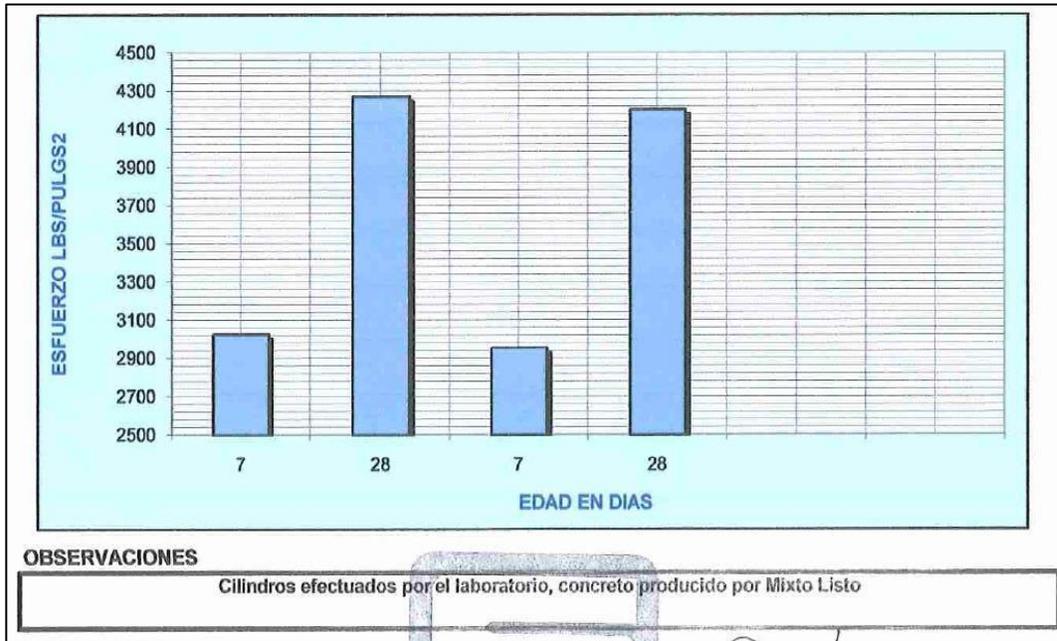
Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. Laboratorio de calidad, compactación, Proctor 95%

| COMPACTACIONES DE CAMPO.      |           |                   |                   |             |                 |                |                 |
|-------------------------------|-----------|-------------------|-------------------|-------------|-----------------|----------------|-----------------|
| RESUMEN DE ENSAYOS REALIZADOS |           |                   |                   |             |                 |                |                 |
| # Ensayo                      | Ubicación | P.U.S Laboratorio | % humedad optima. | P.U.S Campo | % humedad Campo | % compactacion | Capa a evaluar. |
| # densidad 5                  | Calle     | Lbs / pie3        | 17,0              | Lbs / pie3  | 17,8            | 95,3           | Base            |
|                               | Peatonal  | 92,9              |                   | 88,6        |                 |                |                 |
| # densidad 6                  | Calle     | Lbs / pie3        | 17,0              | Lbs / pie3  | 16,9            | 96,6           | Base            |
|                               | Peatonal  | 92,9              |                   | 89,3        |                 |                |                 |
| # densidad 7                  | Calle     | Lbs / pie3        | 17,0              | Lbs / pie3  | 17,1            | 96,1           | Base            |
|                               | Peatonal  | 92,9              |                   | 89,3        |                 |                |                 |

| COMPACTACIONES DE CAMPO.      |            |                   |                   |             |                 |                |                 |
|-------------------------------|------------|-------------------|-------------------|-------------|-----------------|----------------|-----------------|
| RESUMEN DE ENSAYOS REALIZADOS |            |                   |                   |             |                 |                |                 |
| # Ensayo                      | Ubicación  | P.U.S Laboratorio | % humedad optima. | P.U.S Campo | % humedad Campo | % compactacion | Capa a evaluar. |
| # densidad 10                 | Área de    | Lbs / pie3        | 17,0              | Lbs / pie3  | 18,1            | 95,1           | Relleno         |
|                               | Gavión # 1 | 92,9              |                   | 88,3        |                 |                |                 |
| # densidad 11                 | Área de    | Lbs / pie3        | 17,0              | Lbs / pie3  | 17,4            | 95,8           | Relleno         |
|                               | Gavión # 1 | 92,9              |                   | 89,0        |                 |                |                 |
| # densidad 12                 | Área de    | Lbs / pie3        | 17,0              | Lbs / pie3  | 18,0            | 95,3           | Relleno         |
|                               | Gavión # 1 | 92,9              |                   | 88,5        |                 |                |                 |
| # densidad 13                 | Área de    | Lbs / pie3        | 17,0              | Lbs / pie3  | 17,7            | 95,1           | Relleno         |
|                               | Gavión # 1 | 92,9              |                   | 88,4        |                 |                |                 |
|                               |            |                   |                   |             |                 |                |                 |

Continuación tabla XI.



|                                      |   |          |            |
|--------------------------------------|---|----------|------------|
| DESCRIPCIÓN DEL MAT.                 | Roca (para gaviones)                        |          |            |
| TRAMO O ESTACION                     |   |          |            |
| PROCEDENCIA                          | Muestra # 2 km 13.5 carretera al Atlantico. | Fecha    | 04/04/2014 |
| <b>HOJA DE CALCULO</b>               |   |          |            |
|                                      | <b>No. DE ENSAYO</b>                        |          |            |
|                                      | <b>1</b>                                    | <b>2</b> | <b>3</b>   |
| 1. PESO BRUTO (AIRE)                 | 883.5                                       | 952.3    |            |
| 2. TARA (AIRE)                       | 148.5                                       | 148.6    |            |
| 3. <b>B</b> (PESO NETO AIRE)         | 735.0                                       | 803.7    |            |
| 4. PESO BRUTO (AGUA)                 | 549.7                                       | 590.7    |            |
| 5. TARA (AGUA)                       | 128.2                                       | 128.2    |            |
| 6. <b>C</b> (PESO NETO AGUA)         | 421.5                                       | 462.5    |            |
| <b>Gravedad especifica = B/(B-C)</b> | 2.344                                       | 2.356    |            |
| <b>Gs. Promedio</b>                  | <b>2.350</b>                                |          |            |

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

### **4.2.3. Preparación para la finalización del proyecto**

Como parte de la preparación de la finalización del proyecto se realizaron cuatro inspecciones de recepción según lo establecido en el contrato; estas se describen a continuación:

#### **4.2.3.1. Inspección de recepción del proyecto**

- Inspección solicitada por contratista: esta inspección se llevó a cabo tras la solicitud del contratista tres semanas antes de la terminación del tiempo contractual, el proyecto no estaba terminado, pero se podía iniciar a formar un listado de correcciones para obtener los mejores acabados. En esta inspección participaron los residentes de la contratante y el contratista en conjunto con el PM.
- Inspección pre substancial: esta inspección se realizó semana y media antes de la finalización contractual, acá se podía observar el proyecto en su última fase, evaluando las correcciones realizadas en la anterior y creando un nuevo listado en preparación para otra de tipo substancial. En esta inspección participaron los residentes de la contratante y el contratista en conjunto con el PM.
- Inspección substancial: Esta se llevó a cabo el día de la finalización del contrato, el proyecto estaba completamente terminado, todas las correcciones de la substancial estaban realizadas. Se pudo observar algunas necesidades adicionales y estas quedaron listadas para poder revisarlas de último. En esta participaron los residentes de la contratante y el contratista en conjunto con el PM.
- Inspección final: es la entrega total del proyecto, se hizo un recorrido con el comité de vecinos y personeros de la alcaldía para observar el trabajo realizado y darlo por concluido.

#### **4.2.3.2. Preparación del cierre financiero**

En esta etapa se hizo una auditoría financiera de las estimaciones pagadas al contratista contra su contrato, verificando que los saldos pendientes por cancelar sean exactos y tramitando así su retenido, luego de cumplir con la entrega de la fianza de conservación de obra por un 5% del contrato y entrega de finiquitos de trabajadores y proveedores, pagos de planillas al seguro social, entrega de certificados de aceptación del proyecto por parte de los clientes, entrega de fechas propuestas para las evaluaciones de garantía, formulario de liquidación lleno con finiquito firmado, pagos a los servicios utilizados como electricidad, agua, teléfono, etc.

#### **4.2.4. Finalización del proyecto**

Dado que todo el proceso se fue ajustando a lo planificado en cada fase, los tiempos de entrega se ajustaron perfectamente a lo predicho, por lo que se estaba listo para la finalización del proyecto.

##### **4.2.4.1. Evaluación de calidad**

Se llevó a cabo una evaluación de aseguramiento de la calidad, con base en el diseño original; esta evaluación se realizó utilizando un formato con el cual se dividen por áreas los aspectos siguientes: administración del proyecto, trabajos exteriores, obra civil, estructuras, arquitectura, mecánica, electricidad, y otros.

La forma en que se evalúa la calidad está determinada por una calificación que va de uno a tres; siendo tres el indicador de trabajo mal ejecutado y uno,

aquel que cumple con las especificaciones y se encuentra dentro de los rangos permisibles.

En la siguiente imagen se puede observar un ejemplo de los sistemas evaluados en la obra civil del proyecto.

Tabla XII. **Sistemas evaluados en la obra civil**

| Inspección                           |         | Obra Civil de Control de Calidad |  |              |                                       |                                       |                           |   |
|--------------------------------------|---------|----------------------------------|--|--------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------|---|
| Item o Sistema                       | Calific | Comentarios                      | Calif Global                               | Calificación |                                       |                                       |                           |   |
|                                      |         |                                  |  | 1            | 1.5                                   | 2                                     | 2.5                       | 3   |
| <b>Servicios</b>                     |         |                                  |  |              |                                       |                                       |                           |   |
| <b>Calidad de concreto reforzado</b> |         |                                  |  | 1.00         |                                       |                                       |                           |   |
| a. Inspección visual                 | 1       |                                  | Sin ratoneras integrado                    | 1            | Leve variación                        | Alguna variación                      | Material segregado        | Columnas y vigas con problemas en uniones e intermedios |
| b. Revisión de record de fundiciones | 1       |                                  | 3,000                                      | 1            | Una no cumple 10% variación           | Dos no cumplen                        | Tres                      | Más   |
| c. Acero de Refuerzo                 | 1       |                                  | 40 grados o 60 grados                      | 1            | Una no cumple                         | Dos no cumplen                        | Ninguna cumple con grados | No hay Informe  |
| d. Formaletas para concreto          | 1       |                                  | Metal madera /acabado                      | 1            | Leve variación en textura             | Alguna variación en textura 2         | Tres                      | No hay una textura uniforme                             |
| e. Alineación y plomo                | 1       |                                  | Variación 2.5 mm                           | 1            | 3 mm                                  | 3.5 mm                                | 4 mm                      | 5 mm  |
| f. Fijación                          | 1       |                                  | En uniones y partes intermedias            | 1            | Leve deformación en una columna       | Algunas deformaciones en dos columnas | En tres                   | Columnas deformadas más 33%                             |
| g. Aplicación de desencofrante       | 1       |                                  | Marca aplicación uniforme                  | 1            | No conocen nombre de marca            | Algunas areas no usaron               | Muchas areas no usaron    | No usaron   |
| h. Calidad de formaleta              | 1       |                                  | No hay variación en fundición              | 1            | Leve una columna                      | Leve dos columnas                     | Tres                      | Columnas o vigas con grandes problemas                  |
| <b>Repellos</b>                      |         |                                  |  | 1.33         |                                       |                                       |                           |   |
| a. Uniformidad                       | 1       |                                  | Misma textura                              | 1            | 10% varia en area de 30m <sup>2</sup> | 20%                                   | 30%                       | Totalmente deformadas                                   |
| b. Uniones                           | 1.5     |                                  | Alineadas y definidas                      | 1            | 10%                                   | 20%                                   | 30%                       | Totalmente deformadas                                   |
| c. Acabado final                     | 1.5     |                                  | Espesor 2 cm maximo                        | 1            | 2.5 cm                                | 2 2.8 cm                              | 3 cm                      | 3.2 cm  |
| <b>Muros de retención</b>            |         |                                  |  | 1.25         |                                       |                                       |                           |   |
| a. Uniformidad de estrias y cisas    | 1       |                                  | Variaciones 2.5 mm                         | 1            | 3 mm                                  | 3.5 mm                                | 4 mm                      | 5 mm  |
| b. Uniones entre muros y verjas      | 1.5     |                                  | Fundido uniforme                           | 1            | Pocos residuos en union               | 2 Algunos                             | Muchos                    | No existe union o demasiados residuos                   |
| c. Contrafuertes                     | 1.5     |                                  | A cada 3 mt                                | 1            | 4 mt                                  | 2 6 mt                                | 8 mt                      | No hay contrafuertes                                    |
| d. Impermeabilización                | 1       |                                  | Prueba Agua 99% corrimiento y no absorción | 1            | 90%                                   | 80%                                   | 50%                       | No lo aplicaron   |

Continuación tabla XII.

| Obra Civil<br>Inspeccion de Control de Calidad               |         |             |              |                                   |                                    |  |  |                                |
|--|---------|-------------|--------------|-----------------------------------|------------------------------------|--|--|--------------------------------|
| Item o Sistema   | Calific | Comentarios | Calif Global | Calificación                      |                                    |  |  |                                |
|  |         |             | 1.00         | 1                                 | 1.5                                | 2  | 2.5  | 3                              |
| <b>Servicios</b>   |         |             | 1.00         |                                   |                                    |  |  |                                |
| <b>Pavimentación de concreto o adoquín</b>                   |         |             | 1.14         |                                   |                                    |  |  |                                |
| <a href="#">a. Diseño de mezcla</a>                          | 1       |             |              | Informe                           | 1 Leve variación                   | Alguna variación   | No coinciden cantidad de los materiales usados | No hay informe                 |
| <b>b. Espesor</b>  | 1       |             |              | 0.10 mt                           | 1 0.08 mt                          | 0.07 mt  | 0.06 mt  | 0.05 mt                        |
| <b>c. Compactación</b>                                       | 1       |             |              | 95% todos cumplen                 | 1 Uno del parqueo no               | Uno del edificio no                                      | Dos  | Más                            |
| <b>d. Sub-base</b>   | 1       |             |              | Material selecto o lastre         | 1 Leve variación en especificación | Alguna variación   | Material contaminado                           | Material del lugar             |
| <b>e. Base (compactación)</b>                                | 1       |             |              | Material selecto                  | 1 Leve variación                   | Alguna variación   | Material contaminado                           | Material del lugar             |
| <b>f. Mano de obra</b>                                       | 2       |             |              | Acabado integrado                 | Pequeños desportillamientos        | Algunas areas con desportillamientos                     | Muchas areas con desportillamientos            | Se esta levantando el acabado  |
| <a href="#">g. Pendientes y elevaciones</a>                  | 1       |             |              | 2%                                | 1 1.5%                             | 1%   | 0.5%   | 0%                             |
| <b>Calidad de concreto fundido en el lugar</b>               |         |             | 1.00         |                                   |                                    |  |  |                                |
| <b>a. Diseño de mezcla</b>                                   | 1       |             |              | Informe                           | 1 Leve variación                   | Alguna variación   | No coinciden cantidad de los materiales usados | No hay informe                 |
| <a href="#">b. Ensayos de campo (prueba de asentamiento)</a> | 1       |             |              | 4 pulgadas                        | 1 5 Pulgadas                       | 6 pulgadas   | 7 pulgadas                                     | 8 pulgadas                     |
| <a href="#">c. Equipo (vibrador, concretera)</a>             | 1       |             |              | Forma y tiempo                    | 1 Leve variación                   | Alguna variación   | El concreto esta segregado                     | No usaron                      |
| <b>d. Inspección visual</b>                                  | 1       |             |              | Sin ratoneras integrado           | 1 Leve variación                   | Alguna variación   | Material segregado                             | Columnas con problemas en base |
| <b>e. Revisión de record de fundiciones</b>                  | 1       |             |              | 3.000                             | 1 Una no cumple 10% variación      | Dos no cumplen   | Tres   | Más                            |
| <b>Mejoras al sitio</b>                                      |         |             | 1.50         |                                   |                                    |  |  |                                |
| <a href="#">a. Caminamientos</a>                             | 2       |             |              | Acabado integrado cisas uniformes | Leve variación en el acabado       | Algunas variaciones, pendientes, acabados, accesibilidad | No accesibles para minusvalidos acabado mal    | Se esta levantando el acabado  |
| <b>b. Señalizaciones</b>                                     | 1       |             |              | Parqueo minusvalidos señalizado   | 1 No esta bien la pintura tamaño   | Mal ubicada la señalización                              | Se esta levantando pintura                     | No hay                         |

Continuación tabla XII.

| Inspección                               |         | Obra Civil  |   |              |                                      |  |   |  |                                       |
|--|---------|-------------|---|--------------|--------------------------------------|--|---|--|---------------------------------------|
| Item o Sistema                           | Calific | Comentarios | Calif Global                                | Calificación |                                      |  |   |  |                                       |
|  |         |             | 1.00  | 1            | 1.5                                  | 2  | 2.5   | 3  |                                       |
| <b>Servicios</b>                         |         |             | 1.00  | 1            | 1.5                                  | 2  | 2.5   | 3  |                                       |
| d. Pintura final con anticorrosivo       | 1       |             | 3 manos anticorrosivo final en toda el area | 1            | Pequeños brotes de oxido             | Algunos  | Muchos  | Areas sin pintura final                        |                                       |
| e. Uniones con soleras, mallas y puertas | 1.5     |             | Fundido uniforme                            | 1            | Pocos residuos en union              | 2  | Algunos                                       | Muchos   | No existe union o demasiados residuos |
| <b>Malla</b>                             |         |             | 1.00  |              |                                      |  |   |  |                                       |
| a. Alineación y plomo                    | 1       |             | Variación 2.5 mm                            | 1            | 3 mm                                 | 3.5 mm   | 4 mm  | 5 mm   |                                       |
| b. Calibre de malla                      | 1       |             | C. 10 Tamaño                                | 1            | C. 12 Tamaño                         | Variación en calibre menor                       | Variación en tamaño mayor                     | Variación mayor                                |                                       |
| c. Medida de tubería                     | 1       |             | 1 1/2 pulgadas x 3 mm espesor               | 1            | 1.5 pulgadas comercial               | 1 pulgada  | Mala instalación con golpes                   | Tubería ajustada para llegar tamaño en uniones |                                       |
| d. Soldaduras                            | 1       |             | Corrida y sin espacios                      | 1            | Leves problemas en nudo de soldadura | Algunos  | Muchos  | Demasiado con escoria y espacios sin soldadura |                                       |
| e. Uniones y abrazaderas                 | 1       |             | Union soldada abrazadera ajustada           | 1            | Leves variaciones                    | Algunas  | Muchas  | Uniones totalmente separadas                   |                                       |
| f. Porton vehicular                      | 1       |             | Bisagras alineado ancho y altura            | 1            | Variación separación piezas          | Brotos de oxido y soldadura deficiente           | Muchos  | Demasiado                                      |                                       |
| g. Remates entre malla y solera          | 1       |             | Fundido uniforme                            | 1            | Pocos residuos en union              | Algunos  | Muchos  | No existe union o demasiados residuos          |                                       |
| <b>Aceras</b>                            |         |             | 1.17  |              |                                      |  |   |  |                                       |
| a. Alineación en superficie              | 1       |             | Uniformidad                                 | 1            | Pequeños desportillamientos          | Algunas areas con desportillamientos             | Muchas areas                                  | Se esta levantando todo el acabado             |                                       |
| b. Acabados                              | 1.5     |             | Integrado con fundición cisas uniformes     | 1            | Leve variación en el acabado         | Algunas variaciones, pendientes, y accesibilidad | No acccesibles para minusvalidos, mal acabado | Se esta levantando todo el acabado             |                                       |
| c. Bordillos y remates                   | 1       |             | No existen desportillamientos               | 1            | Pequeñas grietas                     | Variación en diseño                              | Muchas areas con diferencias tamaño           | No hay bordillo                                |                                       |
|  |         |             |   | 1            |                                      |  |   |  |                                       |
| <b>Obra Civil:</b>                       |         |             |   |              |                                      |  |   |  |                                       |
|  |         |             | Calificación total:                         | 1.21         |                                      |  |   |  |                                       |
|  |         |             | Porcentaje de puntaje:                      | 90%          |                                      |  |   |  |                                       |

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word.

Luego de evaluar cada área específica, se hace un resumen donde se pondera según la importancia que tiene cada una y se obtiene una nota final, que permite determinar cuantitativamente la calidad del proyecto.

- Estructuras 21%
- Obras mecánicas 18%

- Arquitectura 16%
- Electricidad 14%
- Obra civil 13%
- Administración 7%
- Instalaciones especiales 7%
- Obras exteriores 4%

En este caso específico la evaluación final fue de un 91% de calidad, siendo el mínimo aceptable el 88%. De acuerdo con la herramienta diseñada por el equipo del proyecto, el máximo de error permitido fue establecido en un 12%, por lo que 88% es el porcentaje estándar de aceptación; como se observa, la calidad de la ejecución del proyecto superó esos niveles. Los detalles pueden observarse en el apéndice 1.

#### **4.2.4.2. Evaluación de costo final**

En la etapa de desarrollo se estableció una meta de costo, en esta parte se evaluó si el proyecto estuvo dentro del presupuesto establecido al momento de la aprobación financiera; si hubiera sido necesario solicitar fondos adicionales, la meta de costo no se hubiera cumplido, por el contrario, si los costos fueron menores en un porcentaje aceptable, la meta se ha superado. Con esto último se debe tener el cuidado de no presupuestar más de lo necesario, pues esto es un indicio de mala administración.

El proyecto se determinó como un proyecto sano financieramente ya que estaba dentro del presupuesto, generando un pequeño ahorro del 8% del total aprobado.

#### **4.2.4.3. Evaluación del tiempo final**

Siguiendo el plan original, elaborado en la etapa de desarrollo, se evaluó el tiempo de ejecución del proyecto, estableciendo si se cumplió con la ruta crítica y si esta se cumplió lo mejor posible, en este caso el proyecto tuvo un pequeño atraso debido a algunas mejoras que se solicitaron al final, y debieron tener una orden de cambio de tiempo contractual por algunos días adicionales, que se otorgaron al contratista por esos trabajos adicionales. De no haber sido por ello, el tiempo calculado originalmente se hubiera cumplido.

#### **4.2.4.4. Evaluación costo, calidad y tiempo del proyecto**

Para unificar el criterio de evaluación de costo, calidad y tiempo se requiere tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Costo: elaborar un presupuesto base y ceñir los costos de ejecución al mismo, llevar un control que permita evaluar el presupuesto menos gastos realizados y compromisos pendientes.
- Calidad: se evaluará durante el transcurso del proyecto de manera cualitativa y cuantitativa, por medio de una herramienta de aseguramiento de calidad, para determinar si los trabajos llenan las expectativas técnicas necesarias. Sirviendo como parámetro de satisfacción el cumplimiento de al menos un 88% del total de puntos evaluados.
- Tiempo: elaborar un diagrama de ruta crítica (CPM), para determinar la duración del proyecto y evaluar si el mismo tiene una duración igual o menor que el establecido.



## CONCLUSIONES

1. El proyecto de elaboración del plan para evitar la erosión por precipitación en caminamiento de lotificación Julieta de San Pedro Ayampuc, fue culminado con éxito en todas sus etapas, debido a que se practicó rigurosamente la metodología de PMI, *Project Management Institute*.
2. El proceso de planificación de proyectos implica la consideración de una serie de elementos que intervienen en el resultado final de los mismos; esto supone que se debe tomar en cuenta limitantes, obstáculos, logística, políticas y estrategias, antes de proceder a la ejecución.
3. De acuerdo con la metodología del PMI, una herramienta indispensable para la buena administración del proyecto, es la construcción de la ruta del camino crítico, debido a que por medio de ella se establece el tiempo más corto posible de ejecución; situación que se traduce en una reducción considerable de costos. Una gráfica de Gantt es la herramienta para evidenciar su progreso. En el caso de este proyecto, la herramienta fue fundamental en el área de supervisión.
4. Evaluar la calidad, tiempo y costo es importante debido a que con ello se evitan errores en el proceso, o que éstos lleguen a manos del cliente; también permite especificar grados de tolerancia y supone alertas de control.



## RECOMENDACIONES

1. Debido al éxito obtenido en el proyecto de elaboración del plan para evitar la erosión por precipitación en caminamiento de lotificación Julieta de San Pedro Ayampuc, se propone, a todo empresario, el uso de la metodología del PMI para la administración de proyectos de construcción de esta naturaleza.
2. Los profesionales encargados de la planificación de los proyectos deben ajustarse a todas las etapas propuestas por el PMI; con la idea de que, en el momento de la ejecución, no existan deficiencias que generen alteraciones en el resultado final.
3. Dentro de la administración de proyectos, el saber manejar los tiempos de ejecución puede significar una reducción considerable de costos, y la maximización de los recursos; por ello durante la etapa de planificación se debe hacer uso de la herramienta de la ruta del camino crítico.
4. Todo administrador debe asegurarse de que, en la marcha del proyecto se evalúe de modo constante la calidad, el tiempo y el costo estimados en la etapa de planificación; dado que ello permitirá un mejor control y el ahorro de posibles errores en el proceso.



## BIBLIOGRAFÍA

1. CARTAY ANGULO, Ivan. *Planificación y control de proyectos*. 2ª ed. Ed. Luz, Maracaibo. 2002. 49 p.
2. GONZÁLEZ MORENO, José Luis. *Claves del construir arquitectónico*. Ed. Gustavo Gilli. Barcelona, 2008. 110 p.
3. Instituto Nacional de Estadística (INE). *Caracterización Departamental de Guatemala*. 2013. 78 p.
4. Instituto Uruguayo de Norma Técnica *Proyectos de construcción de edificaciones. Desarrollo del Proyecto de arquitectura Proceso y documentación*. Paraguay, 2013. 57 p.
5. KOONTZ, Harold. *Administración*. 9na. ed. Ed. Mc Graw Hill. 2004. 171 p.
6. MERRITT, Frederick. *Manual del ingeniero civil*. Glosario. Mc Graw Hill. 2001. 459 p.
7. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. *Mapas*. <http://web.maga.gob.gt/mapas/>. [Consulta: 3 de febrero de 2018].
8. NEUFERT, Ernst. *Arte de proyectar en arquitectura*. 14 ed. Ediciones Gili S.A de C.V. México. 1997. 506 p.

9. Project Management Institute. *Elementos de la planificación*. [http://www.pmi.org/infPP\\_PMPProvenProcess.asp](http://www.pmi.org/infPP_PMPProvenProcess.asp). [Consulta: 10 de febrero de 2018].
10. PUND. Guatemala: *Vulnerabilidad de los municipios y calidad de vida de sus habitantes*. 2008. 107 p.
11. Real Academia Española de la Lengua (RAE). *Conceptos clave*. <http://dle.rae.es/?id=UV6hPaS> [Consulta: 3 de febrero de 2018].
12. SABATINI, P.J., PASS, D.G. y BACHUS, R.C. *Ground Anchors and Anchored Systems, Geotechnical Engineering Circular No. 4*. Publication No. FHWA- IF-99-015, Federal Highway Administration, Washington, D.C. 1999. 216 p.
13. SCHUSTER, R.L. y KOCKELMAN, W.J. *Principles of landslide hazard reduction. Landslides investigation and mitigation*. Special report 247, Transportation Research Board. 1999. 213 p.
14. SEGEPLAN. *Plan de Desarrollo de San Pedro Ayampuc*. 2011. 87p.
15. SUAREZ, Jaime. *Deslizamientos. Análisis Geotécnico*. Vol. II. U.I.S Escuela de Filosofía, Bucaramanga, Colombia. 2009. 428 p.

# APÉNDICE

## Apéndice 1. Instrumento de evaluación de calidad, tiempo y costo

| Obra Civil<br>Inspeccion de Control de Calidad                     |         |             |              |                           |                                    |  |  |  |
|--|---------|-------------|--------------|---------------------------|------------------------------------|--|--|--|
| Item o Sistema   | Calific | Comentarios | Calif Global | Calificación              |                                    |  |  |  |
|  |         |             | 1.00         | 1                         | 1.5                                | 2  | 2.5  | 3  |
| <b>Servicios</b>   |         |             | 1.00         | 1                         | 1.5                                | 2  | 2.5  | 3  |
| a. Servicios del edificio: agua, electricidad, teléfono y drenajes | 1       |             |              | A nombre IJSUD            | 1 Variaciones en nombres           | No tienen documentos                     | No estan tramitados                            | No se Obtendran títulos                  |
| <b>Drenaje pluvial</b>   |         |             | 1.00         |                           |                                    |  |  |  |
| a. Material de tuberías  | 1       |             |              | PSI especificado          | 1 Pequeña variación                | No el especificado                       | Mal instalada                                  | Necesita cambio                          |
| b. Pendientes y elevaciones respecto a cajas                       | 1       |             |              | 1.5%                      | 1 1.25%                            | 1%                                       | 0.5%   | No corre el agua                         |
| c. Colocación de tubería y compactación de relleno                 | 1       |             |              | Base selecto 0.20         | 1 Pequeña variación                | Existen problemas en tubería actualmente | Material de relleno contaminado                | Tubería sobre el suelo sin base          |
| <b>Estabilización de base de cancha y accesos</b>                  | 1       |             | 1.00         |                           | 1                                  |  |  |  |
| <b>Pavimentación de concreto o adoquín</b>                         |         |             | 1.14         |                           |                                    |  |  |  |
| <a href="#">a. Diseño de mezcla</a>                                | 1       |             |              | Informe                   | 1 Leve variación                   | Alguna variación                         | No coinciden cantidad de los materiales usados | No hay informe                           |
| b. Espesor   | 1       |             |              | 0.10 mt                   | 1 0.08 mt                          | 0.07 mt                                  | 0.06 mt  | 0.05 mt                                  |
| c. Compactación  | 1       |             |              | 95% todos cumplen         | 1 Uno del parqueo no               | Uno del edificio no                      | Dos  | Más                                      |
| d. Sub-base  | 1       |             |              | Material selecto o lastre | 1 Leve variación en especificación | Alguna variación                         | Material contaminado                           | Material del lugar                       |
| e. Base (compactación)   | 1       |             |              | Material selecto          | 1 Leve variación                   | Alguna variación                         | Material contaminado                           | Material del lugar                       |
| f. Mano de obra  | 2       |             |              | Acabado integrado         | 1 Pequeños desportillamientos      | Algunas áreas con desportillamientos     | Muchas áreas con desportillamientos            | Se esta levantando el acabado            |
| <a href="#">g. Pendientes y elevaciones</a>                        | 1       |             |              | 2%                        | 1 1.5%                             | 1%                                       | 0.5%   | 0%                                       |
| <b>Calidad de concreto fundido en el lugar</b>                     |         |             | 1.00         |                           |                                    |  |  |  |
| a. Diseño de mezcla  | 1       |             |              | Informe                   | 1 Leve variación                   | Alguna variación                         | No coinciden cantidad de los materiales usados | No hay informe                           |
| <a href="#">b. Ensayos de campo (prueba de asentamiento)</a>       | 1       |             |              | 4 pulgadas                | 1 5 Pulgadas                       | 6 pulgadas                               | 7 pulgadas                                     | 8 pulgadas                               |
| <a href="#">c. Equipo (vibrador, concretera)</a>                   | 1       |             |              | Forma y tiempo            | 1 Leve variación                   | Alguna variación                         | El concreto esta segregado                     | No usaron Columnas con problemas en base |
| d. Inspección visual   | 1       |             |              | Sin ratoneras integrado   | 1 Leve variación                   | Alguna variación                         | Material segregado                             |  |
| e. Revisión de record de fundiciones                               | 1       |             |              | 3,000                     | 1 Una no cumple 10% variación      | Dos no cumplen                           | Tres   | Más                                      |

Continuación apéndice 1.

|  |     |  |                               |  |   |                                      |  |   |                                      |  |  |  |   |
|--|-----|--|-------------------------------|--|---|--------------------------------------|--|---|--------------------------------------|--|--|--|---|
| <b>Protección y curado de concreto</b>         | 1   |  | 1.00                          |  | 1 |                                      |  |   |                                      |  |  |  |   |
| <b>Juntas selladas</b>                         |     |  | 2.00                          |  |   |                                      |  |   |                                      |  |  |  |   |
| a. Juntas en pavimentos                        | 1   |  |                               | 7 mm x 1 cm material p/dilatación                                  | 1 | 1.25 cm                              | 1.5 cm   | 1.75 cm                                     |                                      |  |  | 2 cm sin material p/dilatación                 |   |
| b. Selladores de cuneta y bordillo, aceras.    | 3   |  |                               | Prueba Agua 99% corrimiento y no absorción                         |   | 90%                                  | 80%  | 50%   |                                      |  |  | No lo aplicaron                                | 3 |
| <b>Instalaciones eléctricas</b>                |     |  | 1.50                          |  |   |                                      |  |   |                                      |  |  |  |   |
| a. Base de transformadores                     | 2   |  |                               | Poste concreto 25 a 35 KVA   |   | Madera                               | 5mm desplome                                     | 2   | Transformador no ajustado            |  |  | Mal instalación sin seguridad industrial       |   |
| b. Obra física de acometida                    | 1   |  |                               | Base 2" limpio cables  | 1 | Leve variación                       | Alguna   |   | Residuos de material                 |  |  | Mal instalación sin seguridad industrial       |   |
| <b>Verjas</b>                                  |     |  | 1.20                          |  |   |                                      |  |   |                                      |  |  |  |   |
| a. Alineación y plomo                          | 1   |  |                               | Variación 2.5 mm   | 1 | 3 mm                                 | 3.5 mm   | 4 mm  | 5 mm                                 |  |  |  |   |
| b. Angulares, medidas, espaciamiento y espesor | 1   |  |                               | A c/12 cm a eje altura 2.40 mt 2" x espesor                        | 1 | Leve variación                       | Variación en altura                              |   | Variación en separación de algulares |  |  | Cambios en separación, espesor y altura        |   |
| c. Soldaduras                                  | 1.5 |  |                               | Corrida y sin espacios 3 manos anticorrosivo final en toda el area | 2 | Leves problemas en nudo de soldadura | Algunos  | Muchos                                      |                                      |  |  | Demaciado con escoria y espacios sin soldadura |   |
| d. Pintura final con anticorrosivo             | 1   |  |                               |  | 1 | Pequeños brotes de oxido             | Algunos  | Muchos                                      |                                      |  |  | Areas sin pintura final                        |   |
| e. Uniones con soleras, mallas y puertas       | 1.5 |  |                               | Fundido uniforme   | 2 | Pocos residuos en union              | Algunos  | Muchos                                      |                                      |  |  | No existe union o demasiados residuos          |   |
| <b>Malla</b>                                   |     |  | 1.00                          |  |   |                                      |  |   |                                      |  |  |  |   |
| a. Alineación y plomo                          | 1   |  |                               | Variación 2.5 mm   | 1 | 3 mm                                 | 3.5 mm   | 4 mm  | 5 mm                                 |  |  |  |   |
| b. Calibre de malla                            | 1   |  |                               | C. 10 Tamaño   | 1 | C. 12 Tamaño                         | Variación en calibre menor                       | Variación en tamaño mayor                   |                                      |  |  | Variación mayor                                |   |
| c. Medida de tubería                           | 1   |  |                               | 1 1/2 pulgadas x 3 mm espesor                                      | 1 | 1.5 pulgadas comercial               | 1 pulgada  |   | Mala instalación con golpes          |  |  | Tubería ajustada para llegar tamaño en uniones |   |
| d. Soldaduras                                  | 1   |  |                               | Corrida y sin espacios   | 1 | Leves problemas en nudo de soldadura | Algunos  | Muchos                                      |                                      |  |  | Demaciado con escoria y espacios sin soldadura |   |
| e. Uniones y abrazaderas                       | 1   |  |                               | Union soldada abrazadera ajustada                                  | 1 | Leves variaciones                    | Algunas  | Muchas                                      |                                      |  |  | Uniones totalmente separadas                   |   |
| f. Porton vehicular                            | 1   |  |                               | Bisagras alineado ancho y altura                                   | 1 | Variación separación piezas          | Brotos de oxido y soldadura deficiente           |   | Muchos                               |  |  | Demasiado                                      |   |
| g. Remates entre malla y solera                | 1   |  |                               | Fundido uniforme   | 1 | Pocos residuos en union              | Algunos  | Muchos                                      |                                      |  |  | No existe union o demasiados residuos          |   |
| <b>Aceras</b>                                  |     |  | 1.17                          |  |   |                                      |  |   |                                      |  |  |  |   |
| a. Alineación en superficie                    | 1   |  |                               | Uniformidad  | 1 | Pequeños desportillamientos          | Algunas areas con desportillamientos             | Muchas areas                                |                                      |  |  | Se esta levantando todo el acabado             |   |
| <a href="#">b. Acabados</a>                    | 1.5 |  |                               | Integrado con fundición cisas uniformes                            | 2 | Leve variación en el acabado         | Algunas variaciones, pendientes, y accesibilidad | No acccibles para minusvalidos, mal acabado |                                      |  |  | Se esta levantando todo el acabado             |   |
| <a href="#">c. Bordillos y remates</a>         | 1   |  |                               | No existen desportillamientos                                      | 1 | Pequeñas grietas                     | Variación en diseño                              | Muchas areas con diferencias tamaño         |                                      |  |  | No hay bordillo                                |   |
|  |     |  |                               |  | 1 |                                      |  |   |                                      |  |  |  |   |
| <b>Obra Civil:</b>                             |     |  | <b>Calificación total:</b>    | <b>1.21</b>  |   |                                      |  |   |                                      |  |  |  |   |
|  |     |  | <b>Porcentaje de puntaje:</b> | <b>90%</b>   |   |                                      |  |   |                                      |  |  |  |   |

# ANEXOS

## Anexo 1. Estudio de suelos

|     |  | ÍNDICE        |
|-----|--|---------------|
|     |  | <u>Página</u> |
| I   | INTRODUCCIÓN                                     | 1             |
| II  | ALCANCES Y OBJETIVOS DEL ESTUDIO                 | 1             |
| III | DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO                         | 2             |
| IV  | PROSPECCIÓN                                      | 2             |
| V   | DESCRIPCIÓN DEL TERRENO                          | 2             |
|     | 1. Aspectos Superficiales                        | 2             |
|     | 2. Condiciones del Subsuelo                      | 3             |
| VI  | ENSAYOS DE LABORATORIO                           | 3             |
| VII | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES                   | 4             |
|     | 1) GENERALIDADES                                 | 4             |
|     | 2) PLATAFORMA DE LA CAPILLA                      | 4             |
|     | 3) MOVIMIENTO DE TIERRAS                         | 4             |
|     | CORTE  | 4             |
|     | RELLENOS   | 5             |
|     | 4) DISEÑO DE LA CIMENTACIÓN                      | 7             |
|     | 5) EMPUJES CONTRA MUROS DE CONTENCIÓN            | 7             |
|     | 6) PISO DE LA CANCHA                             | 8             |
|     | 7) PROBLEMAS CONSTRUCTIVOS                       | 9             |
|     | 8) PROTECCIÓN DE LA LADERA AL ESTE DE LA CAPILLA | 10            |
|     | 9) INFORMACIÓN BÁSICA DEL PROYECTO               | 11            |

ANEXO

|   | <u>Hoja</u> |
|---|-------------|
| PLANTA GENERAL DE LOCALIZACIÓN DE POZOS         | A-1         |
| REGISTROS DE POZOS                              | A-2         |
| RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO | A-6         |
| RESULTADOS DE ENSAYOS DE COMPRESIÓN SIMPLE      | A-7         |
| RESULTADOS DE ENSAYOS DE IDENTIFICACIÓN         | A-8         |
| RESULTADOS DE ENSAYOS DE SUB-RASANTE            | A-18        |
| DETALLES CONSTRUCTIVOS DE PAVIMENTO DE CONCRETO | A-22        |

### **III DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

De acuerdo a los planos de IJSUD se pretende construir en el terreno por lo menos un edificio de un piso y una cancha de basketball.

Como es común en este tipo de proyectos, el edificio tendrá estructura con marcos rígidos metálicos, de 10 metros de luz, separados 6 metros entre sí, para soportar el techo y cerramientos de mampostería reforzada.

### **IV PROSPECCIÓN**

Para definir la secuencia y potencia de los estratos del subsuelo se excavaron en el terreno cuatro pozos con profundidades de 1.10, 2.00, 1.10 y 1.05 metros. Conviene aclarar que no fue posible bajar los pozos debajo de las profundidades indicadas porque se encontró roca, una toba de color café claro amarillento, alterada. En el interior de los pozos se observaron los suelos en su condición natural y se tomaron muestras inalteradas en bloque de los diferentes estratos para su ensaye en el laboratorio.

En el interior del pozo No. 4, situado en el área de la cancha-estacionamiento se tomó una muestra inalterada para el estudio de los suelos de la subrasante.

La ubicación de los pozos se muestra en el plano de la hoja A-1 del Anexo y en las hojas A-2 a la A-5 se muestran los registros correspondientes.

### **V DESCRIPCIÓN DEL TERRENO**

#### **1. Aspectos Superficiales**

El terreno objeto del estudio es de forma regular y se extiende sobre un área de 6,257 metros cuadrados. Colinda al norte con la lotificación Llanos de Santa María; al este y al sur con la finca matriz y la lotificación Julieta, y; al oeste con una calle del proyecto. El terreno declina con una fuerte pendiente hacia el norte, el este y el sur, extendiéndose entre

las cotas 109.72 y la 95.0. Al momento de hacer el estudio el terreno se encontraba baldío.

## 2. Condiciones del Subsuelo

El perfil del terreno de arriba hacia abajo, dentro de la profundidad explorada, es como sigue:

- Estrato No. 1 Tierra negra, con un espesor entre 0.05 y 0.10 metros;
- Estrato No. 2 Arena limosa café, plástica, con un espesor entre 0.25 y 1.25 metros, y;
- Estrato No. 3 Toba café amarillento con manchas blancas, alterada, hasta el fondo de la profundidad explorada.

El nivel freático no se encontró dentro de la profundidad explorada.

## VI ENSAYOS DE LABORATORIO

En los pozos se tomaron muestras inalteradas en bloque de los diferentes estratos del subsuelo, a las que se les hicieron ensayos de identificación (Límites de Atterberg y Porcentaje que Pasa el Tamiz No. 200) y de compresiones edométrica y triaxial rápida, cuyos resultados se resumen en la tabla de la hoja A-6 del Anexo. A la muestra del suelo de subrasante se le hicieron ensayos de identificación (Límites de Atterberg y Porcentaje que Pasa el Tamiz No. 200) de compactación y de CBR y sus resultados se resumen también en la hoja A-6 del Anexo. Adicionalmente se tomaron muestras de la roca las que fueron ensayadas a compresión simple. Los resultados de los ensayos hechos a la roca se resumen en la tabla de la hoja A-7 del Anexo. Los datos de todos los ensayos de laboratorio de los suelos de cimentación se muestran en las hojas A-8 a la A-17 y los de los suelos de subrasante de la hoja A-18 a la A-21 del mismo Anexo.

## VII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 1) GENERALIDADES

Las condiciones del subsuelo son adecuadas para cimentar la capilla en proyecto sobre cimentaciones directas. En la planificación del proyecto se deberá tomar en cuenta que debajo de la losa de cimentación de la capilla se colocará un relleno de no menos de 20 centímetros de espesor, con el objeto de lograr una subrasante uniforme y evitar que la losa de cimentación quede apoyada parte en relleno y parte en roca, dos materiales de diferente comportamiento mecánico.

### 2) PLATAFORMA DE LA CAPILLA

De acuerdo a los planos de IJSUD la capilla se construirá sobre una plataforma en corte y relleno situada a la cota 107. Aunque la cota de la plataforma de la capilla se considera adecuada es recomendable modificarla, si es posible, de modo que se reduzcan al mínimo los muros de contención alrededor de la plataforma de la misma. Sin embargo, se planificará también la cota de plataforma de la capilla de forma de dejar sobre la roca un relleno de no menos de 20 centímetros de espesor.

### 3) MOVIMIENTO DE TIERRAS

#### CORTE

En la zona de la capilla y sus futuras ampliaciones se hará un corte de limpieza de 20 centímetros para remover los suelos orgánicos superficiales. Si los suelos orgánicos o no adecuados tienen un espesor mayor al indicado, se hará localmente un vaciado.

Como la toba que se encuentra en el lugar no es muy dura y está diaclasada, se estima que la misma se puede romper con el escarificador de un tractor de oruga y removerse con la hoja topadora. Al hacer estas operaciones de corte se extremarán cuidados a efecto de no dejar

### Rellenos estructurales

Para la construcción del relleno de la plataforma de la capilla y sus futuras ampliaciones, se usarán materiales seleccionados con un CBR mayor que 30, un Límite Líquido menor que 25, un Índice de Plasticidad menor que 8 y un Porcentaje que Pasa el Tamiz No. 200 menor que 20. Antes de construir los rellenos se afinará la subrasante, eliminándole todos los baches. Al terminar de compactar la subrasante la misma se recubrirá con material de relleno, para evitar que se reseque y agriete.

Los rellenos se construirán en capas horizontales de un espesor suelto no mayor que 20 centímetros, compactadas a 90% Proctor Modificado, con equipo pesado adecuado. La construcción del relleno se iniciará en la parte más baja del terreno y el mismo se engrapará a la subrasante haciendo cortes en la misma de igual altura que las capas de relleno, para evitar que la superficie de contacto entre ambos sea una superficie de deslizamiento.

Para facilitar la ejecución de los rellenos y evitar interferencias entre actividades, se recomienda que los rellenos se construyan antes de iniciar cualquier otra fase de la construcción. Así mismo, se recomienda hacer el movimiento de tierras en época seca para poder tener el control de humedad, indispensable para lograr una buena compactación.

La experiencia confirma que todo relleno suele presentar problemas, tanto de ejecución como de programación. Por ello, se recomienda la presencia constante en obra de un técnico con suficiente experiencia en mecánica del suelo, que dirija la ejecución y control de los rellenos.

Los taludes de los rellenos se dejarán a una pendiente de 2H:1V y se protegerán con grama o con cualquier otro recubrimiento adecuado.

Los rellenos se deberán extender por lo menos un metro afuera de la línea de construcción, en cada sentido.

En el período entre la aceptación de los rellenos y la construcción de la cimentación se les dará a aquéllos mantenimiento de agua, asperjándolos dos veces al día para evitar que se agrieten.

#### 4) DISEÑO DE LA CIMENTACIÓN

La capilla se cimentará sobre una losa dimensionada para una presión de contacto de 10 toneladas por metro cuadrado, apoyada directamente sobre un relleno controlado de no menos de 20 centímetros de espesor.

En todo el perímetro de la losa se construirá un diente de 50 centímetros de profundidad para proteger la losa de descalce por erosión y para rigidizar su orilla.

Por ser los suelos locales de muy alto contenido de humedad, debajo de la losa de cimentación, entre ésta y el relleno subyacente, se colocará un plástico de 6 milésimas de espesor, como barrera de humedad.

#### 5) EMPUJES CONTRA MUROS DE CONTENCIÓN

Para los muros de contención alrededor de la plataforma de la capilla se pueden usar varias soluciones, a saber: a) muro de cortina de concreto reforzado; b) talud reforzado con geomallas, y; c) muro de bloques de concreto con relleno reforzado con geomallas.

Los empujes contra los muros de contención del proyecto se calcularán para un suelo sin cohesión, un ángulo de fricción interna de  $30^{\circ}$  y un peso unitario de 1.6 toneladas por metro cúbico.

Si se usa un muro de cortina de concreto reforzado, la zapata del mismo se apoyará a 1 metro debajo del nivel inferior del muro de contención y la misma se dimensionará para una presión de contacto de 40 toneladas por metro cuadrado. Para el coeficiente de fricción suelo-concreto se puede utilizar un valor de 0.4.

En el diseño de estos muros habrá que extremar cuidado porque la falla de los mismos implicaría la posibilidad que le caigan el muro y parte de su relleno a los vecinos situados a lo largo del lindero norte del terreno. Se deberán tomar todas las precauciones a efecto de engrapar bien el relleno detrás de los muros a la roca.

#### Relleno del pozo

En el terreno hay un pozo ciego relleno con basura. Este pozo se vaciará y se rellenará con relleno controlado como se explicó anteriormente.

#### Aguas de lluvia

Por ninguna razón se dejará que las aguas de techos y patios escurran libremente sobre la ladera. Estas aguas se deberán conducir por medio de pozos, cunetas revestidas o tuberías hasta el fondo del zanjón que limita el terreno del lado sur.

#### Disposición de aguas servidas

Para la disposición de aguas servidas no se podrán usar pozos de absorción por dos razones:

- a) su excavación sería muy difícil y costosa, y;
- b) la roca tiene muy baja absorción.

Para la disposición final de las aguas servidas habrá que buscar otro sistema como zanjas de absorción, por ejemplo.

#### 8) PROTECCIÓN DE LA LADERA AL ESTE DE LA CAPILLA

Esta ladera se deberá proteger para mantenerla estable y en el estado en que se encuentra. Por ninguna razón se derramarán sobre ella los suelos de desperdicio provenientes del movimiento de tierras del proyecto, ripio o ningún sobrante de la obra, para no comprometer su estabilidad.

Es un hecho comprobado que en igualdad de condiciones (litología, morfología, etc.), una ladera forestada es más estable que otra que no lo está, por ello, se promoverá sobre la ladera el crecimiento de árboles de variedades nativas de la zona, como encinos, pinos, etc. La forestación es beneficiosa porque las raíces de los árboles o arbustos actúan como refuerzos a

tensión dentro del suelo de la ladera, mejorando su estabilidad. Para el presente caso, la vegetación también disminuye la erosión por: a) la acción de las raíces que confinan las partículas del suelo; b) las hojas de los árboles, arbustos y plantas impiden que la lluvia golpee directamente sobre los suelos superficiales, y; c) la broza y demás desechos vegetales, depositados superficialmente, evitan que el agua de lluvia alcance altas velocidades al escurrir sobre la ladera.

El agua de patios, calles y techos no deberá dejarse escurrir sobre la ladera; este agua se deberá recolectar y encausar hasta el fondo del barranco, por medio de tuberías o cunetas revestidas o, mejor aún, con un sistema de pozos y túneles.

#### 9) INFORMACIÓN BÁSICA DEL PROYECTO

|  |   |
|--|---|
| Corte de limpieza  | 0.2 metros  |
| Cota de la plataforma de la capilla                                | A la cota 107.00                                  |
| Nivel freático   | No se encontró                                    |
| Relleno controlado en la zona de la capilla y futuras ampliaciones | De no menos de 0.2 metros de espesor.             |
| Tipo de cimentación recomendada                                    | Losa de cimentación                               |
| Presión de contacto  | 10 ton/m <sup>2</sup>                             |
| Tratamiento debajo de la losa                                      | Membrana de polietileno de 6 milésimas de espesor |

#### 10) VERIFICACIÓN FINAL

Se recomienda que al alcanzar las cotas de excavación y de cimentación, se dé aviso al suscrito para verificar si las condiciones de campo son básicamente las mismas que se usaron para la preparación de las recomendaciones del presente informe.

  
Dr. Rodolfo Semrau Lago  
Ingeniero Civil  
Colegiado No. 1565

