

Universidad de Costa Rica
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**Aplicación de la metodología diseño valor meta
a un proyecto comercial**

Proyecto de Graduación

Para obtener el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil

Presenta:

David Salas Castrillo

Directora del Proyecto de graduación:

Ing. Flor Muñoz Umaña, M.Ing., I.C.

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

Costa Rica

Julio, 2017

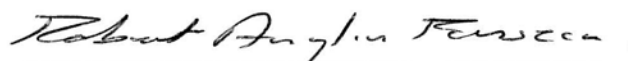
**MIEMBROS DEL CÓMITE ASESOR
Y SUSTENTANTE**



Ing. Flor de María Muñoz Umaña, M.Ing. I.C.
Directora del trabajo



Ing. Gravin Mayorga Jiménez, M.Sc.
Miembro del Comité Asesor



Ing. Robert Anglin Fonseca, M.Sc.
Miembro del Comité Asesor



David Salas Castrillo
Sustentante

DERECHOS DE PROPIEDAD INTELECTUAL

Fecha: 2017, agosto, 31

El suscrito, David Salas Castrillo, cédula 1-1028-0518, estudiante de la carrera de Licenciatura en Ingeniería Civil de la Universidad de Costa Rica, con carné número **973085**, manifiesta que es autor de la Tesis de Graduación **Aplicación de la metodología diseño valor meta a un proyecto comercial**, bajo la dirección de la **Ingeniera Flor Muñoz Umaña**, quien en consecuencia tiene derechos compartidos sobre el resultado de esta investigación.

Asimismo, hago traspaso de los derechos de utilización del presente trabajo a la Universidad de Costa Rica, para fines académicos: docencia, investigación, acción social y divulgación.



Nota: De acuerdo con la Ley de Derechos de Autor y Derechos Conexos N° 6683, Artículo 7 (versión actualizada el 02 de julio de 2001); "no podrá suprimirse el nombre del autor en las publicaciones o reproducciones, ni hacer en ellas interpolaciones, sin una conveniente distinción entre el texto original y las modificaciones o adiciones editoriales". Además, el autor conserva el derecho moral sobre la obra, Artículo 13 de esta ley, por lo que es obligatorio citar la fuente de origen cuando se utilice información contenida en esta obra.

DEDICATORIA

A las mujeres de mi vida Beatriz, Victoria, Ligia, Zulema, Ale, Carmen

AGRADECIMIENTOS

Mi más profundo agradecimiento a los ingenieros Flor Muñoz, Gravin Mayorga y Robert Anglin por su valiosa colaboración y dirección en el siguiente trabajo.

Al Sr. Carlos Wong por aprobar la ejecución de este trabajo y al grupo de profesionales que participaron en el proceso de diseño.

A Beatriz por su apoyo incondicional durante la ejecución de este trabajo.

Contenido

1	Introducción.....	15
1.1	Justificación.....	15
1.1.1	El problema específico	15
1.1.2	Importancia	16
1.1.3	Antecedentes	16
1.2	Objetivo	18
1.2.1	Objetivo general.....	18
1.2.2	Objetivos específicos.....	18
1.3	Hipótesis	18
1.4	Delimitación del problema.....	19
1.4.1	Alcance.....	19
1.4.2	Limitaciones.....	19
1.5	Metodología.....	20
2	Marco Teórico	23
2.1	Filosofía Lean	23
2.2	Construcción Lean.....	25
2.2.1	Fundamentos	27

2.2.2	Estructura del Sistema de Administración de un Proyecto Lean.....	27
2.3	Diseño Valor Meta.....	28
2.3.1	Origen.....	28
2.3.2	Principios de la metodología Diseño Valor Meta (TVD)	29
2.3.3	Proceso de la metodología Diseño Valor Meta	30
2.3.4	Mapeo de flujo de valor	31
2.3.5	Ventajas asociadas a la aplicación de la metodología Diseño Valor Meta.....	32
3	Aplicación Metodología Diseño Valor Meta como base para proceso de diseño	33
3.1	Proyecto de estudio.....	33
3.1.1	Descripción general	33
3.1.2	Alcance.....	35
3.1.3	Requerimientos y expectativas de los inversionistas.....	36
3.1.4	Proceso de selección de la empresa constructora	37
3.1.5	Estimado de obra civil y acabados.....	43
3.1.6	Estimado de sistema eléctrico.....	47
3.1.7	Estimado de sistema mecánico	49
3.1.8	Estimado Valor Meta.....	50
3.2	Diseño Valor Meta.....	51
3.2.1	Mapeo del proceso de diseño.....	51

3.2.2	Evaluación de opciones de diseño para obra civil y acabados.....	55
3.2.3	Evaluación de opciones de diseño para el sistema mecánico.....	79
3.3	Presupuesto de diseño final	79
3.3.1	Presupuesto de obra civil y acabados	79
3.3.2	Presupuesto del sistema eléctrico.....	83
3.3.3	Presupuesto del sistema mecánico	84
3.3.4	Resumen	84
4	Variación del costo final, por metro cuadrado, para el caso de estudio versus el costo final de otros proyectos de tipo comercial.....	85
4.1	Comparación de estimado meta con presupuesto de diseño final	85
5	Conclusiones y Recomendaciones	89
5.1	Conclusiones	89
5.2	Recomendaciones	91
6	Referencias bibliográficas	93
7	Apéndices	94

Índice de Figuras

Figura 1-1: Metodología propuesta para desarrollar el proyecto.....	22
Figura 2-1: Flujo de proceso tradicional (secuencia 1) versus Flujo de proceso de la metodología TVD (secuencia 2).....	31
Figura 3-1 Planta conjunto de la plaza comercial.....	34
Figura 3-2: Organigrama seguido a lo largo de la aplicación de la metodología.....	34
Figura 3-3 Mapeo del proceso de diseño de plaza comercial.....	54
Figura 3-4: Marco propuesto por diseñador estructural para los locales centrales.....	55
Figura 3-5: Marco propuesto para los locales perimetrales.	56
Figura 3-6: Marco propuesto para los locales ancla.	56
Figura 3-7: Marco optimizado para los locales centrales.....	57
Figura 3-8: Marco optimizado para los locales perimetrales.....	58
Figura 3-9: Marco optimizado para los locales ancla.	58
Figura 3-10: Sección de planta de fundaciones propuesta por diseñador.....	60
Figura 3-11: Sección de planta de fundaciones planos finales.....	61
Figura 3-12: Fachada oeste plano final del centro comercial.....	64
Figura 3-13: A la izquierda se muestra la propuesta inicial para la losa de piso y a la derecha la versión incorporada a los planos finales.....	66
Figura 3-14: Detalle de alero incluido en planos finales del centro comercial.	67

Figura 3-15: A la izquierda se muestra la propuesta inicial para la cubierta y a la derecha la versión incorporada a los planos finales.	69
Figura 3-16: Detalle de acabado de piso incorporado en planos finales.	70
Figura 3-17: Sección que muestra los acabados de cielo incorporados en planos finales.	72
Figura 3-18: Elevación que muestra las fachadas de vidrio con marcos de aluminio incluida en el anteproyecto.	73
Figura 3-19: Elevación que muestra las fachadas de vidrio con herrajes de acero inoxidable incluido en planos finales.	73
Figura 3-20: Detalle de pavimento incluido en planos finales.	75
Figura 3-21: Sección de planta eléctrica que muestra la propuesta de canalización del diseñador.	76
Figura 3-22: Módulo de restaurantes donde la diferencia entre el nivel de la terraza y la acera hizo necesaria la ubicación de una baranda.	82

Índice de Cuadros

Cuadro 2-1: Diferencias principales entre JIT y Producción en masa	25
Cuadro 3-1: Resultado de encuesta a inversionistas sobre los elementos de mayor valor de la plaza comercial.	37
Cuadro 3-2: Comparación preliminar de ofertas según parámetros clave a evaluar.	39
Cuadro 3-3: Resumen de riesgos potenciales por empresa después de revisar el alcance de las ofertas y los supuestos en que se sustentaron.	41
Cuadro 3-4: Comparativo de resultados análisis de riesgo a partir de lo ofertado por empresa	43
Cuadro 3-5: Estimado de costos de obra civil y acabados a partir de los supuestos adoptados	46
Cuadro 3-6: Estimados de precios y cantidades del sistema eléctrico	49
Cuadro 3-7: Estimados de precios y cantidades del sistema mecánico.....	50
Cuadro 3-8: Partidas más relevantes.....	51
Cuadro 3-9: Resultado del análisis de las opciones de diseño de la estructura metálica	59
Cuadro 3-10: Resultado del análisis de las opciones de diseño de las fundaciones	62
Cuadro 3-11: Resultado del análisis de las opciones de diseño para cerramientos perimetrales	63
Cuadro 3-12: Resultado del análisis de las opciones de diseño para cerramientos	64
Cuadro 3-13 Ahorro obtenido para la losa de piso.	66

Cuadro 3-14: Resultado obtenido del análisis de las opciones de diseño de la cubierta de alero.	68
Cuadro 3-15: Resultado obtenido del análisis de las opciones de diseño de la cubierta de las naves.....	69
Cuadro 3-16: Resultado obtenido del análisis de las opciones de diseño para acabados de piso.	70
Cuadro 3-17: Resultado obtenido del análisis de las opciones de diseño para acabados de cielo.	71
Cuadro 3-18: Resultado obtenido del análisis de las opciones de diseño para sistemas de ventanería.....	74
Cuadro 3-19: Resultado obtenido del análisis de las opciones de diseño para pavimentos....	75
Cuadro 3-20: Resultado obtenido del análisis de las opciones de diseño para luminarias de los locales.....	78
Cuadro 3-21: Resultado obtenido del análisis de las opciones de diseño para luminarias de los pasillos.....	79
Cuadro 3-22: Presupuesto final de obra civil y acabados.....	80
Cuadro 3-23: Presupuesto final del sistema eléctrico.....	83
Cuadro 3-24: Presupuesto final del sistema mecánico.....	84
Cuadro 4-1: Resumen de costos para las 16 partidas de mayor incidencia en el presupuesto global.....	86
Cuadro 4-2: Resumen de partidas en las que el propietario seleccionó la opción menos económica para el proyecto	87

Cuadro 4-3: Resumen de partidas en las que el propietario seleccionó la opción menos económica para el proyecto	88
---	----

Salas Castrillo, David

Aplicación de la metodología diseño valor meta a un proyecto comercial

Proyecto de Graduación - Ingeniería Civil - San José, Costa Rica.:

D. Salas C.; 2017

xiii, 94, []h; ils. – 8 refs.

Resumen

En el panorama actual donde los desarrolladores demandan cada vez plazos y costos de construcción menores dada la alta competencia en el mercado, es fundamental que la industria de la construcción adopte metodologías de trabajo que optimicen el ciclo de los proyectos. Mediante la aplicación de metodología diseño valor meta se pueden evitar re-procesos y obtener un juego de planos alineado con el presupuesto de la obra, de manera que el porcentaje del riesgo previsto sea menor.

En este trabajo se aplicó la metodología al proceso de pre-construcción de un proyecto comercial para obtener el costo estimado de la obra, este resultado se comparó con el presupuesto valor meta de la obra y con el costo final de proyectos similares.

El primer paso fue la definición del proyecto por medio de entrevistas al propietario que a su vez permitieron a los diseñadores elaborar un anteproyecto y una memoria descriptiva. Seguidamente, se abrió un proceso licitatorio para seleccionar a la empresa constructora que participó del proceso de pre-construcción. Posteriormente, se identificaron las partidas del presupuesto más importantes y se mapeó el proceso de diseño para analizarlas. Una vez finalizado su análisis y seleccionadas todas las opciones, los diseñadores completaron el diseño del proyecto comercial. Finalmente, la empresa constructora presupuestó el costo del proyecto basado en el juego de planos constructivos.

Con la metodología de trabajo aplicada, después de 3 meses de trabajo, el monto del presupuesto final es 3,90 % superior al presupuesto valor meta, valor que hubiera sido de 10,65 % de no haberse aplicado esta metodología. Por otro lado, este porcentaje de variación es como mínimo 6 veces menor al obtenido en otros dos proyectos del propietario en los que se empleó el método tradicional de contratar a una firma de diseño para la elaboración de planos constructivos y especificaciones. DSC

DISEÑO VALOR META; CONSTRUCCIÓN LEAN

Ing. Flor Muñoz Umaña M.Ing., I.C.

Escuela de Ingeniería Civil

1 Introducción

1.1 Justificación

A continuación se hará una breve acotación sobre el problema específico, importancia, antecedentes y objetivos del caso de estudio.

1.1.1 El problema específico

En el desarrollo de los proyectos inmobiliarios los propietarios utilizan ampliamente el esquema de contratar a una firma de diseño para la elaboración de planos constructivos y especificaciones que, una vez terminados se convierten en la documentación base para la selección de un contratista. La licitación es un mecanismo de contratación utilizado bajo la premisa de que asegura el precio y el plazo de ejecución más favorable para el proyecto.

Esta metodología de trabajo usualmente resulta en diseños desalineados con el presupuesto que el desarrollador tiene para ejecutar el proyecto y, no es sino hasta que termina el proceso licitatorio, que se descubre el desfase. Es en este punto del cronograma del proyecto, donde el desarrollador urge al diseñador y al oferente a buscar e implementar técnicas de ingeniería de valor o recortes de alcance que reduzcan el costo del diseño. Finalmente, si el proceso es "exitoso" la nueva oferta estará dentro del presupuesto, pero dejando en el camino tiempo y dinero en rediseños, así como comprometiendo la calidad esperada por el desarrollador.

A esa desventaja habría que sumarle que las premisas de diseño no gozan de la retroalimentación de los contratistas desfavoreciendo la facilidad constructiva y la carencia de un detallado adecuado en planos. Los planos que cuentan con estas características pueden producir procesos constructivos llenos de órdenes de cambio que aumentan el costo del proyecto, desvirtuando así la premisa que originó el método de contratación.

Por otro lado, según Lincoln H. Forbes (2011) el esquema de contratación tradicional fomenta relaciones de adversarios entre el desarrollador, el diseñador y los contratistas, cada parte velando por sus intereses perdiendo así la posibilidad de colaborar e innovar por el bienestar el proyecto.

En resumen, el problema radica en que el esquema tradicional de contratar a una firma de diseño para la elaboración de planos constructivos y especificaciones, que una vez terminados se convierten en la documentación base para un proceso de licitación privada, desfavorece el costo, el tiempo y la calidad del proyecto.

1.1.2 Importancia

En el panorama actual donde los desarrolladores demandan cada vez plazos y costos de construcción menores dada la alta competencia en el mercado, es fundamental que la industria de la construcción adopte metodologías de trabajo que optimicen el ciclo de los proyectos y la conviertan en un sector eficiente que invite a la inversión privada y a la mejor utilización de los recursos. Un proyecto como este incorpora una metodología de trabajo que fomenta la colaboración de todos los miembros del equipo de proyecto (usuario final, contratistas y diseñadores) desde su inicio en aras de obtener soluciones de diseño innovadores, de alta calidad y dentro del presupuesto del desarrollador.

En el apartado de costos es donde este trabajo agrega valor al plantear la aplicación de una metodología que busca reducir la incertidumbre del costo final de la obra.

Es precisamente en este contexto que la metodología Diseño Valor Meta (Target Value Design, TVD), enmarcada dentro de la filosofía de producción "lean" (sin desperdicio), prueba ser una herramienta valiosa.

La metodología Diseño Valor Meta (Target Value Design) se rige por una serie de principios y pasos que promueven un proceso de diseño sin desperdicios, basado en la colaboración de todos los miembros del equipo de proyecto y enfocado al valor esperado por el cliente. En caso de obtenerse resultados positivos su aplicación al caso de estudio, se podría potenciar el desarrollo de zonas comerciales al reducir el costo final de los proyectos.

1.1.3 Antecedentes

La filosofía de manufactura "lean" se deriva principalmente del sistema de producción de Toyota (TPS) desarrollado en la década de 1960 y de cómo la usaron para minimizar el

desperdicio en sus procesos de producción y así lograr posicionarse como líderes en la industria automotriz. Esencialmente, la filosofía está centrada en maximizar los elementos que le dan "valor" al producto y minimizar todo lo demás. El sistema de manufactura "lean" es un método sistemático que busca eliminar el desperdicio del proceso productivo, provee lo necesario, en la cantidad necesaria cuando es necesario.

Lauri Koskela (1992), investigador del VTT Technical Research Centre de Finlandia, realizó un estudio titulado Aplicaciones para la Nueva Filosofía de Producción para la Construcción. Él caracterizó la construcción como una forma de producción. Koskela propuso esta nueva filosofía a raíz del exitoso proceso de producción de Toyota (TPS).

Glenn Ballard escuchó a Koskela en la Universidad de California-Berkeley e iniciaron una colaboración en producción "Lean" que los llevó a realizar una conferencia en Helsinki, Finlandia en Agosto de 1993 que llegó a convertirse en la primera reunión del Grupo Internacional para Construcción Lean (IGLC).

Ballard y Greg Howell posteriormente fundaron el Instituto de Construcción Lean (LCI por sus siglas en inglés) en los Estados Unidos en 1997. El Instituto de Construcción Lean, ha investigado y documentado por medio de sus revistas y artículos técnicos algunos de los beneficios de la aplicación de la filosofía "lean" en la industria de la construcción, siendo la fuente de información más importante sobre este tema, Lincoln H. Forbes (2011).

Desde inicios de la década pasada la metodología TVD ha sido aplicada exitosamente en proyectos en los Estados Unidos. El primer proyecto del que hay registro de su aplicación es el Campus atlético del Saint Olaf College. El proyecto fue entregado 10 meses antes de lo esperado y con un costo 18% menor que el obtenido en proyectos similares, Lincoln H. Forbes (2011).

Con el paso del tiempo la metodología ha ido extendiéndose principalmente a países suramericanos como Chile, Colombia, Brasil y Perú.

En Costa Rica la empresa Constructora Volio & Trejos S.A., por medio de su departamento de innovación ha investigado sobre la aplicación de las herramientas de la filosofía "lean

construction”, y si bien es cierto han aplicado varias de ellas en sus proyectos todavía no han aplicado el Diseño Valor Meta.

1.2 Objetivo

1.2.1 Objetivo general

Calcular durante el proceso de pre-construcción los costos de construcción de un proyecto comercial de tipo privado aplicando la metodología *Diseño Valor Meta (Target Value Design, TVD)*, y compararlos con estimaciones de costos obtenidas siguiendo el esquema tradicional en proyectos similares.

1.2.2 Objetivos específicos

- i) Determinar el estimado de valor meta que sirve de base para el proceso de diseño.
- ii) Aplicar la metodología *Diseño Valor Meta (Target Value Design, TVD)* al proceso de pre-construcción de un proyecto comercial del sector privado para obtener los costos del proceso de pre-construcción.
- iii) Cuantificar los costos del proceso de pre-construcción según la metodología *Diseño Valor Meta* versus las estimaciones de costos obtenidas siguiendo el esquema tradicional en proyectos similares.

1.3 Hipótesis

Tal y como se mencionó en la descripción del problema específico, el flujo del proceso de pre construcción tradicional produce planos desalineados con el presupuesto de la obra. La hipótesis que plantea este trabajo de graduación es que mediante la aplicación de la metodología diseño valor meta se pueden evitar re-procesos y obtener un juego de planos alineado con el presupuesto de la obra, de manera que el porcentaje del riesgo asociado previsto no exceda del 3 %.

1.4 Delimitación del problema

1.4.1 Alcance

La metodología fue aplicada a la etapa de pre construcción de un proyecto de construcción de una plaza comercial de 3000 metros cuadrados, ubicada en El Llano de Alajuela. La plaza está compuesta por locales comerciales de un nivel totalmente acabados y contará con sistemas electromecánicos tales como sistema de iluminación, tomacorrientes, detección de incendio, agua potable, aguas negras y agua pluvial.

Una vez finalizado el proceso de diseño el Contratista elaboró un presupuesto detallado utilizando como insumo los planos constructivos. Este presupuesto detallado fue comparado con el *presupuesto meta* para medir la eficacia de la herramienta en alinear el diseño al precio meta que el desarrollador está dispuesto a pagar.

Por otro lado, se comparó el presupuesto detallado con los costos finales de al menos 2 proyectos comerciales construidos por el mismo desarrollador a partir del 2015 para evaluar si la aplicación de la metodología redujo el costo del proyecto.

Tanto el *presupuesto meta* como el presupuesto detallado fueron elaborados a partir de costos paramétricos que incluyen el costo del material, la mano de obra, gastos generales y utilidad. En ningún caso se desglosaron los componentes del costo asociado a cada línea del presupuesto dado que el enfoque del trabajo está asociado al costo global.

1.4.2 Limitaciones

Proyectos similares ejecutados por el desarrollador desde su etapa de diseño hasta su finalización tienen una duración promedio que supera los 12 meses, es por ello que la aplicación de la metodología se limita a la etapa de pre construcción y no incluye una evaluación del presupuesto detallado contra el costo final de la obra. Esta situación deja fuera del análisis elementos como las órdenes de cambio que podrían ser objeto de un estudio posterior.

La metodología apela a la innovación y al tratarse el diseño de una actividad desarrollada por profesionales con años de experiencia, cabe la posibilidad de que los diseñadores tiendan a

preferir las soluciones tradicionales que les han funcionado anteriormente. Esto mismo puede suceder con el Propietario.

En la industria de la construcción actual los proyectos tienen plazos de ejecución cortos que limitan el estudio y exploración de opciones de diseño, por ende el equipo podría ver reducido el tiempo para la evaluación de los diferentes materiales y sistemas constructivos a incorporar en el diseño.

En el esquema TVD los Contratistas forman parte del equipo del proyecto, esta característica de la herramienta podría desincentivar la transparencia de los estimados.

El presupuesto detallado será comparado con una cantidad limitada de proyectos similares por la disponibilidad de la información a la que se tiene acceso. El análisis de resultados sería más valioso si contara con una base de datos mayor.

1.5 Metodología

Tal y como se puede apreciar en la Figura 1 la estructura del trabajo está compuesta de tres fases, la primera Teórica, la segunda Experimental y la tercera de Análisis.

En la fase Teórica se investigó por medio de consulta bibliográfica la filosofía lean, iniciando con sus orígenes la industria de manufactura, su aplicación en la industria de la construcción y por último las herramientas derivadas de ella, en particular la herramienta de diseño valor meta con el objetivo de conocer a fondo los antecedentes teóricos de la metodología.

Posteriormente, en la fase Experimental se inició con una entrevista a los propietarios de la plaza comercial para conocer sus requerimientos y expectativas e identificar los elementos que para el desarrollador generan valor.

Para la selección del contratista se realizó una licitación privada de manera tal que el propietario se asegurara de escoger un contratista que le diera un precio de mercado (competitivo). Los insumos brindados para que los oferentes prepararan su propuesta económica fueron los planos preliminares que incluyeron planta de conjunto, elevación y perspectiva, memoria descriptiva del proyecto, cartel de licitación y levantamiento topográfico.

La selección de la empresa adjudicada la hizo el propietario a través del Comité Director con base en las recomendaciones brindadas por el equipo técnico.

El estimado meta es la oferta económica de la empresa adjudicada y fue la base sobre la cual se desarrolló la etapa de diseño. Por medio de una revisión del desglose económico de la oferta se extrajeron las partidas clave que se evaluaron durante las sesiones de diseño.

El primer paso del proceso de diseño fue mapear su flujo para identificar la secuencia óptima y evitar re-procesos, para este fin se reunió al equipo de diseño para entender cuál es el flujo óptimo del proceso según su experiencia. Luego se dividió el grupo de trabajo (propietario, contratistas y diseñadores) en equipos de trabajo multidisciplinario y se le asignó un presupuesto máximo a cada equipo. Los equipos de diseño fueron los siguientes: 1) acabados y obra civil y 2) sistema electromecánico.

Cada equipo analizó y estimó el costo de las opciones propuestas para su disciplina. Las opciones se analizaron en función de los requerimientos del cliente.

Las sesiones de trabajo fueron semanales y se dividieron en dos partes, la primera para trabajar temas arquitectónicos y civiles y la segunda para tratar temas electromecánicos. Cuando fue conveniente se celebraron reuniones grupales para coordinación de disciplinas y revisión de costos. La evaluación de opciones se hizo por medio de pros y contras asociados a cada una.

Una vez completada la etapa de evaluación y selección de opciones los consultores elaboraron los planos constructivos, este juego de planos fue el insumo para la elaboración del presupuesto final por parte del contratista.

Finalmente, en la fase de análisis se comparó el estimado meta con el presupuesto basado en el diseño final para verificar si la aplicación de la herramienta fue efectiva. Además, se comparó el presupuesto final del proyecto en estudio con el costo final de los proyectos similares construidos por el propietario con el objetivo analizar si hubo un beneficio al utilizar la herramienta versus la implementación del esquema tradicional.

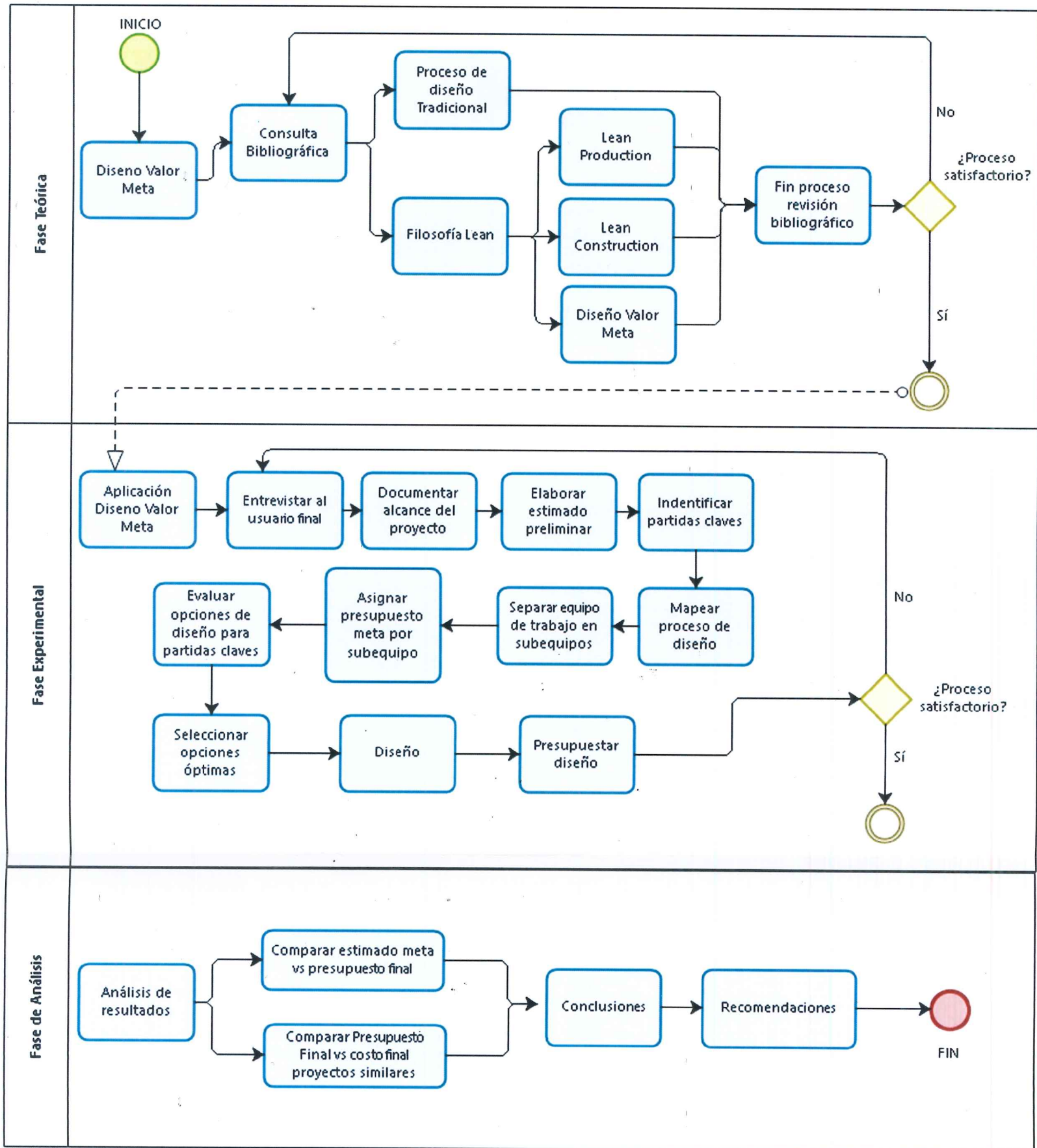


Figura 1-1: Metodología propuesta para desarrollar el proyecto

2 Marco Teórico

2.1 Filosofía Lean

La filosofía de manufactura "lean" se deriva principalmente del sistema de producción de Toyota desarrollado en la década de 1960 y de cómo la usaron para minimizar el desperdicio en sus procesos de producción y así lograr posicionarse como líderes en la industria automotriz. Esencialmente, la filosofía está centrada en maximizar los elementos que le dan "valor" al producto y minimizar todo lo demás. El sistema de manufactura "lean" es un método sistemático que busca eliminar el desperdicio del proceso productivo, provee lo necesario, en la cantidad necesaria cuando es necesario.

Según Lincoln H. Forbes (2011), Toyota se inició en la industria automotriz en 1930 influenciados por el sistema de producción continua de Henry Ford. La Ford era reconocida en la industria como la empresa más eficiente produciendo 7000 carros por día mientras que Toyota hasta entonces había producido un total de 2685 carros en 13 años. Sakichi Toyoda, fundador de Toyota, estudió durante 3 meses los procesos de producción de la Ford y vio posibilidades para mejorar los procesos productivos en Japón. Durante estas visitas, Toyoda encontró que durante el proceso productivo se generaba mucho desperdicio: de inventarios, de mano de obra, de tiempos muertos, entre otros. Notaron que únicamente los trabajadores encargados de montaje añadían valor. Como parte de este análisis, se logró identificar 7 desperdicios en el proceso productivo que representaban una pérdida financiera, ellos son:

- 1) Sobreproducción → producir más que lo que el mercado requiere.
- 2) Tiempos muertos entre etapas → costos en mano de obra perdidos.
- 3) Traslados de mercadería → incrementa costos de energía.
- 4) Métodos productivos ineficientes → se realizan más tareas que las necesarias.
- 5) Inventario innecesario → tiene costo asociado, consume espacio.
- 6) Movimientos innecesarios → tiempo no productivo con costo asociado.
- 7) Producción defectuosa → debe pagarse antes de que pueda ser pagada por el usuario.

Toyota intentó aplicar el sistema de producción en masa; sin embargo, una mala estimación de la demanda lo llevó a tener pérdidas financieras en la década de los 60. Adicionalmente, los consumidores japoneses preferían unidades hechas a la medida que no combinaban con las técnicas de producción en masa adoptadas.

Taichii Ohno, jefe de ingeniería de Toyota, encontró una manera de coordinar el proceso productivo haciendo que el suministro de las partes se calculara diariamente en función de la demanda inmediata de la operación subsiguiente. Esto llevó al desarrollo del Sistema de Producción Toyota (Ohno, 1988). Cada grupo de trabajadores controlaban sus propias operaciones con base en observación continua en vez de basarse en métricas.

El Sistema de Producción Toyota (TPS) evolucionó, de 1960 a 1980, a un sistema altamente exitoso, muy productivo, de alta calidad y de bajo costo. El sistema tiene cuatro elementos principales: 1) JIT (justo a tiempo por sus siglas en inglés) como sistema de producción que responde a las demandas de consumidor, 2) automatización, 3) flexibilidad de la mano de obra y 4) pensamiento creativo. Toyota era capaz de producir un auto que cumplía los requerimientos del cliente en tiempo real. Los trabajadores realizaban control de calidad sin necesidad de inspectores. Con el sistema JIT, los proveedores externos entregaban las partes directamente a la estación de trabajo sin que fuera necesario almacenarlo.

Toyota compartió ese conocimiento con el resto del mundo, formaron alianzas estratégicas con competidores como General Motors. El éxito de Toyota se debió también a las relaciones creadas con los proveedores. Toyota elegía dos o tres proveedores por cada componente y les garantizaba un volumen específico de trabajo, consideraba que generar malas relaciones entre los proveedores era un desperdicio. Esta relación de confianza generaba reducción de costos, promovía la innovación e incrementaba las ganancias para todos los involucrados.

El Cuadro 2-1 muestra las diferencias principales entre producción en masa y JIT. La aplicación de JIT resulta en reducción de inventarios de materia prima y de partes, menos trabajo en el proceso, menores tiempos de ejecución y espacios más reducidos por el control de inventarios. El JIT, por medio del sistema de tarjetas Kanban minimiza los inventarios ya que rastrea un producto a lo largo de las diferentes etapas constructivas y provee un control visual

determinando la cantidad requerida de ese producto en el momento en que es demandado. El inventario no se genera hasta que no es necesario.

Cuadro 2-1: Diferencias principales entre JIT y Producción en masa

<i>JIT</i>	<i>Producción en masa</i>
El consumidor define cuánto se produce.	Se produce con base en predicciones que pueden llevar a sobre producciones o producir menos de lo requerido.
Producir pequeños lotes que son más capaces de adaptarse a las necesidades del cliente.	Producir la mayor cantidad de unidades posible para reducir el costo unitario.
JIT produce un auto que cumple con los requerimientos de un consumidor específico.	La producción en masa mantiene un gran inventario de autos de donde el consumidor puede elegir.

Fuente: Lincoln F., Syed A. (2011). Modern Construction Lean Project Delivery and Integrated Practices. Florida: CRC Press

2.2 Construcción Lean

El Instituto de la Construcción (CII, por sus siglas en inglés, 1983) la define como: "El proceso continuo de eliminar el desperdicio, cumpliendo o excediendo los requerimientos del cliente, enfocándose en el flujo de valor y buscando la perfección en la ejecución del proyecto"

Frank Gilbreth es considerado el padre de la ingeniería industrial. Lincoln H. Forbes (2011). En la década de 1890 Gilbreth estudió el proceso de colocación de mampostería y cómo muchos de los movimientos hechos por los operarios eran innecesarios y no contribuían al trabajo. Gilbreth hizo mejoras al proceso, reduciendo movimientos de 18 a 4,5 minimizando la fatiga

e incrementando la productividad de los trabajadores. Junto con su esposa, Gilbreth desarrolló el conocimiento que luego llevó al campo de la Ingeniería Industrial.

Años después, con el afán de mejorar las prácticas industriales, incluidas las de la industria de la construcción, se creó el CII en 1983 que ha estado estudiando las deficiencias de la industria por muchos años para desarrollar mejoras al sistema. Como parte de los resultados obtenidos por el CII se encontró que un muy bajo porcentaje del total de horas laboradas son realmente productivas, se estima que solo el 11,4 % de las horas añaden valor al proceso.

Lauri Koskela (1992) realizó un estudio titulado *Aplicaciones para la Nueva Filosofía de Producción para la Construcción*. Él caracterizó la construcción como una forma de producción. Koskela propuso esta nueva filosofía a raíz del exitoso proceso de producción de Toyota (TPS). Koskela concluyó luego de revisar varios estudios de productividad en plantas tanto en Estados Unidos como en Europa, que los sistemas más exitosos eran los basados en la filosofía JIT.

Koskela concluyó a partir de sus estudios que las tareas que añadían valor a los procesos solían estar entre 3 % a 20 % del total de tareas ejecutadas y que el tiempo que tomaba ejecutarlas era solo del 0.5 % al 5 % del tiempo total de ejecución. Él consideraba que esto se debía a 3 causas principales: diseño (subdivisión excesiva de tareas), ignorancia (los procesos productivos evolucionaban sin análisis exhaustivos) y, la naturaleza inherente de la producción (refiriéndose a la incidencia de defectos y accidentes propios del proceso).

Los principios establecidos por Koskela se basaron en el control de estas tres causas. Glenn Ballard escuchó a Koskela en la Universidad de California-Berkeley e iniciaron una colaboración en producción "Lean" que los llevó a realizar una conferencia en Helsinki, Finlandia en Agosto de 1993 que llegó a convertirse en la primera reunión del Grupo Internacional para Construcción Lean (IGLC).

Ballard y Greg Howell posteriormente fundaron el Instituto de Construcción Lean (LCI) en los Estados Unidos en 1997. Miembros del IGLC y el LCI desarrollaron posteriormente el concepto del *Sistema de Ejecución del Proyecto Lean* aplicado a la administración de proyectos. Posteriormente, se mejoró el proceso de diseño. Según, Tommelein & Ballard (2016), en el

año 2002 se aplicó por primera vez el diseño valor meta a un proyecto y en el año 2007 el término Diseño Valor Meta fue acuñado por Hal Macomber, Greg Howell y Jack Barbeiro.

2.2.1 Fundamentos

Según Womack and Jones (1996) hay 5 principios lean que se pueden aplicar a cualquier organización

- Valor: identificar los elementos que tienen valor para el cliente y proveerlo
- Flujo de valor: identificar el flujo de valor para cada proceso, exponer el desperdicio y removerlo
- Flujo: hacer que el valor fluya de acuerdo al proceso optimizado
- Pull: producir de acuerdo a la demanda, filosofía JIT
- Mejora continua: mejorar en busca de la perfección

2.2.2 Estructura del Sistema de Administración de un Proyecto Lean

La comunidad estadounidense de Arquitectura, Ingeniería y Construcción (AEC, por sus siglas en inglés) conocedora de las deficiencias de los procesos de diseño y construcción actuales, que se reflejan en sobre costos, atrasos, problemas de calidad y desempeño en la obra terminada, señala que una de las causas principales de los problemas de desempeño y eficiencia de los proyectos de construcción es que se llevan procesos de diseños pobres.

El Sistema de Administración de un Proyecto Lean (LPDS, por sus siglas en inglés) provee lineamientos para evitar estas deficiencias y mejorar el proceso de diseño y de construcción. Este sistema fue desarrollado por Glenn Ballard en el 2000. La industria tradicional ha separado los roles de los diseñadores con los de los constructores; sin embargo, el LPDS ve las actividades de estos profesionales como una continuidad para que la administración de proyectos logre tres metas fundamentales: 1) Entrega del producto, 2) Maximizar el valor y 3) Minimizar el desperdicio.

Según Ballard (2008), el LPDS comprende una serie de fases, como son: 1) La definición del proyecto, 2) el diseño Lean, 3) suministro Lean, 4) montaje Lean y 5) uso/finalización. Cada

una de estas fases tiene influencia sobre el resto, por lo que es fundamental que las partes interesadas mantengan comunicación constante. A continuación se hace una breve acotación a cada una de estas fases:

- i. **Definición del proyecto:** involucra el desarrollo de diferentes escenarios a nivel conceptual analizando los riesgos del proyecto, rentabilidad y el desarrollo de un plan de financiamiento. La elaboración de un alcance claro y efectivo en esta etapa es fundamental para entender las necesidades del cliente y trabajar para alcanzarlas.
- ii. **Criterios de diseño:** la construcción de las Bases de Diseño (BOD) debe reflejar las necesidades del cliente y constituye un marco de referencia para el diseño que debe satisfacer esas necesidades.
- iii. **Diseño Lean:** El diseño se realiza considerando el proceso constructivo y los costos asociados. La ingeniería de valor es algo que se aplica continuamente en el proceso de diseño y que se usa para la toma de decisiones. Para lograrlo se busca que tanto diseñadores como contratistas se involucren en el proceso.
- iv. **Suministro Lean:** comprende el diseño detallado y diseño del proceso constructivo para conocer la materia prima requerida y el momento en el que ésta debe ser suministrada.
- v. **Montaje Lean y finalización:** contar con un programa de trabajo y dar seguimiento continuo es fundamental. Procesos que permitan reducir tiempos muertos y que se puedan desarrollar en condiciones controladas y predecibles permiten al contratista operar de una manera lean.

2.3 *Diseño Valor Meta*

2.3.1 *Origen*

En el año 2000, Davide Nicolini investigador de la Universidad de Warwick en el Reino Unido elaboró un informe acerca de la aplicación de *Costo Meta* en construcción, pero este intento no dio frutos en el Reino Unido por problemas con las estimaciones de costos y las prácticas

de negocios. No obstante, Ballard y Reiser aplicaron en el año 2004 esta metodología que resultó ser exitosa en Estados Unidos.

En el 2007 Hal Macomber, Greg Howell y Jack Barberio, Tommelein & Ballard (2016), acuñaron el término *Diseño Valor Meta* para denotar el conjunto de prácticas y fundamentos asociadas a la obtención del costo meta en un proyecto.

2.3.2 Principios de la metodología *Diseño Valor Meta* (TVD)

La metodología *Diseño Valor Meta* (TVD) enfoca el proceso de diseño hacia el valor de la obra y lo desarrolla dentro de las restricciones del proyecto. En este caso el "valor" está determinado por el cliente final y está representado por los elementos que son importantes para él como usuario final. Como características de la metodología están:

- TVD propone incorporar la constructibilidad en el diseño
- TVD recomienda diseño conjunto y en contacto continuo con otras disciplinas
- TVD recomienda disponer de varias propuestas de diseño a lo largo del proceso en lugar de delimitarlas al inicio del proceso

EL TVD es una herramienta útil para reducir el desperdicio generado por el esquema tradicional de diseño y contratación en los proyectos de construcción. En el esquema tradicional los diseñadores, constructores y el cliente trabajan por separado. El diseño está orientado a cumplir las especificaciones técnicas del producto, en vez de perseguir el "valor" y el costo final de la obra, provocando en la mayoría de ocasiones un reproceso de diseño que consume tiempo y recursos.

En el TVD los diseñadores, constructores y clientes trabajan juntos desde la definición del proyecto obteniendo las ventajas asociadas a los grupos multidisciplinarios. El proceso de diseño está orientado a lograr el "valor" definido por el cliente.

Macomber, Howell y Barberio (2007) propusieron una serie de prácticas fundamentales para el TVD, ellas son:

1. Desarrolle actividades de diseño en un "Cuarto grande" (Obeya en Japonés). El Obeya tiene un concepto similar a los cuartos de guerra, contendrá gráficos, fotos, cronogramas, cumplimiento de metas del equipo y el avance a la fecha. También incluye medidas de mitigación para los posibles atrasos.
2. Trabaje muy de cerca con el cliente para establecer el valor meta. Los diseñadores deben guiar al cliente para establecer lo que representa valor y cómo se produce ese valor.
3. Una vez establecido ese valor entrene al equipo para que estime el costo de las opciones según estas se vayan desarrollando. Las desviaciones del objetivo en presupuesto o valor para el cliente deben resolverse de inmediato para no continuar gastando recursos en una solución que no es viable.
4. Realice un diseño que incorpore el proceso constructivo. Involucre tanto a los diseñadores como a contratistas y subcontratistas para que incorporen cada uno su experiencia y su punto de vista según su especialidad.
5. Forme grupos pequeños para que las reuniones y acuerdos sean más eficientes siempre considerando las necesidades del cliente. Realice los procesos de diseño teniendo en mente la secuencia de la disciplina que usará la información posteriormente, no haga trabajo que no es necesario. Lean se enfoca en producir lo justo necesario en el momento correcto, por lo tanto, el equipo debe enfocarse en lo que requieren los miembros para cumplir con el cronograma.
6. Planeé y actualice el planeamiento continuamente, mantenga el cronograma actualizado.
7. Lidere el diseño hacia un esfuerzo por innovar.
8. Discuta con el equipo los resultados de cada ciclo de diseño.

2.3.3 Proceso de la metodología Diseño Valor Meta

En la Figura 2-1 se muestra una comparativa del flujo que sigue el esquema tradicional de diseño versus el flujo propuesto por el TVD (Figura 2-1:). Se puede apreciar que la secuencia de actividades del TVD evita los re-procesos del esquema tradicional.

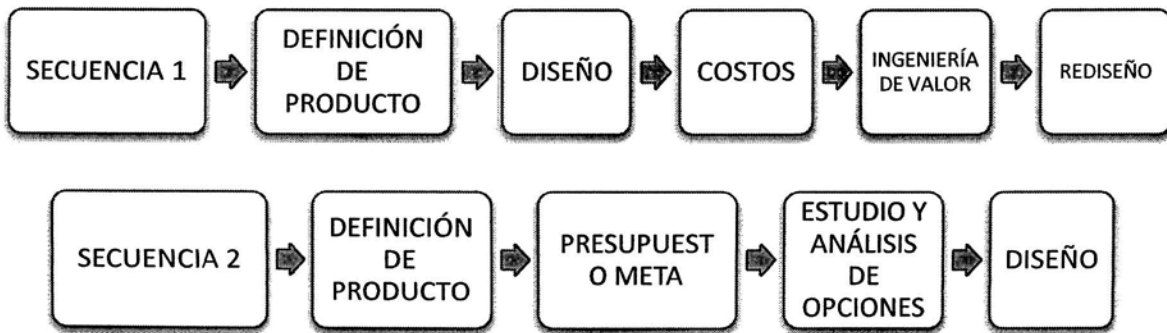


Figura 2-1: Flujo de proceso tradicional (secuencia 1) versus Flujo de proceso de la metodología TVD (secuencia 2)

Fuente: Salas, 2017

A nivel macro, el proceso que se sigue para la aplicación de la metodología TVD comprende los pasos siguientes:

- Conformar el equipo de trabajo: Diseñadores, Contratistas y Cliente
- Validar costo meta con el cliente. En principio es el costo que utilizaron para la elaboración del modelo de evaluación económica del proyecto
- Organizar el equipo en grupos multidisciplinarios de trabajo: estructural, civil, arquitectónico, eléctrico, mecánico, otros.
- Establecer metas para el equipo y grupos de trabajo.
- Analizar, evaluar y validar opciones para los sistemas y estructuras del proyecto.
- Diseñar
- Validar costo meta por medio de un presupuesto basado en los planos finales.

2.3.4 Mapeo de flujo de valor

Según la Guía del Practicante (Target Value Delivery: Practitioner Guidebook to Implementation Current State 2016), se debe elaborar una estrategia de diseño por etapas para cumplir con los objetivos del proyecto tales como trámite de permisos, compras de materiales, etc. Esta

estrategia debe identificar claramente las etapas de diseño, sus entregables y los puntos de interacción entre los miembros del equipo.

2.3.5 Ventajas asociadas a la aplicación de la metodología Diseño Valor Meta

Según *Lincoln H. Forbes (2011)*, entre las principales ventajas de la metodología *Diseño Valor Meta* están:

- *Optimización del costo de la obra*
- Optimización del proceso de diseño
- Reducción en la cantidad de órdenes de cambio
- Reducción en el tiempo de construcción de la obra
- Satisfacción del cliente final

Si bien es cierto en este marco teórico se resume el origen, fundamentos, prácticas y ventajas de la metodología TVD, Tommelein & Ballard (2016) señalan que la metodología está en constante evolución alimentada por los resultados de su aplicación.

3 Aplicación Metodología Diseño Valor Meta como base para proceso de diseño

3.1 Proyecto de estudio

3.1.1 Descripción general

El proyecto objeto de este trabajo está situado en un lote de 7015 m² ubicado en el cantón central de la provincia de Alajuela. El Proyecto consiste en una plaza comercial de un nivel que contará con 33 locales comerciales en su gran mayoría con áreas entre los 50 m² y 100 m². Incluye trabajos exteriores como parqueos, accesos vehiculares, jardines y paisajismo, además de obras complementarias como caseta de seguridad, área para acopio de basura, oficinas administrativas, tótem, tanque de retardo para agua pluvial, tanque de captación para agua potable, casa de máquinas, cuarto de telecomunicaciones, muros y cerramientos perimetrales y mejoras a media vía. La Figura 3-1 muestra la planta conjunto del proyecto.

Para llevar a cabo el TVD se trabajó con diferentes empresas y profesionales que fueron quienes conformaron los equipos de trabajo. La Figura 3-2 muestra el organigrama que se siguió a lo largo del proceso.

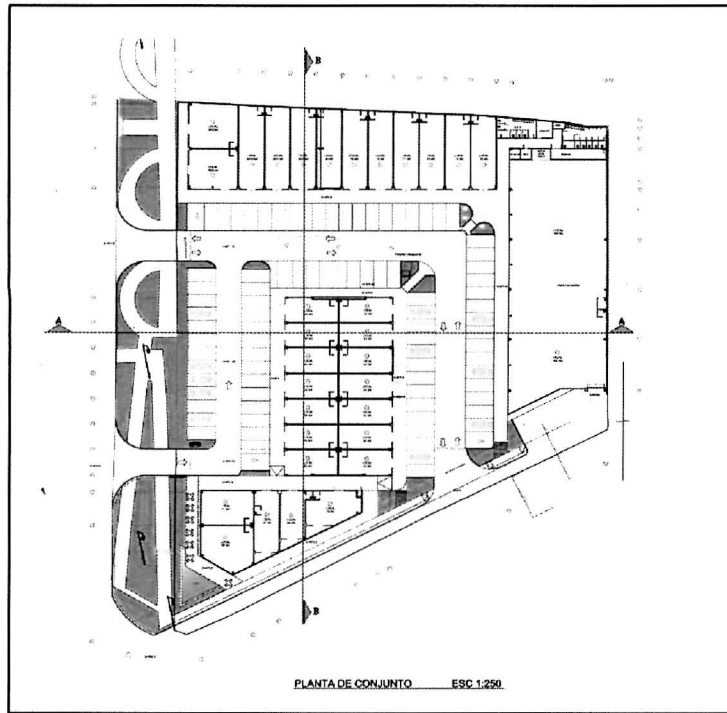


Figura 3-1 Planta conjunto de la plaza comercial

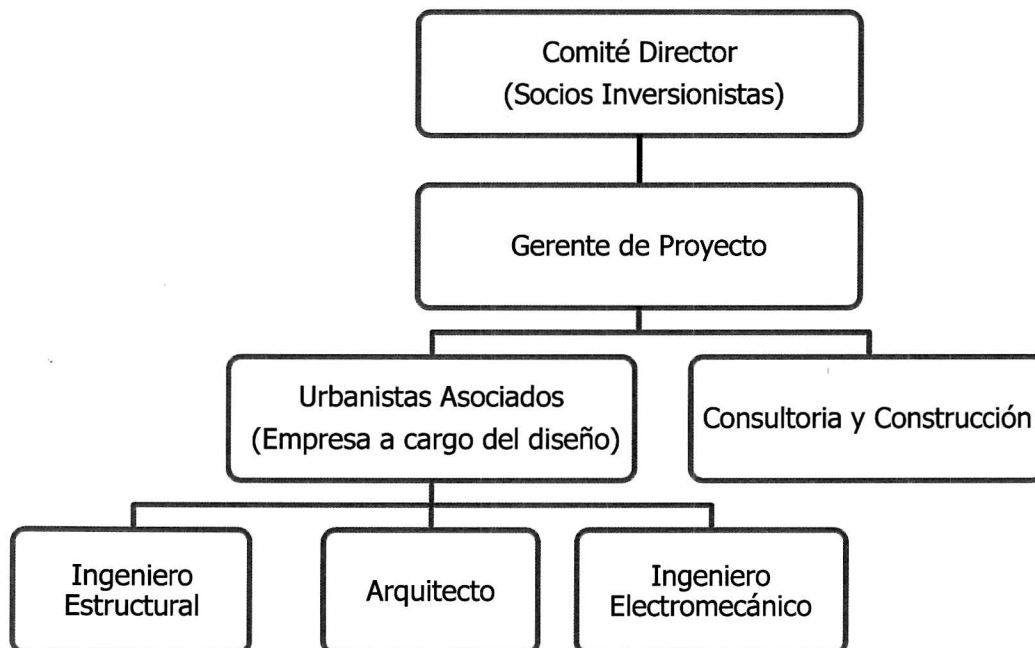


Figura 3-2: Organigrama seguido a lo largo de la aplicación de la metodología

Las áreas de construcción tienen la siguiente composición:

- Locales comerciales: 3 076,50 m²
- Aceras y pasillos: 1 960,00 m²
- Obras complementarias: 1 978,50 m²

3.1.2 Alcance

A continuación, un resumen del alcance de la obra a considerar en el proceso de diseño:

Acabados y Obra Civil:

- Locales comerciales
- Caseta de seguridad
- Tanque para retención de agua pluvial
- Tanque para agua potable
- Cuarto de bombas
- Baños comunes
- Bodega
- Área de acopio para basura
- Cuarto de telecomunicaciones

Electromecánico

- Sistema eléctrico
- Sistema de iluminación
- Sistema de tomacorrientes
- Sistema de telecomunicaciones
- Sistema de detección de incendios
- Sistema de circuito cerrado de televisión
- Sistema de agua potable
- Sistema de presión constante
- Sistema de aguas negras

- Sistema de agua pluviales Estimado Meta

3.1.3 Requerimientos y expectativas de los inversionistas

El primer paso de la metodología TVD es identificar cuáles son los elementos que para el desarrollador generan valor. Este ejercicio permite alinear el diseño con las expectativas del propietario generando una guía para la toma de decisiones durante el diseño de la obra.

Para tal objetivo se diseñó la encuesta que se muestra en el

En el diseño de la misma se tomaron en cuenta factores como el perfil del encuestado, valor de la retroalimentación obtenida por cada una de las preguntas, sistema para cuantificar la importancia de cada una de las respuestas.

Por ejemplo, los encuestados son personas mayores de 50 años y disponen de poco tiempo. Por lo tanto, se optó por una encuesta corta y precisa, que se puede llenar en menos de 5 minutos con la ayuda de un lapicero.

En cuanto a las preguntas, se incluyeron consultas asociadas a aspectos generales que pueden facilitar o dificultar el arrendamiento o venta de un local comercial, como por ejemplo amplitud de pasillos, altura de locales, relación de parqueos, cantidad de baños, tamaño de local, entre otras.

En total se entrevistaron cuatro de los seis inversionistas del proyecto. En el Apéndice 1 se incluyen todos los resultados de cada uno de los aspectos considerados en las entrevistas.

En el Cuadro 3-1 enumeran los aspectos que para los inversionistas poseen mayor importancia. Se puede apreciar que hay elementos de suma importancia para ellos como, por ejemplo, el número de espacios de parqueo, la amplitud de los pasillos, la seguridad del local y baños en cada uno de los locales.

En su defecto, hay otros que a su criterio no generan valor y no deben ser considerados en el diseño como lo son: plaza de comidas, área de juegos, internet de alta velocidad y sistema de gas central.

La encuesta no incluye preguntas técnicas porque esa área le compete al equipo que trabaja en el TVD.

Cuadro 3-1: Resultado de encuesta a inversionistas sobre los elementos de mayor valor de la plaza comercial.

Elementos	Nota
	Promedio
CCTV para seguridad	5,00
Amplitud de pasillos	4,75
Capacidad de parqueos	4,75
Previstas para trampas de grasa	4,50
Baños por local	4,25
Locales acabados	4,00
Cortinas arrollables	4,00
Sistema interno de voz y datos	4,00
Previstas para sanitario adicional	4,00
Fuente	4,00
Sistema de publicidad	4,00

3.1.4 Proceso de selección de la empresa constructora

3.1.4.1 Licitación

Si bien es cierto la metodología TVD busca fomentar relaciones de confianza entre el Contratista y el Propietario, a la hora de aplicar la herramienta por primera vez el Propietario necesita "asegurarse" de alguna manera que está escogiendo un contratista que le dé un precio de mercado.

Por lo tanto, se acuerda abrir un proceso de licitación privada con tres oferentes. Dado que no hay planos para licitar, se licita el proyecto en base a 4 documentos: 1) Planta Conjunto, Elevación y Perspectiva, 2) Memoria descriptiva del proyecto (ver anexo 4), 3) Cartel de Licitación y 4) Levantamiento topográfico.

La Memoria descriptiva del proyecto resume el alcance del proyecto e indica especificaciones generales para cada uno de los componentes civiles y arquitectónicos, así como de los sistemas electromecánicos. El documento fue elaborado a partir de reuniones con el equipo de diseño

donde se analizaron varios insumos como, por ejemplo: los resultados obtenidos en las encuestas realizadas a los inversionistas, infraestructura y requerimientos municipales. Este documento junto con la planta conjunto, la elevación y la perspectiva son la guía para que el contratista pueda estimar los costos directos. Dada la limitada cantidad de información para la estimación de costos, la experiencia del contratista en proyectos similares se vuelve muy importante.

El cartel de licitación incluye las condiciones generales que debe considerar el oferente a la hora de preparar la oferta. En este caso en particular, indica que el proyecto se ejecutará bajo la modalidad TVD y que de acuerdo a esta metodología debe proponer en su oferta el valor meta de la obra, el cuál no podrá exceder sin que medie una "multa" o "castigo económico" y que el medio para lograrlo es a través de su participación activa desde el inicio del proyecto, proponiendo, evaluando y revisando sistemas constructivos, materiales, etc.

Ante el riesgo de abandono del Contratista una vez finalizada la etapa de diseño por el riesgo de no alcanzar el Valor Meta ofertado, se incluye en el cartel una garantía bancaria de cumplimiento que el Contratista perderá si se retira del proyecto. Además, en el Cartel se señala el premio en caso de que se construya por debajo del Valor Meta o el castigo en caso de excederlo. Estas medidas se incluyen debido a que un gran porcentaje del éxito de la metodología radica en que el Contratista se comprometa al Valor Meta ofertado.

Por último, el Desarrollador solicitó incluir en el Cartel una cláusula que exigiera al Contratista una vez finalizado el proceso de diseño pasar su oferta de Precio Máximo Garantizado a la modalidad de Suma Alzada, esto con la intención de reducir el riesgo económico.

Estas condiciones son específicas al proyecto de estudio y fueron solicitadas por el desarrollador, pero no significa que sean aplicables a la generalidad de proyectos.

Con el objetivo de facilitar el análisis de las ofertas y guiar al oferente se incluye en el cartel una Tabla de Desglose de Oferta (Ver anexo 3). Esta tabla será la base para la estimación del valor meta del proyecto.

En la licitación participaron las siguientes empresas: Empresa A, Empresa B y Empresa C. La licitación inició el 2 de febrero de 2017 y las ofertas se recibieron el 17 de febrero de 2017.

3.1.4.2 Análisis preliminar de ofertas

Una vez recibidas las ofertas, el primer paso fue una revisión general del alcance ofertado para identificar si la oferta cumplía con las condiciones del Cartel, seguidamente se procedió con la elaboración de un cuadro comparativo **preliminar** que permitiera observar las principales diferencias. En el cuadro 3.2 se muestra los parámetros que se utilizaron como base para la comparación.

Cuadro 3-2: Comparación preliminar de ofertas según parámetros clave a evaluar.

	Oferta Empresa A	Oferta Empresa B	Oferta Empresa C
Movimiento de tierras	\$ 161 000,00	\$ 123 990,11	\$ 99 583,00
Fundaciones	\$ 92 000,00	\$ 4 320,42	\$ 89 609,00
Estructura metálica	\$ 332 000,00	\$ 517 069,26	\$ 434 902,00
Cerramientos perimetrales	\$ 204 000,00	\$ 109 889,04	\$ 104 592,00
Cubiertas y hojalatería	\$ 152 000,00	\$ 240 508,06	\$ 177 882,00
Contrapiso	\$ 179 000,00	\$ 90 169,18	\$ 162 565,00
Paredes divisorias	\$ 163 000,00	\$ 98 119,43	\$ 192 015,00
Acabados	\$ 484 000,00	\$ 437 496,42	\$ 450 237,00
Sistema eléctrico	\$ 322 000,00	\$ 391 437,01	\$ 313 235,00
Sistema mecánico	\$ 138 000,00	\$ 138 858,52	\$ 95 160,00
Obra civil electromecánica	\$ 104 000,00	\$ 67 600,29	\$ 74 960,00
Parqueos y áreas de circulación	\$ 146 000,00	\$ 125 766,04	\$ 219 569,00
Mejoras a media vía	\$ 27 000,00	\$ 44 358,16	\$ 138 600,00
Obras complementarias	\$ 66 000,00	\$ 52 476,15	\$ 91 499,00
Total Oferta	\$2 570 000,00	\$2 442 058,09	\$2 644 408,00

El promedio del monto total de las ofertas fue de \$2 552 155,36 con una desviación estándar de \$ 102 348,40, que en términos generales corresponde a un 4 % del valor promedio de las ofertas.

En un análisis a nivel macro de las ofertas se puede observar que las ofertas guardan similitud en el orden de magnitud del costo total de la obra, a pesar de que los oferentes no contaron con planos constructivos para su elaboración.

En un análisis ligeramente más detallado se observan algunas diferencias importantes en partidas globales como los son: Fundaciones, estructura metálica, cubierta de techo, paredes divisorias y obras de media vía.

Mediante la lectura del alcance detallado en cada una de las ofertas se puede observar que la oferta de Empresa A tiene más valor en el precio que las otras dos ofertas. Un ejemplo claro es la cubierta de techo, mientras la Empresa A incluye un sistema de cubierta compuesto de dos bandejas metálicas con una placa de aislante en el medio de 5 cm (2 pulgadas), la Empresa C oferta una lámina rectangular con Prodex cuyas propiedades de aislamiento térmico son tres veces menor.

El segundo paso del análisis fue una ronda de reuniones con cada uno de los Oferentes para revisar el alcance y conocer los supuestos que hicieron para cada una de las partidas y los subcontratistas principales que planeaban utilizar para determinar la calidad del equipo. En resumen, el objetivo de estas reuniones es determinar el riesgo asociado a cada una de las ofertas y así recomendar la mejor opción al grupo de inversionistas.

En el Cuadro 2-1Cuadro 3-3 se incluye un resumen de los aspectos más relevantes que resultaron de este proceso.

Cuadro 3-3: Resumen de riesgos potenciales por empresa después de revisar el alcance de las ofertas y los supuestos en que se sustentaron.

Designación	Riesgos potenciales <u>de costo</u>	Fundamentación del porqué de los riesgos potenciales
Empresa A	Partida: Estructura metálica	<ol style="list-style-type: none"> 1) Bajo precio de la estructura metálica. Ofertó un 25 % más bajo que los demás oferentes. Se consideró este factor de riesgo a pesar de que el oferente demuestra mediante planos esquemáticos, elaborados a partir de los documentos de licitación, que realizó un análisis detallado del proyecto. Así mismo, sus respuestas a cada una de las consultas planteadas estuvieron bien fundamentadas. 2) El oferente es propietario de una empresa electromecánica, factor que puede facilitar la coordinación de los trabajos en la obra.
Empresa B	Partidas: Movimiento de tierras, fundaciones, cerramientos perimetrales, losa de piso y paredes divisorias.	<ol style="list-style-type: none"> 1) Poca experiencia en proyectos de esta magnitud. Esta constructora está más acostumbrada a participar en remodelaciones de espacios comerciales. 2) Un estudio muy general de las condiciones de sitio y los documentos de licitación que lo llevaron a subestimar las cantidades en algunas partidas.
Empresa C	Partidas: Movimiento de tierras y sistema electromecánico.	<ol style="list-style-type: none"> 1) Análisis muy general de las condiciones de sitio y los documentos de licitación que lo llevaron a subestimar las cantidades en algunas partidas. 2) Es el único oferente que, a pesar de no tener experiencia demostrada en este campo, no subcontratará lo electromecánico.

3.1.4.3 Análisis de Riesgo Económico

Una vez completada la ronda de reuniones, el tercer paso fue equiparar las ofertas por medio de un análisis de riesgo basado en precios de mercado y la información recopilada en las reuniones con los oferentes. El resultado se puede observar en el Cuadro 3-4.

A partir del análisis se determinó que la oferta de la Empresa B , a la cual se le había ubicado en el primer puesto, tiene un riesgo económico de \$289 387,47 , es decir de 11,85 %; muy por encima de un 4,75 % que se obtuvo para la Empresa A y un 3,61 % para la Empresa C. Tanto las empresas A y C presentan un porcentaje de riesgo menor al 5 % de valor meta y pueden manejarse dentro de una partida de imprevistos en el presupuesto general de la obra.

3.1.4.4 Reunión con Comité Director del Proyecto

En reunión con el Comité Director se presentan los resultados de la licitación y se recomienda adjudicar a la Empresa A por cuatro motivos: 1) Oferta económica, 2) Valor de oferta, 3) Conocimiento del proyecto y 4) Proactividad. El Comité Director aceptó la recomendación.

Cuadro 3-4: Comparativo de resultados análisis de riesgo a partir de lo ofertado por empresa

	Empresa A	Empresa B	Empresa C
Oferta bruta	\$2 570 000,00	\$2 442 058,09	\$2 644 408,00
Costo unitario por m²	\$ 835,50	\$ 793,91	\$ 859,69
Plazo	5 meses	4 meses	4,5 meses
Riesgos totales	\$ 121 982,00	\$ 289 387,47	\$ 95 463,00
% Riesgos	4,75 %	11,85 %	3,61 %
Total Oferta + riesgo	\$2 691 982,00	\$2 731 445,56	\$2 739 871,00
Costo unitario oferta + riesgos / m ²	\$ 875,16	\$ 887,99	\$ 890,73

3.1.5 Estimado de obra civil y acabados

En la elaboración del estimado meta de obra civil y acabados, el oferente seleccionado supuso varias condiciones basado en los documentos de licitación y su experiencia en proyectos similares. Estos supuestos son la base sobre la cual se desarrollará la etapa de diseño. A continuación, un resumen de los supuestos:

- Movimiento de tierras. Se considera la conformación de dos terrazas, una al nivel 971.50 msnm y la otra al 971.00 msnm. El objetivo detrás de este planteamiento es aprovechar el corte en la parte alta del lote para rellenar la parte baja y darle una salida por gravedad a los sistemas mecánicos.
- Fundaciones. Se incluyen 80 placas de fundación, 2 por cada marco, sus vigas de amarre y la placa corrida para la pared de mampostería.
- Estructura metálica. Para los locales comerciales se considera una estructura tipo marco a base de perfiles tipo W, con un peso de 22 kg/m². En el caso de la estructura para el alero se consideran vigas en perfiles W arriostradas con tensores desde la estructura principal. El peso considerado para la estructura de alero es de 9 kg/m².
- Cerramientos. Para las colindancias, por un tema de seguridad, se incluyen paredes en mampostería de 15 cm de espesor. Así mismo, se considera que las primeras hiladas

de estas paredes funcionarán como muro para retener el suelo de los lotes vecinos. En el caso de las precintas para los rótulos, se considera panel de cemento tipo Durock y para los completamientos de fachada que no están expuestos a la lluvia paneles de yeso tipo Densglass.

- Cubierta de techo. Sobre los locales se considera un sistema de acero esmaltado tipo doble bandeja de producción continua con aislante de polisocianurato de 50 mm. Para el alero se suponen dos tipos de cubierta; en las zonas sobre el pasillo donde hay cielo de muro seco se incluye láminas en hierro galvanizado calibre 24 y en el resto del área policarbonato celular de 10 mm.
- Losa de piso. En concreto reforzado con una resistencia a la compresión de 210 kg/cm² y de 10 cm de espesor, colada sobre un relleno de 30 cm de espesor con un material tipo sub base. El refuerzo en malla electrosoldada.
- Enchapes de piso. Se considera la instalación de porcelanato con un costo unitario de \$14/m², tanto en locales como pasillos.
- Paredes livianas cortafuego. Se incluye sistema compuesto por cuatro láminas, las dos interiores en panel de yeso resistente al fuego, recubierto con papel en la superficie según ASTM C 36 *Especificación estándar para paredes de gypsum* y ASTM C 1396 *Especificación estándar d la placa de yeso normal*, tipo X, y las dos exteriores en láminas de muro seco de 12 mm de espesor.
- Cielos. Se suponen en láminas de muro seco de 12 mm de espesor.
- Ventanería. Se considera un sistema de ventanería en vidrio temperado de 10 mm de espesor.
- Puertas. Para los locales se consideran puertas de vidrio temperado y para los baños puertas de madera.
- Cortinas arrollables. Se considera una por local con acabado micro-perforado y operada por medio de motor.
- Loza sanitaria. Se incluyen inodoros modelo Cadet 3, lavatorios modelo Embajador y grifería modelo Colony, todos de American Standard.
- Pintura. Se considera una mano de sellador y dos manos de pintura.

- **Parqueo.** Las áreas de circulación están consideradas en adoquín de alto tránsito de 8 cm y los espacios de estacionamiento en zacate block con su respectivo tope. Así mismo, se incluye un relleno de 25 cm en material tipo sub base.
- **Mejoras de media vía.** Se considera una estructura de pavimento compuesta de 40 cm de sub-base, 20 cm de base y una carpeta asfáltica de 8 cm de espesor. Además, se incluyen bordillos y aceras.

A continuación, se muestra el desglose

En el Cuadro 3-5 se muestra el desglose del estimado de obra civil y acabados.

Cuadro 3-5: Estimado de costos de obra civil y acabados a partir de los supuestos adoptados

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Monto total
TOTAL	m ²	3 076,50	\$ 685,84	\$2 110 000,00
Movimiento de tierras				\$161 000,00
Corte y bote	m ³	5 795,20	\$ 13,98	\$81 000,00
Relleno	m ³	1 250,20	\$ 32,79	\$41 000,00
Corte de árboles	glb	1,00	\$39 000,00	\$39 000,00
Fundaciones				\$92 000,00
Fundaciones y pedestales	m ²	3 076,50	\$ 29,90	\$92 000,00
Estructura metálica				\$332 000,00
Estructura locales	kg	73 836,00	\$ 2,80	\$207 000,00
Estructura alero	kg	15 300,00	\$ 5,88	\$90 000,00
Rótulos y pasarelas	glb	1,00	\$35 000,00	\$35 000,00
Cerramientos perimetrales				\$204 000,00
Mampostería (Colindancias ejes A y 15)	m ²	980,00	\$ 114,29	\$112 000,00
Durock (precinta y paredes exteriores excepto)	m ²	1 800,00	\$ 48,89	\$88 000,00
Otros	m ²	200,00	\$ 20,00	\$4 000,00
Cubiertas y hojalatería				\$152 000,00
Cubierta doble bandeja + aislamiento y hojalatería	m ²	3 284,00	\$ 31,67	\$104 000,00
Cubierta policarbonato (aleros) y accesorios	m ²	1 700,00	\$ 28,24	\$48 000,00
Contrapiso				\$179 000,00
Contrapiso	m ²	4 023,00	\$ 38,03	\$153 000,00
Corte, juntas y sello de contrapiso	glb	1,00	\$26 000,00	\$26 000,00
Acabados				\$647 000,00
Enchape de piso locales	m ²	3 076,50	\$ 36,73	\$113 000,00
Enchape de piso pasillo	m ²	946,00	\$ 37,00	\$35 000,00
Paredes livianas de locales (cortafuego)	m ²	2 180,00	\$ 74,77	\$163 000,00
Cielos	m ²	4 022,50	\$ 25,61	\$103 000,00
Ventanería	glb	1,00	\$95 000,00	\$95 000,00
Puertas y cerrajería (solo puertas de baños locales)	und	35,00	\$ 228,57	\$8 000,00
Cortinas enrollables	glb	1,00	\$76 000,00	\$76 000,00
Baños (losa y accesorios) y pileta de aseo	glb	1,00	\$22 000,00	\$22 000,00
Pintura	m ²	7 845,50	\$ 4,08	\$32 000,00
Parqueos y áreas de circulación				\$146 000,00
Adoquin	m ²	1 554,00	\$ 57,92	\$90 000,00
Zacate block	m ²	430,00	\$ 48,84	\$21 000,00
Aceras	m ²	350,00	\$ 54,29	\$19 000,00
Cordón y caño	m	80,00	\$ 37,50	\$3 000,00
Topes	und	87,00	\$ 22,99	\$2 000,00
Demarcación	glb	1,00	\$7 000,00	\$7 000,00
Rampas de acceso en concreto	m ²	8,50	\$ 58,82	\$ 500,00
Agujas para control de acceso	unds	3,00	\$1 166,67	\$3 500,00
Mejoras a media vía				\$27 000,00
Subbase	m ³	168,00	\$ 35,71	\$6 000,00
Base	m ³	84,00	\$ 35,71	\$3 000,00
Carpeta asfáltica de 8 cm	m ²	420,00	\$ 28,57	\$12 000,00
Señalización vertical y horizontal	glb	1,00	\$2 000,00	\$2 000,00
Bordillos, aceras y obras complementarias	glb	1,00	\$4 000,00	\$4 000,00

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Monto total
Obras complementarias				\$66 000,00
Oficina administrativa	glb	1,00	\$7 000,00	\$7 000,00
Baños para uso común	glb	1,00	\$35 000,00	\$35 000,00
Caseta de seguridad	glb	1,00	\$4 000,00	\$4 000,00
Cuarto de máquinas	glb	1,00	\$4 000,00	\$4 000,00
Cuarto de telecom	glb	1,00	\$4 000,00	\$4 000,00
Tótem	glb	1,00	\$6 000,00	\$6 000,00
Acopio para basura	glb	1,00	\$3 000,00	\$3 000,00
Andén de carga	glb	1,00	\$3 000,00	\$3 000,00
Obra civil electromecánica				\$104 000,00
Zanjeo	glb	1,00	\$12 000,00	\$12 000,00
Cajas de registro	glb	1,00	\$6 000,00	\$6 000,00
Pozos (sanitarios y pluviales)	und	1,00	\$14 000,00	\$14 000,00
Pedestal módulo de medidores	glb	1,00	\$6 000,00	\$6 000,00
Fosa y losa de transformador	glb	1,00	\$8 000,00	\$8 000,00
Tanque de captación potable	glb	1,00	\$17 000,00	\$17 000,00
Tanque de retardo pluvial	glb	1,00	\$41 000,00	\$41 000,00

Fuente: Empresa A

3.1.6 Estimado de sistema eléctrico

En la elaboración del estimado meta del sistema eléctrico, el oferente seleccionado supuso varias condiciones basado en los documentos de licitación y su experiencia en proyectos similares. A partir de este conocimiento generó planos esquemáticos para cada uno de los sistemas y sobre ellos estimó el costo aproximado de cada uno. A continuación, un resumen de los supuestos sobre los cuales se estimó el valor meta del sistema eléctrico:

- Sistema de media tensión. Se considera canalización en tubería PVC y cableado desde el poste de la compañía eléctrica hasta un transformador de pedestal con una capacidad de 300 KVA.
- Medición. Se considera un módulo de medidores con una capacidad para 25 medidores clase 200 y dos medidores remotos. El interruptor principal del módulo con una capacidad de 850 ampere.
- Acometidas para locales. Se considera canalización en tubería PVC y cableado en aluminio tipo XHHN en calibre N° 4, N°2 y 1/0.
- Centros de carga para locales. Se consideran centros de carga de 12 espacios con interruptor principal de 2 polos de 60 ampere, cuatro interruptores termo magnéticos de un polo de 20 ampere y un interruptor termo-magnético de 2 polos 30 ampere.

- Sistema de tomacorrientes. Se consideran seis tomacorrientes dobles polarizado, de 15 ampere, 120 volt distribuidos en dos circuitos ramales. También, se incluye un circuito ramal para la colocación de dos rótulos, uno ubicado en la precinta exterior y el otro sobre la puerta del local. Se dejará una prevista eléctrica para aire acondicionado saliendo al techo, con una tubería de 25 mm y otra de 12 mm. Para la plaquería se estima una línea similar a la Bticino Modus Style.
- Sistema de iluminación de los locales. Se supone para cada local la instalación de 4 luminarias similar a Sylvania de 4' x 2' con luces LED y difusor acrílico. Para el baño del local se considera una luminaria tipo spot con luz LED.
- Sistema de iluminación de áreas comunes. Para los pasillos se consideró luminarias de empotrar tipo "down light" con luz LED frente a cada local y para los parqueos, luces LED con una potencia de 54 W.
- Sistema de telecomunicaciones. Para los locales es considera una caja de 20 cm x 20 cm de empotrar donde se instalarán las previstas de datos, teléfono y cable coaxial. Así mismo, la canalización en tubo PVC y cableado en UTP categoría 6.
- Sistema de circuito cerrado de televisión. Se estiman un promedio de 35 cámaras tecnología IP, un grabador y un monitor, se instalará cable tipo UTP categoría 6.
- Sistema de detección de incendio. Se considera detectores de humo, luces estroboscópicas y estaciones manuales similares a marca Honeywell.

En el Cuadro 3-6 se puede observar los estimados de precios y cantidades estimados para el sistema eléctrico.

Cuadro 3-6: Estimados de precios y cantidades del sistema eléctrico

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Monto total
TOTAL		3 076,50	\$ 104,66	\$ 322 000,00
Sistema eléctrico				\$ 322 000,00
Acometidas	m ²	3 076,50	\$ 22,75	\$70 000,00
Sistema de tomacorrientes	m ²	3 076,50	\$ 4,55	\$14 000,00
Sistema de iluminación áreas comunes	m ²	3 076,50	\$ 4,23	\$13 000,00
Sistema de iluminación locales	m ²	3 076,50	\$ 15,60	\$48 000,00
Sistema de telecomunicaciones	m ²	3 076,50	\$ 3,58	\$11 000,00
Sistema de detección de incendios	m ²	3 076,50	\$ 6,50	\$20 000,00
Sistema de CCTV en áreas comunes	m ²	3 076,50	\$ 7,15	\$22 000,00
Tableros locales	m ²	3 076,50	\$ 5,20	\$16 000,00
Tableros áreas comunes	m ²	3 076,50	\$ 2,60	\$8 000,00
Transformador	m ²	3 076,50	\$ 20,48	\$63 000,00
Módulo de medidores	m ²	3 076,50	\$ 7,15	\$22 000,00
Previstas para alarma contra robos locales	m ²	3 076,50	\$ 2,60	\$8 000,00
Previstas para A/C locales	m ²	3 076,50	\$ 2,28	\$7 000,00

Fuente: Empresa A

3.1.7 Estimado de sistema mecánico

En la elaboración del estimado meta del sistema mecánico, el oferente seleccionado supuso varias condiciones basado en los documentos de licitación y su experiencia en proyectos similares. A partir de este conocimiento generó planos esquemáticos para cada uno de los sistemas y sobre ellos estimó el costo aproximado de cada uno. A continuación, un resumen de los supuestos sobre los cuales se estimó el valor meta del sistema mecánico:

- Sistema de agua potable. Se considera tubería PVC SDR 26 para las líneas principales y SDR 40 para las alimentaciones a los locales. También, se incluye para cada local previstas para la instalación de un inodoro y un lavatorio. Por último, se considera un sistema de bombeo de presión constante compuesto por dos bombas sumergibles de 5 hp cada una, tanque hidroneumático y panel de control.
- Sistema de aguas negras. Se considera tubería en PVC SDR 32.5 para la red de aguas negras y ventilación de los locales. Para la interconexión de los locales a los pozos se estima tubería TDP.

- Sistema de aguas pluviales. Se consideran bajantes en tubería PVC SDR 32.5 de 3" cada 5 metros. Para la interconexión de los locales y obras exteriores se considera tubería de PVC tipo TDP con diámetros que van desde los 200 mm a los 450 mm.

Los estimados de precios y cantidades para el sistema mecánico están contenidos en el Cuadro 3-7.

Cuadro 3-7: Estimados de precios y cantidades del sistema mecánico

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Monto total
TOTAL	3 076,50	m2	\$ 44,86	\$ 138 000,00
Sistema mecánico				\$ 138 000,00
Sistema de agua potable	m ²	3 076,50	\$ 15,28	\$47 000,00
Sistema de agua pluvial	m ²	3 076,50	\$ 14,30	\$44 000,00
Sistema de aguas negras	m ²	3 076,50	\$ 14,63	\$45 000,00
Previstas para trampa de grasa	m ²	3 076,50	\$ 0,33	\$1 000,00
Previstas para A/C locales	m ²	3 076,50	\$ 0,33	\$1 000,00

Fuente: Empresa A

3.1.8 Estimado Valor Meta

El precio valor meta adjudicado asciende a un total de \$ 2 570 000,00 (dos millones quinientos setenta mil colones). Una revisión del desglose económico de la oferta permite extraer las partidas clave a evaluar durante las sesiones de diseño. Así, las partidas más relevantes para el análisis, ordenadas de mayor a menor se presentan en el Cuadro 3-8.

Cuadro 3-8: Partidas más relevantes

Estructura metálica y fundaciones	\$424 000,00
Cerramientos	\$204 000,00
Losa de piso	\$179 000,00
Paredes corta fuego	\$163 000,00
Cubierta de techo	\$152 000,00
Enchapes	\$148 000,00
Acometidas	\$133 000,00
Movimiento de tierras	\$122 000,00
Cielos	\$103 000,00
Ventanería	\$ 95 000,00
Adoquinado	\$ 90 000,00

El total de estas partidas es \$ 1 813 000, 00 (un millón ochocientos trece mil dólares) y representa un 70 % del valor del proyecto, por lo tanto, es una muestra representativa y sirve como guía para el proceso de Diseño Valor Meta

3.2 Diseño Valor Meta

3.2.1 Mapeo del proceso de diseño

El primer paso del proceso de diseño fue definir en conjunto el método de trabajo. Se acordó separar el equipo de diseño en dos sub equipos, el primero conformado por el arquitecto y el ingeniero estructural, y el segundo por el ingeniero electromecánico. Ambos equipos, con la participación del contratista y el representante del propietario, que en este caso era también el gerente de proyecto. Posteriormente, se estableció un programa de dos reuniones semanales con una duración máxima de dos horas, una para cada equipo, para trabajar en la revisión, análisis y aprobación de propuestas de las diferentes disciplinas de diseño. Adicional a estas reuniones semanales se acordó celebrar tres reuniones del equipo completo para revisiones generales del diseño.

Este conjunto de decisiones se tomó para maximizar el aprovechamiento de cada una de las sesiones. Se planteó trabajar en grupos para reducir la duración de las sesiones y así evitar el cansancio mental que a la postre pudiera reducir la posibilidad de llegar a soluciones de costo eficientes. Con la participación del contratista y el gerente del proyecto en todas las reuniones se busca la integración del equipo de diseño.

Después de acordada la forma de trabajo, se definió una estrategia de tres etapas para llevar a cabo el diseño valor meta. A continuación se hace acotación a cada una de estas etapas.

La primera etapa toma como punto de partida el Presupuesto Valor Meta, la Memoria Descriptiva, la Planta Base y las Elevaciones. Esta etapa tiene como objetivo depurar la planta base y las elevaciones utilizadas para la elaboración del Presupuesto Valor Meta. Así, las sesiones de trabajo se enfocaron en la propuesta, revisión y aprobación de: planta de columnas, marcos principales, ubicación de equipos eléctricos, ubicación de tanques y cuartos mecánicos, rutas para canalización de cableado eléctrico, aguas pluviales, aguas negras y agua potable, y niveles de terraza. En resumen, la primera etapa es un acomodo arquitectónico de todos los sistemas.

La segunda etapa tiene como objetivo el desarrollo de cada una de las disciplinas. Por lo tanto, las sesiones de trabajo se dedicaron a la propuesta, revisión y aprobación de: elementos estructurales secundarios, losa de piso, fundaciones, pedestales, cubierta de techo, cerramientos, acabados, dimensionamiento de sistemas electromecánicos, plantas de iluminación, y otros. La segunda etapa es para desarrollar los planos. Si bien es cierto, a lo largo de las sesiones de trabajo se analizan los costos de cada una de las opciones de diseño, es al final de esta etapa que los planos tienen suficiente avance para hacer una valoración completa del presupuesto. Por otro lado, en este punto hay sobre la mesa varias opciones de diseño, sobre todo a nivel de acabados, que deben ser aprobadas por el propietario. Por lo tanto, se aprovecha esta coyuntura para reunirse con los socios y revisar las opciones de diseño.

La tercera etapa es para coordinar y cerrar planos. En este punto, ha terminado el análisis de propuestas y cada diseñador trabaja por su cuenta para completar los planos. En esta etapa no se programan reuniones.

Por último, el contratista revisa y actualiza el presupuesto con base en los planos que se obtienen del proceso. El objetivo de esta revisión es verificar la conformidad de los planos con los acuerdos tomados durante el proceso de diseño.

El diagrama de flujo correspondiente al proceso de diseño se puede observar en la Figura 3-3.

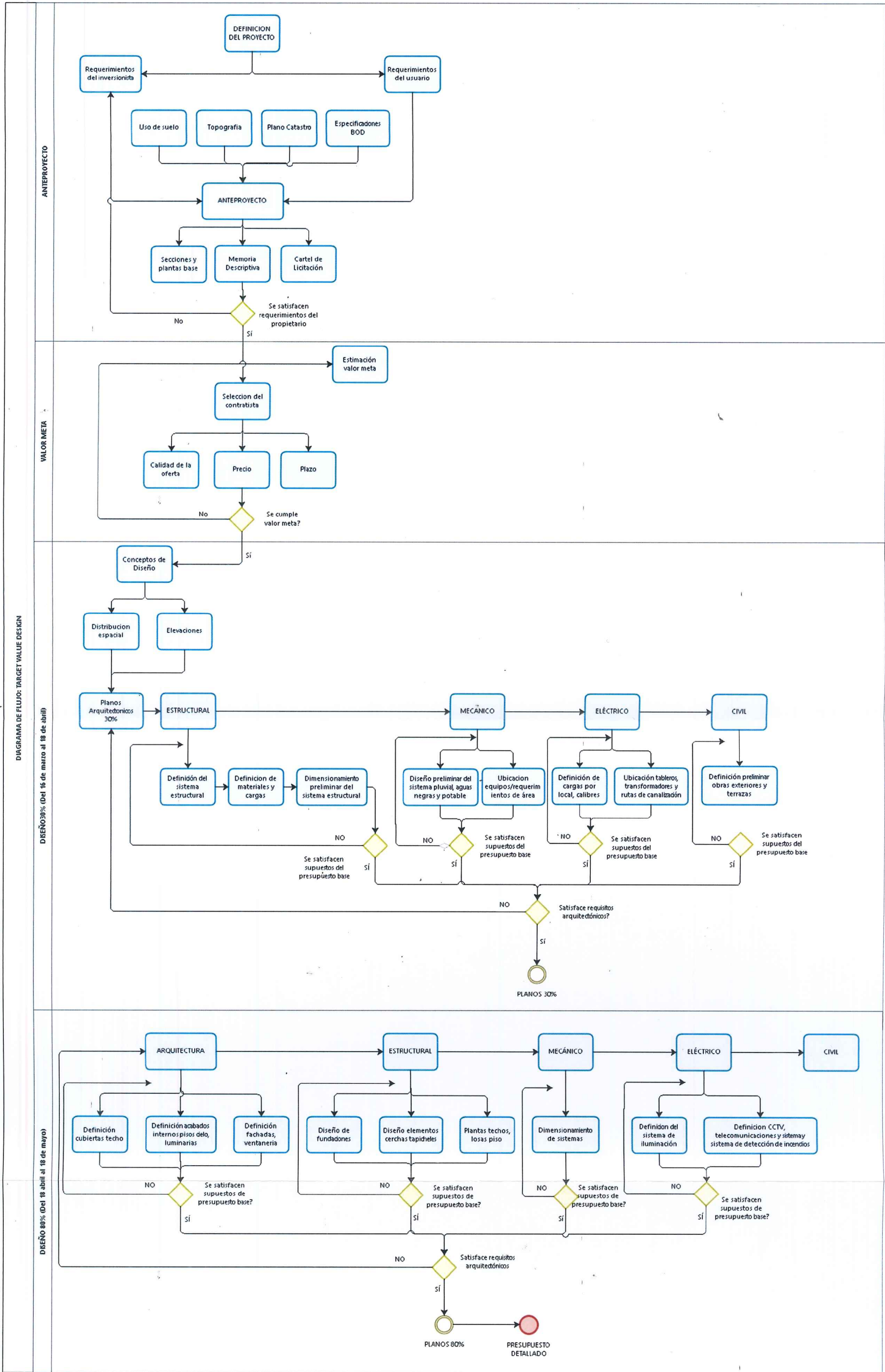


Figura 3-3 Mapeo del proceso de diseño de plaza comercial

3.2.2 Evaluación de opciones de diseño para obra civil y acabados

El análisis de las opciones de diseño partió de lo macro hacia lo micro según lo establecido en el diagrama de flujo del proceso de diseño incluido en el acápite anterior (figura 3.3). Así, el punto de partida fue la estructura metálica.

3.2.2.1 Estructura metálica.

Este proceso de evaluación tiene dos antecedentes, el primero es el peso de la estructura de 24 kg/m² supuesto por el contratista y, el segundo, es la propuesta de diseño del ingeniero estructural que tiene un peso de 32 kg/m².

El primer paso fue evaluar los tres marcos principales propuestos por el diseñador que se muestran en las Figura 3-4, Figura 3-5 y Figura 3-6.

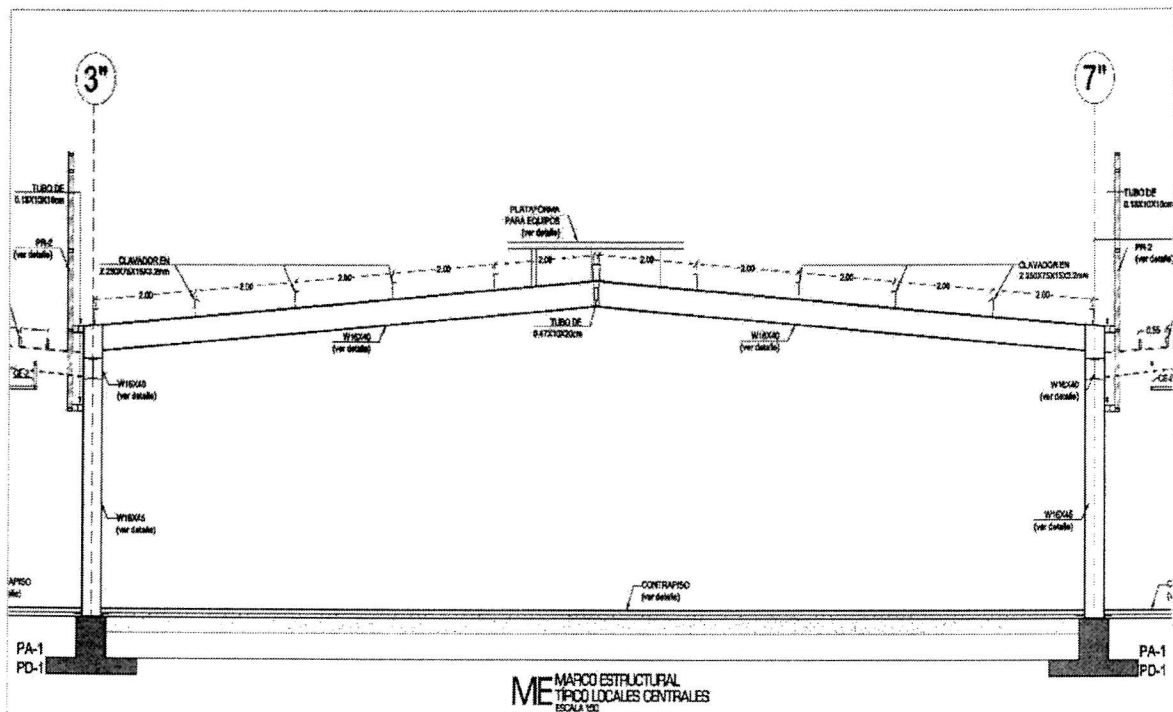


Figura 3-4: Marco propuesto por diseñador estructural para los locales centrales.

Fuente: Planos propuestos por el diseñador estructural.

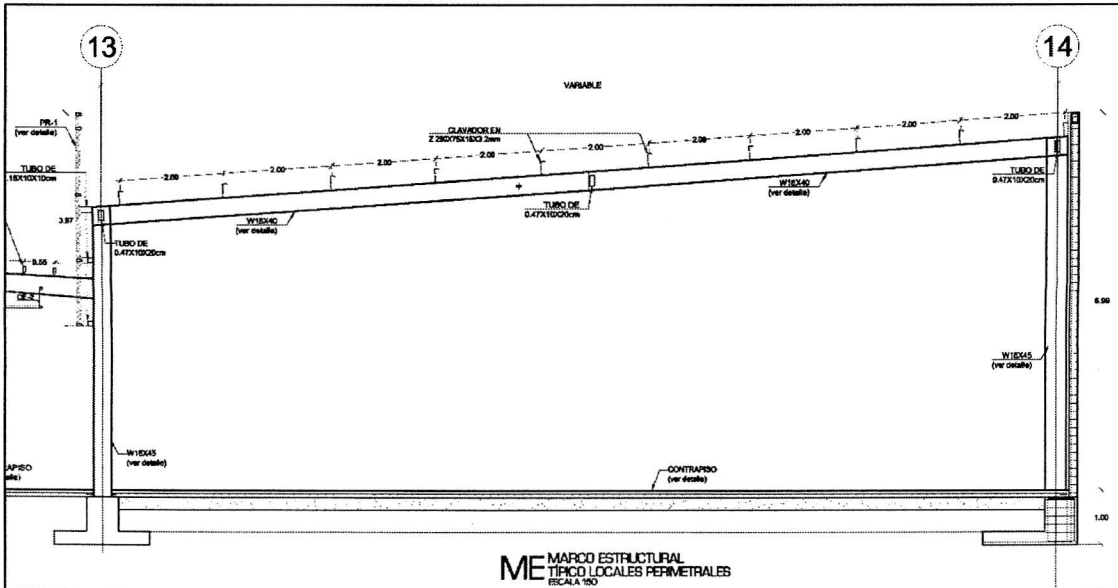


Figura 3-5: Marco propuesto para los locales perimetrales.
Fuente: Planos propuestos por el diseñador estructural.

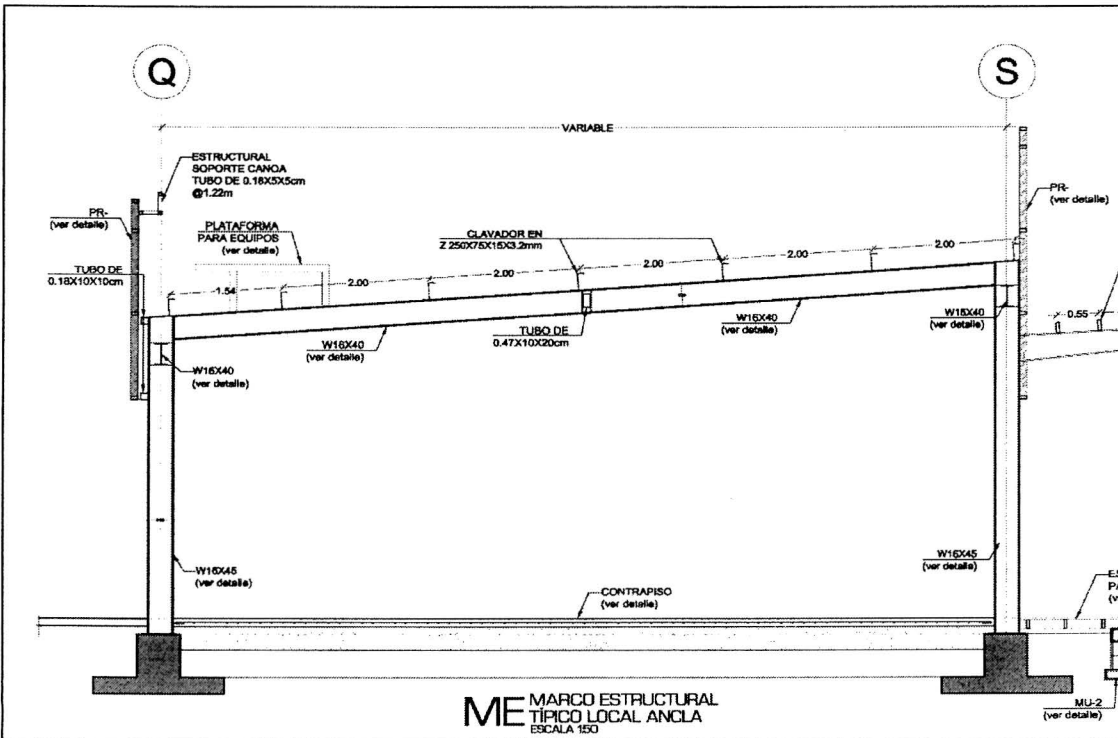


Figura 3-6: Marco propuesto para los locales ancla.
Fuente: Planos propuestos por el diseñador estructural

En primera instancia se sugirió al diseñador reemplazar los elementos de sección constante por vigas y columnas de sección variable, de tal manera que las secciones se adecúen al diagrama de momentos y así reducir el peso de la estructura. Por otro lado, en los marcos perimetrales y de locales ancla se acuerda aprovechar la pared de mampostería para arriostrar la estructura con el objetivo de reducir la sección de la columna. Luego de tres sesiones de trabajo el diseñador presentó los marcos que se muestran en la Figura 3-7, Figura 3-8 y Figura 3-9

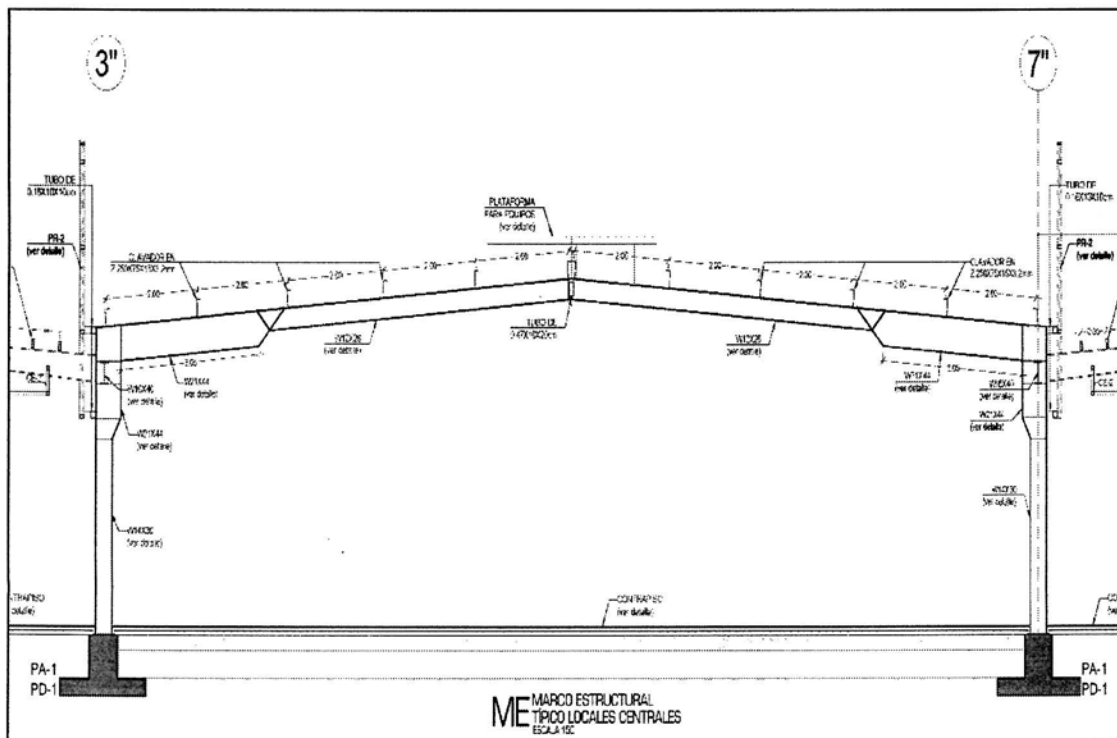


Figura 3-7: Marco optimizado para los locales centrales.
Fuente: Planos propuestos por el diseñador estructural.

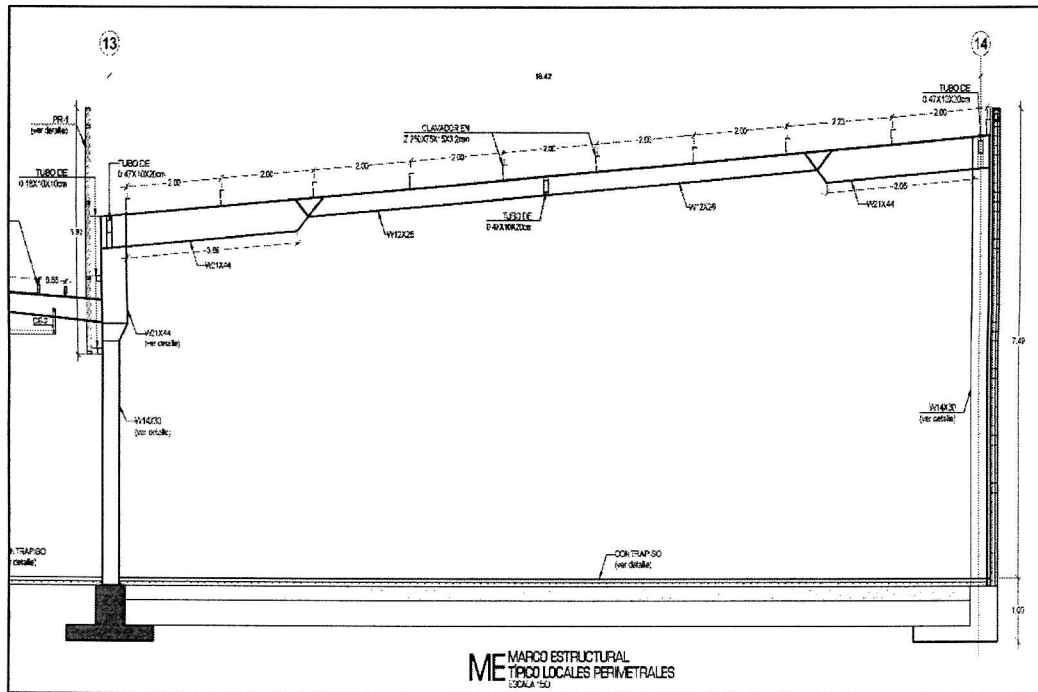


Figura 3-8: Marco optimizado para los locales perimetrales.
Fuente: Planos propuestos por el diseñador estructural.

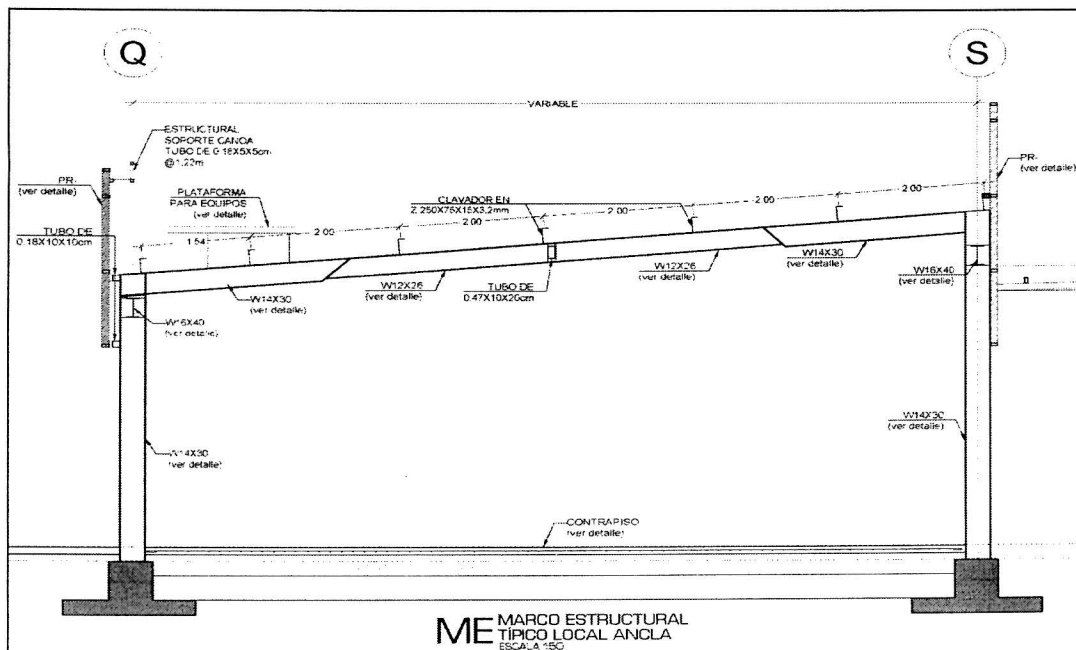


Figura 3-9: Marco optimizado para los locales ancla.
Fuente: Planos propuestos por el diseñador estructural.

Estas iteraciones permitieron reducir el peso de la estructura en 7 kg/m², es decir, 20 910 kg que representan una reducción de un 22 % en el peso de la estructura; en términos económicos esto es equivalente a \$ 40 000, 00 (cuarenta mil dólares). Sin embargo, a pesar de la optimización lograda por medio de las sesiones de trabajo, no se logró bajar el peso de la estructura a los 22 kg/m² considerados en la estimación del presupuesto valor meta.

El punto final a las iteraciones estuvo determinado por dos factores, el primero fue el agotamiento de ideas por parte del equipo de trabajo y, el segundo, reticencia del diseñador a explorar las últimas propuestas del equipo.

En el *Cuadro 3-9* se muestra el resumen de los resultados obtenidos:

Cuadro 3-9: Resultado del análisis de las opciones de diseño de la estructura metálica

Valores en presupuesto	Valor meta	Diseño	Diseño final	Unidad	Total valor meta	Total diseñador	Total diseño final	Balance 1	Balance 2
Estructura metálica									
Peso total (kg)	73 836,00	104 689,31	83 779,48	kg	\$177,206,40	\$248,500,00	\$208,500,00	\$71,293,60	\$31,293,60
kg / m ²	22,46	31,84	25,48						
\$ / kg	2,40	2,37	2,49						

Fuente: Empresa A

3.2.2.2 Fundaciones

La propuesta del diseñador era un sistema de fundación de placas aisladas unidas por vigas de amarre en todas las direcciones para cimentar los marcos estructurales. Así mismo, planteaba una placa corrida para el cerramiento perimetral en mampostería. En la Figura 3-10 se muestra para mayor claridad una sección de la propuesta:

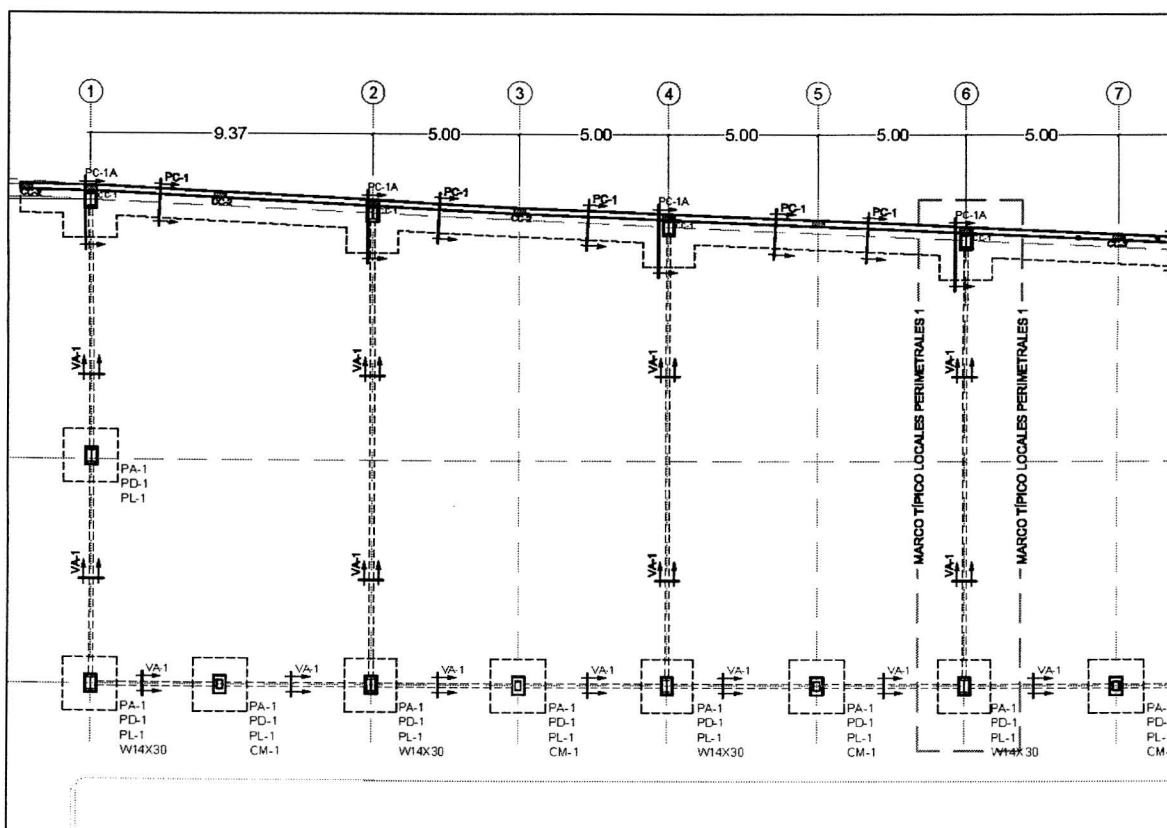


Figura 3-10: Sección de planta de fundaciones propuesta por diseñador
Fuente: Planos propuestos por el diseñador estructural.

En términos generales, el planteamiento del diseñador estaba alineado con los supuestos del presupuesto valor meta. Sin embargo, había una discrepancia en la cantidad de vigas de amarre que revisó en las sesiones de trabajo. La necesidad de construir vigas para amarrar todas las placas representaba una longitud total de 585 metros lineales de viga. El contratista había supuesto un 50 % menos de vigas de amarre basado en su experiencia. Más allá del incremento económico había dos inconvenientes más, construir esa cantidad de viga de amarre extendería el plazo de construcción en dos semanas y esas vigas podían convertirse en obstáculos para las tuberías pluviales y de aguas negras.

El diseñador había puesto las vigas de amarre para "ayudarle" a la placa a tomar momento en el sentido débil del marco. Luego de analizar los pros y contra con el equipo, el diseñador estuvo anuente a retirar las vigas de amarre sin necesidad de ampliar el tamaño de las placas.

A continuación, Figura 3-11, se muestra la misma sección de la planta de fundaciones correspondiente a los planos finales.

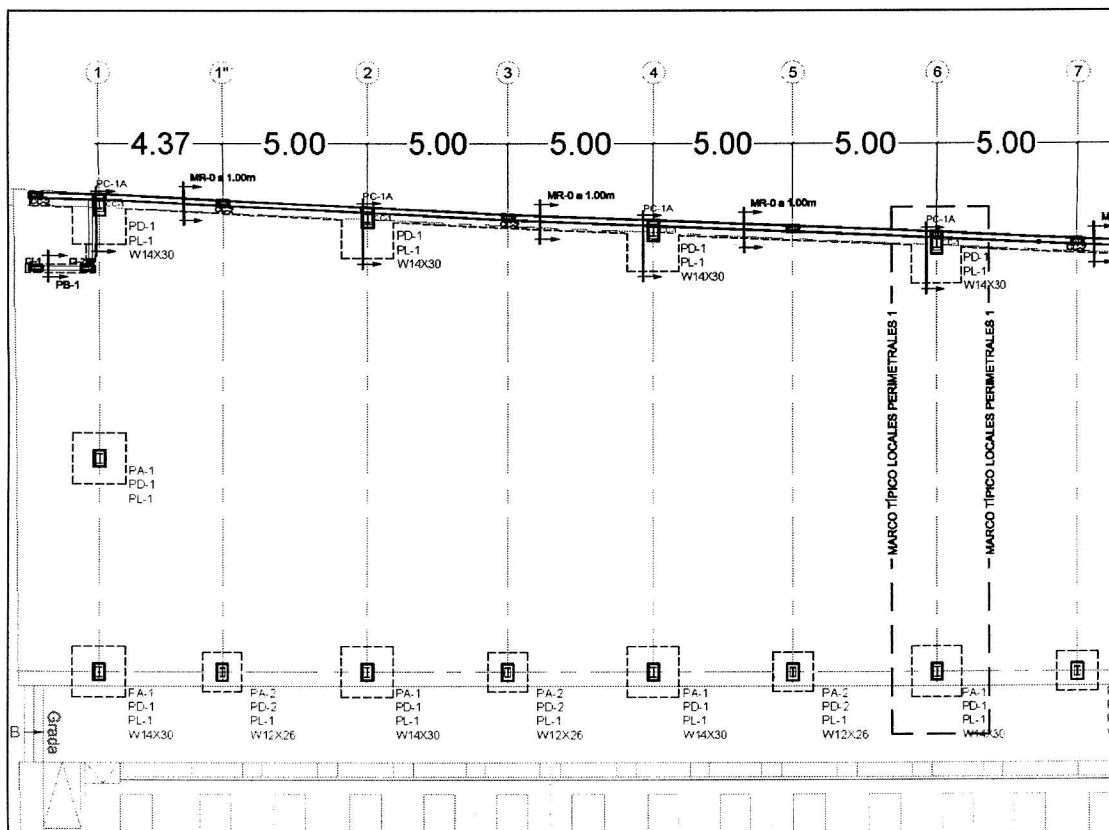


Figura 3-11: Sección de planta de fundaciones planos finales
Fuente: Planos propuestos por el diseñador estructural.

Esta revisión evitó un gasto de \$14 000 (catorce mil dólares) en vigas de amarre y significó un ahorro de \$8 857 (ocho mil ochocientos cincuenta y siete dólares) en el presupuesto valor meta.

Además de las vigas de amarre, se revisó el criterio para el dimensionamiento de los pedestales de concreto. El diseñador propuso unas dimensiones que excedían 5 cm en cada sentido las dimensiones de la placa de asiento de las columnas, para proveer un sobre ancho cuya función es proteger los pernos de anclaje. El supuesto del presupuesto era que las dimensiones del pedestal serían iguales a las de las placas de asiento dado que los pedestales estaban bajo el

nivel de piso terminado y no estarían expuestos a golpes durante la operación de la plaza comercial. A pesar de la baja probabilidad de un golpe a los pedestales, el diseñador mantuvo su posición y esto representó un aumento en el presupuesto valor meta de \$ 4 199 (cuatro mil ciento noventa y nueve dólares).

En el Cuadro 3-10 se muestra el resumen de los resultados obtenidos.

Cuadro 3-10: Resultado del análisis de las opciones de diseño de las fundaciones

Elemento	Cantidad presupuesto valor meta	Cantidad diseño final	Unidad	Total presupuesto valor meta	Total diseño final	Balance
Fundaciones				\$78 686,00	\$76 326,00	-\$2 360,00
Excavación y relleno estructural	502,00	597,00	m ³	\$11 126,00	\$13 236,00	
Placas aisladas	58,00	55,00	m ³	\$24 202,00	\$22 804,00	
Pedestales	15,00	18,00	m ³	\$21 168,00	\$25 367,00	
Placas corridas	25,00	29,00	m ³	\$9 892,00	\$11 478,00	
Vigas de fundación	22,00	0,00	m ³	\$8 857,00	\$ 0,00	
Impermeabilización y drenaje	72,00	72,00	m ²	\$3 441,00	\$3 441,00	

Fuente: Empresa A

3.2.2.3 Cerramientos

En cuanto a los cerramientos, el equipo de diseño planteó el uso de mampostería con bloques de concreto hidráulico de 15 cm de espesor para las paredes a construirse sobre el lindero de la propiedad; precintas en panel de cemento tipo Durock y panel de yeso tipo Densglass para los completamientos de fachada. Este planteamiento estaba bastante alineado con los supuestos del presupuesto valor meta, sin embargo, hubo tres cambios que aumentaron el área de las fachadas y su composición.

Primero, el propietario solicitó aumentar la altura de los locales ancla para permitirle al arrendatario construir un mezzanine, esto generó un aumento de 168 m² en el área de mampostería.

Para compensar este aumento el equipo de trabajo valoró dos opciones. La primera construir la pared en mampostería hasta una altura de 3.00 metros y completar la sección superior de 4.85 metros con lámina metálica esmaltada tipo TS fijada sobre estructura metálica. La segunda opción seguía una línea similar solo que el completamiento sería con el sistema de paredes Covintec.

Aparte del factor económico, ambas opciones tenían la desventaja de ser vulnerables desde el punto de vista de seguridad y esto podría afectar la colocación de los locales comerciales.

Los resultados obtenidos se muestran en el Cuadro 3-11.

Cuadro 3-11: Resultado del análisis de las opciones de diseño para cerramientos perimetrales

Elemento	Cantidad presupuesto valor meta	Cantidad diseño final	Unidad	Total presupuesto valor meta	Total diseño final	Balance
Mampostería colindancias	980,00	1 148,00	m²	\$115 739,80	\$122 525,61	\$6 785,81
Opciones						
Mampostería + Estructura + Lámina		1 148,00	m ²	\$115 739,80	\$111 128,91	-\$4 610,89
Mampostería + Covintec		1 148,00	m ²	\$115 739,80	\$119 765,87	\$4 026,07

Fuente: Empresa A

Si bien es cierto ambas opciones mitigaban el incremento de \$ 6 786,00 (seis mil setecientos ochenta y seis dólares), e incluso en el caso de la mampostería con estructura y lámina metálica se obtenía un ahorro de \$ 4 611,00 (cuatro mil seiscientos once dólares), el propietario decidió mantener la pared en mampostería dado que el ahorro no era suficiente como para desmejorar la seguridad de los locales.

El segundo cambio vino de la mano de un aumento en la altura de las precintas solicitado por los arquitectos para mejorar la proporción largo – ancho de las fachadas, esta solicitud trajo consigo un aumento de 254 m². En este caso la mitigación se logró por medio de un cambio de especificación propuesto también por el arquitecto luego de consultar a proveedores locales de muro seco. Así, se optó por reemplazar el panel de cemento tipo Durock por el panel de yeso tipo Densglass cuyo precio por metro cuadrado es \$ 5 menor.

El tercer cambio corresponde a la propuesta del arquitecto de reemplazar el cerramiento en muro seco de los locales ancla por ventanería buscando mayor exposición comercial para los locales, factor que aumentaría la facilidad de colocación. En las elevaciones originales las fachadas de estos locales únicamente contaban con puertas de vidrio.

En la Figura 3-12 se muestra las áreas en vidrio de esta fachada.

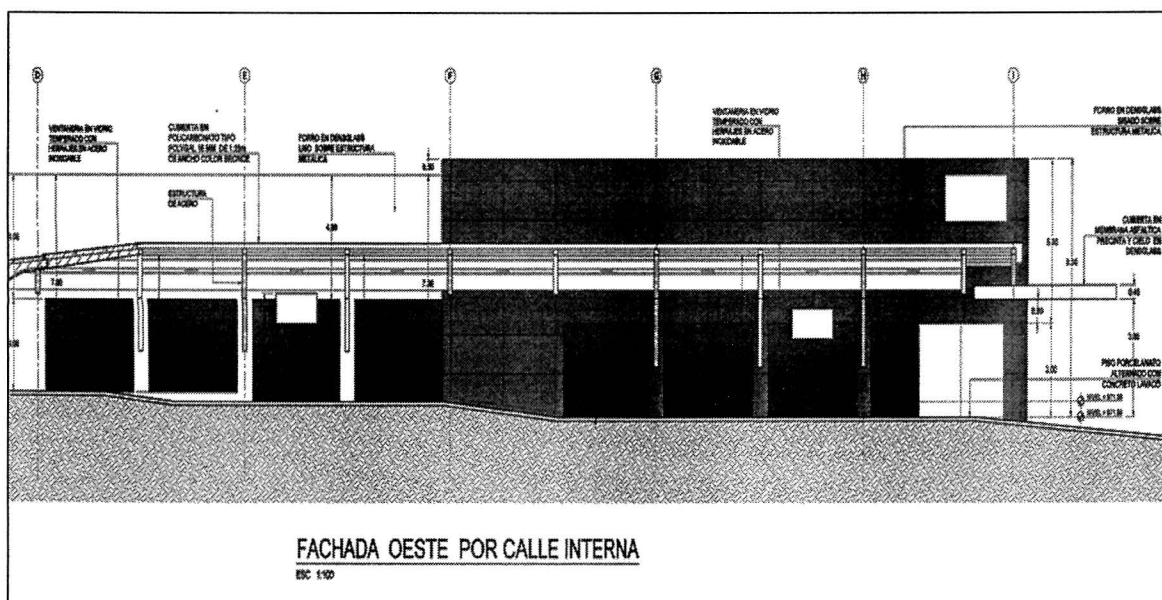


Figura 3-12: Fachada oeste plano final del centro comercial.
Fuente: Planos propuestos por el diseñador arquitectónico.

Este cambio produjo una disminución de 203 m² de paredes de muro seco, pero aumentó en la misma proporción las fachadas de vidrio, que son significativamente más costosas. El cambio en las fachadas se tratará más adelante en la sección correspondiente a fachadas.

En el Cuadro 3-12 se resumen los resultados obtenidos en las sesiones de trabajo para el caso de los cerramientos.

Cuadro 3-12: Resultado del análisis de las opciones de diseño para cerramientos

Elemento	Cantidad presupuesto valor meta	Cantidad diseño final	Unidad	Total presupuesto valor meta	Total diseño final	Balance
Cerramientos				\$176 795,80	\$173 009,61	-\$3 786,19
Paredes en mampostería	980,00	1 148,00	m ²	\$115 739,80	\$122 525,61	\$6 785,81
Precintas en durock	918,00	0,00	m ²	\$27 540,00	\$ 0,00	-\$27 540,00
Precintas en densglass	0,00	1 172,00	m ²	\$ 0,00	\$29 356,00	\$29 356,00
Completamientos en gypsum	882,00	556,00	m ²	\$33 516,00	\$21 128,00	-\$12 388,00

Fuente: Empresa A

3.2.2.4 Losa de piso

En cuanto a la losa de piso, la propuesta del diseñador y los supuestos del presupuesto valor meta estaban bastante alineados, ambos consideraban una losa de 10 cm de espesor con una resistencia de 210 kg/cm². Las diferencias estaban en el refuerzo de la losa; el diseñador planteaba una malla en varilla N° 3 a cada 22,50 cm y el contratista tenía una combinación de malla electrosoldada más fibra de vidrio de polipropileno.

En las sesiones de trabajo se analizó el tema desde tres ángulos. El primero, las cargas de trabajo de la losa iban a ser bajas dado el uso que tendrían los locales comerciales. El segundo, la capacidad soportante del suelo es buena y el 80 % de la losa iba a estar colocada sobre una subrasante producto de corte del terreno. Por, ultimo la sub-base iba a estar conformada por 30 cm de material con un CBR superior a 30 %.

Posterior al análisis, el diseñador aceptó la sugerencia del contratista de reemplazar el acero de refuerzo por fibra de polipropileno, que adicional al ahorro económico, permitiría reducir el plazo de colocación de concreto.

El equipo de trabajo detectó otra posibilidad de ahorro, esta es: dado que la totalidad de la losa de piso iba a ser enchapada, se sugirió dejarlas sin sello elastomérico debido a que la junta no iba a estar expuesta a tránsito. La sugerencia fue aceptada por el diseñador.

Al incorporar estas dos modificaciones, se obtuvo un ahorro de \$15 601,00 (quince mil seiscientos un dólares), como se puede apreciar en el Cuadro 3-13.

Cuadro 3-13 Ahorro obtenido para la losa de piso.

Elemento	Cantidad presupuesto valor meta	Cantidad diseño final	Unidad	Total presupuesto valor meta	Total diseño final	Balance
Losa de piso				\$155 486,00	\$139 885,00	-\$15 601,00
Concreto	402,00	405,00	m ³	\$91 777,00	\$92 496,00	\$ 719,00
Lastre	811,00	805,00	m ³	\$30 727,00	\$30 936,00	\$ 209,00
Malla electrosoldada	9 654,00		kg	\$8 592,00	\$ 0,00	-\$8 592,00
Cortes de losa	2 682,00	2 703,00	m	\$7 509,00	\$7 567,00	\$ 58,00
Relleno de juntas	2 682,00	0,00	m	\$8 045,00	\$ 0,00	-\$8 045,00
Dovelas	800,00	800,00	un	\$2 400,00	\$2 400,00	\$ 0,00
Fibra	4 023,00	4 054,00	m ²	\$6 436,00	\$6 486,00	\$ 50,00

Fuente: Empresa A

En la Figura 3-13 se muestra la propuesta del diseñador y el diseño final.

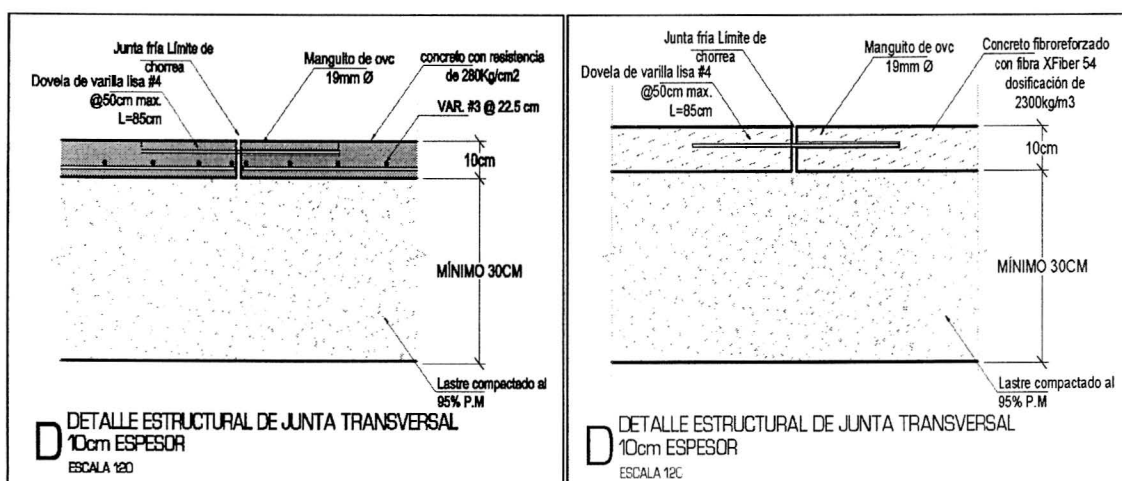


Figura 3-13: A la izquierda se muestra la propuesta inicial para la losa de piso y a la derecha la versión incorporada a los planos finales.

Fuente: Planos propuestos por el diseñador estructural.

3.2.2.5 Cubierta de techo

En el proyecto hay dos tipos de cubierta de techo, uno para las naves comerciales y otro para los aleros que vuelan sobre los espacios de parqueo.

En el caso de los aleros, el contratista había considerado una combinación láminas en hierro galvanizado calibre 24 y policarbonato celular de 10 mm. Las láminas de hierro galvanizado irían sobre el pasillo peatonal y el policarbonato sobre las áreas de parqueo. El arquitecto

planteaba una cubierta de policarbonato celular de 16 mm para la totalidad del área. Este planteamiento encarecía el costo de la cubierta por dos lados: el precio de la lámina de 16 mm es 1.8 veces superior al precio de la lámina de 10 mm y, por la modulación de las láminas había que utilizar 1.8 veces más material. Además, durante el proceso de diseño el arquitecto advirtió que era necesario extender el alero 0.60 m para cubrir la cabina de los automóviles y esta necesidad aumentaba el área en 154 m². La combinación del cambio de espesor, la modulación de las láminas y el aumento del área suponía un incremento de \$ 40 902,00 (cuarenta mil novecientos dos dólares) en esta partida.

El primer paso para buscar una reducción de costo fue entender por qué el arquitecto había propuesto policarbonato en toda el área del alero. El arquitecto argumentó que en el mercado no hay una junta de techos que permita una transición desde el policarbonato a otro material. Las láminas de policarbonato se fabrican en una longitud de 11 m para poder transportarlas. El alero tiene una longitud de 7.40 m de largo lo que da un aprovechamiento de un cabo de esa longitud por lámina. En aras de optimizar el aprovechamiento de la lámina, el equipo trabajó en detalle donde el agua sobre el policarbonato escurre sobre una lámina de plywood cubierta por un manto asfáltico; así, la sección de policarbonato tiene una longitud de 5.00 m y se pueden tomar dos cabos de una lámina. En la Figura 3-14 se muestra el detalle incorporado en planos finales.

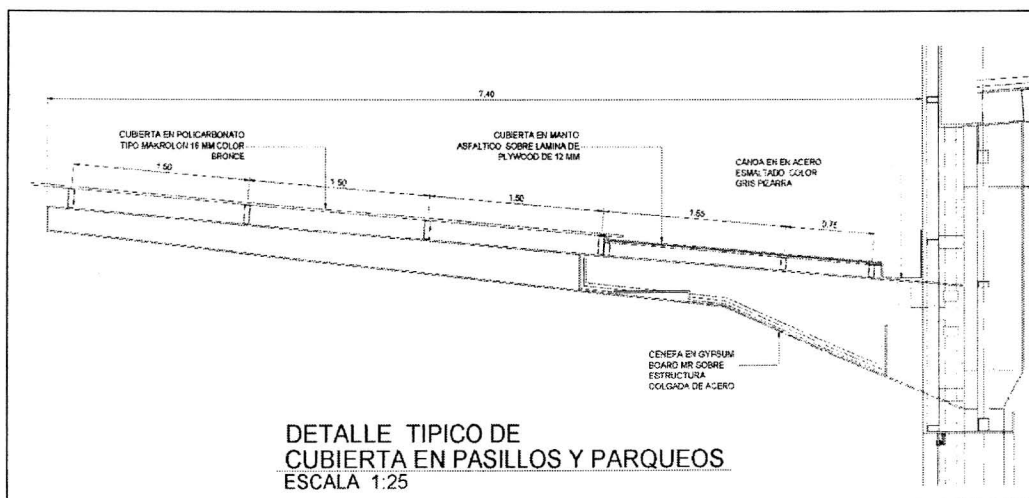


Figura 3-14: Detalle de alero incluido en planos finales del centro comercial.
Fuente: Planos propuestos por el diseñador arquitectónico.

El punto que quedaba por analizar era el espesor de la lámina. El arquitecto había pensado en 16 mm dado que a mayor espesor se obtiene mayor disipación de calor. Al profundizar sobre el tema, el equipo llegó a la conclusión que la altura de 4.50 m a la que estaba el alero y lo abierto del espacio que cubría ayudarían a mantener una temperatura confortable. Por lo tanto, se acordó bajar el espesor a 10 mm.

Al aplicar estas medidas, el incremento que hubiera tenido el presupuesto valor meta en la partida cubierta para techo, que se estimó sería de \$40 902,00 (cuarenta mil novecientos dos dólares), pasó a ser de \$10 047,00 (diez mil cuarenta y siete dólares), tal y como se puede ver en el Cuadro 3-14.

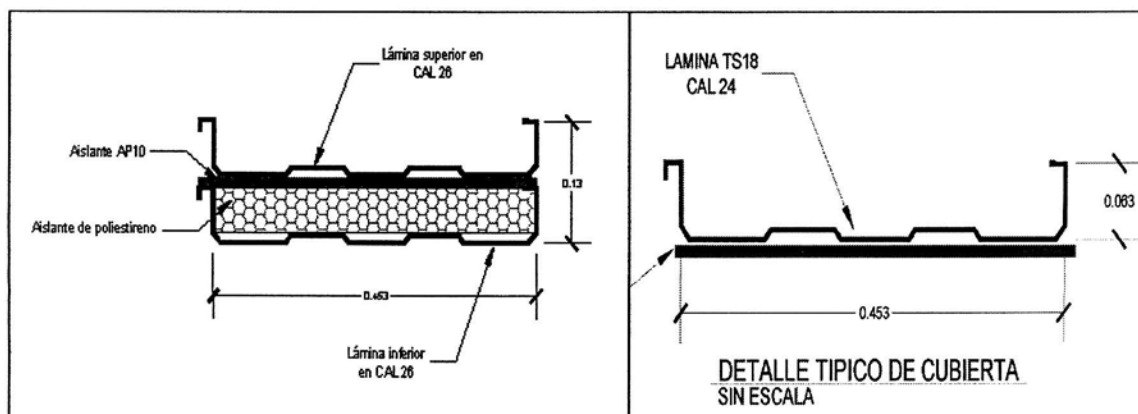
Cuadro 3-14: Resultado obtenido del análisis de las opciones de diseño de la cubierta de alero.

Valores en presupuesto	Valor meta	Diseño	Diseño final	Unidad	Total valor meta	Total diseñador	Total diseño final	Balance 1	Balance 2
Cubierta de Alero					\$40 327,86	\$81 230,24	\$50 375,13	\$40 902,39	\$10 047,27
Láminas de policarbonato 10 mm	80,00	0,00	58,00	un	\$29 702,86	\$ 0,00	\$22 253,78		
Mano de obra	1 700,00	1 854,00	1 854,00	m ²	\$10 625,00	\$11 587,39	\$11 587,39		
Láminas de policarbonato 16 mm	0,00	103,00	0,00	un	\$ 0,00	\$69 642,86	\$ 0,00		
Plywood + Manto Asfáltico	0,00	0,00	259,35	m ²	\$ 0,00	\$ 0,00	\$16 533,96		

Fuente: Empresa A

En cuanto a la cubierta de techo de las naves comerciales, tanto la propuesta del diseñador como el supuesto del presupuesto valor meta estaban alineados, ambos apuntaban a un sistema de acero esmaltado tipo doble bandeja de producción continua con aislante de polisocianurato de 50 mm.

En este caso, el análisis se enfocó en el aislamiento térmico. El arquitecto lo había planteado para que los locales tuvieran una temperatura más fresca. Al conversar el tema en las sesiones de trabajo se anotó que el amplio espacio entre cielo ayudaría a disipar el calor. Por otro lado, la práctica común en este tipo de locales es que el inquilino instale unidades de aire acondicionado. Con base en estos argumentos se acordó utilizar un sistema de un sistema de acero esmaltado tipo bandeja de producción continua con aislante similar a Prodex de 3 mm de espesor, tal y como se muestra en la Figura 3-15



Fuente: Planos propuestos por el diseñador arquitectónico.

El cambio en el tipo de cubierta produjo un ahorro de \$ 15 200,00 (quince mil doscientos dólares); el detalle se puede observar en el Cuadro 3-15

Cuadro 3-15: Resultado obtenido del análisis de las opciones de diseño de la cubierta de las naves.

Elemento	Cantidad presupuesto valor meta	Cantidad diseño final	Unidad	Total presupuesto valor meta	Total diseño final	Balance
Cubierta de Techo				\$103 987,29	\$88 787,75	-\$15 199,54
Sistema de bandeja doble + poliestireno de 50 mm	3 284,00	0,00	m ²	\$103 987,29	\$ 0,00	
Sistema de bandeja simple + Prodex 3 mm	0,00	3 616,00	m ²	\$ 0,00	\$88 787,75	

Fuente: Empresa A

En términos globales, el balance de ambas cubiertas fue un ahorro de \$ 5 153,00 (cinco mil ciento cincuenta y tres dólares).

3.2.2.6 Enchapes de piso

En este apartado el contratista y el arquitecto coincidían en colocar porcelanato con un costo aproximado de \$14/m² tanto en pasillos como locales. El equipo de trabajo propuso dos opciones para el acabado de los pasillos: desestimar el porcelanato y darle a la losa un acabado lujado, o bien usar una combinación de porcelanato con concreto lavado. El resultado se muestra en el Cuadro 3-16.

Cuadro 3-16: Resultado obtenido del análisis de las opciones de diseño para acabados de piso.

Elemento	Cantidad presupuesto valor meta	Cantidad diseño final	Unidad	Total presupuesto valor meta	Total diseño final	Balance
Enchapes de piso						
Porcelanato	946,00	1 055,00	m ²	\$34,564	\$37,317	\$2,753
Porcelanato + concreto lavado	0,00	1 055,00	m ²	\$ 0,00	\$28,659	-\$5,905
Concreto lujado	0,00	1 055,00	m ²	\$ 0,00	\$16,597	-\$17,967

Fuente: Empresa A

Como se puede observar en el cuadro 3.14, ambas opciones son más económicas que enchapar el pasillo con porcelanato. Más allá de la economía, el concreto lujado presentaba dos desventajas, puede ser resbaloso si hay agua en su superficie y cabe la posibilidad de que se agriete en demasía sino es bien colocado. A pesar de que ambas desventajas son debatibles o si se quiere manejables, el propietario optó por la combinación de porcelanato con concreto lavado que se muestra en la Figura 3-16.

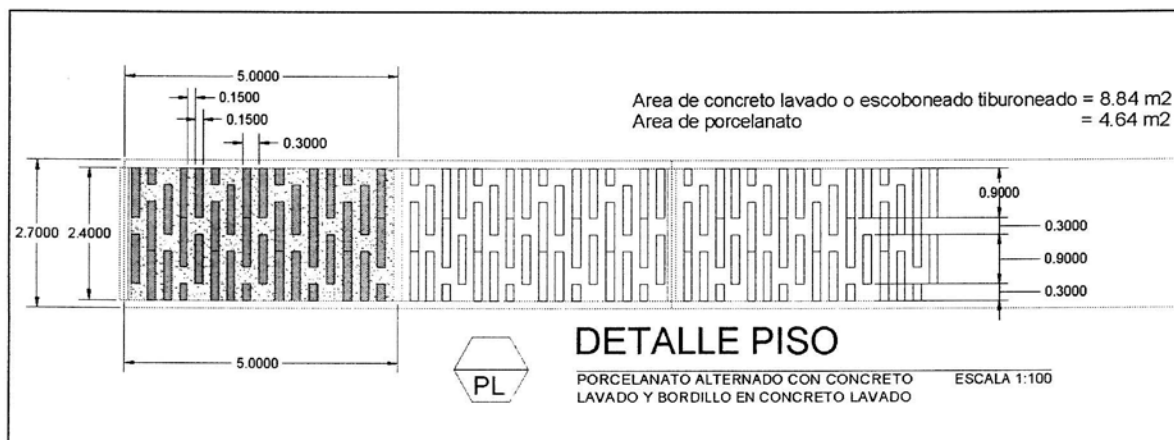


Figura 3-16: Detalle de acabado de piso incorporado en planos finales.
 Fuente: Planos propuestos por el diseñador arquitectónico.

3.2.2.7 Cielos

En esta partida el arquitecto y el contratista tenían considerado un cielo en láminas de muro seco tipo gypsum de 12 mm para los pasillos y los locales. En cuanto a los pasillos, el equipo analizó la propuesta y coincidió que era buena opción, pero para los locales el cielo en láminas de muro seco podría resultar desventajoso. En primera instancia los locales se entregan acabados por estrategia de mercadeo, pero lo inquilinos remodelan para ajustar el espacio al

servicio que van a ofrecer, por ejemplo, tiendas, peluquerías, gimnasio, restaurante, otros. Las remodelaciones en cielos de gypsum son muy laboriosas porque hay que cortar la lámina, poner un parche, empastar, lijar y pintar, además, se corre el riesgo de que el parche se note. Así como la reparación es laboriosa, su instalación durante el proceso de construcción también lo es pues conlleva básicamente las mismas actividades.

Por lo tanto, el equipo estudió la opción de reemplazar el cielo de los locales por cielo suspendido con estructura de aluminio y cartones de fibra mineral. Esta opción es de rápida instalación y en el caso de remodelaciones basta con remover los cartones y volverlos a poner. Desde el punto de vista económico, el cielo suspendido estándar y las láminas de muro seco tienen un costo similar, pero el cielo suspendido tiene la ventaja de que los cartones de fibra mineral ya vienen con el acabado final y al gypsum hay que pintarlo.

Luego del análisis el equipo decidió utilizar cielos suspendidos en los locales. En el alero se mantuvo el cielo en láminas de muro seco debido a que esta zona está expuesta a ráfagas de viento que pueden levantar y desacomodar los cartones.

La aplicación de este cambio generó un ahorro de \$15 402,00 (quince mil cuatrocientos dos dólares). En el Cuadro 3-17 se muestra el detalle del ahorro obtenido.

Cuadro 3-17: Resultado obtenido del análisis de las opciones de diseño para acabados de cielo.

Elemento	Cantidad presupuesto valor meta	Cantidad diseño final	Unidad	Total presupuesto valor meta	Total diseño final	Balance
Acabado de cielo				\$117 386,27	\$101 984,50	-\$15 401,77
Cielo en láminas de muro seco tipo gypsum	4 023,00	1 065,00	m ²	\$103 127,27	\$27 187,00	-\$75 940,27
Pintura de cielos en láminas de muro seco	4 023,00	1 065,00	m ²	\$14 259,00	\$3 727,50	-\$10 531,50
Cielo suspendido tipo Radar de USG	0,00	3 009,00	m ²	\$ 0,00	\$71 070,00	\$71 070,00

Fuente: Empresa A

En la Figura 3-17 se muestra el arreglo final para los cielos.

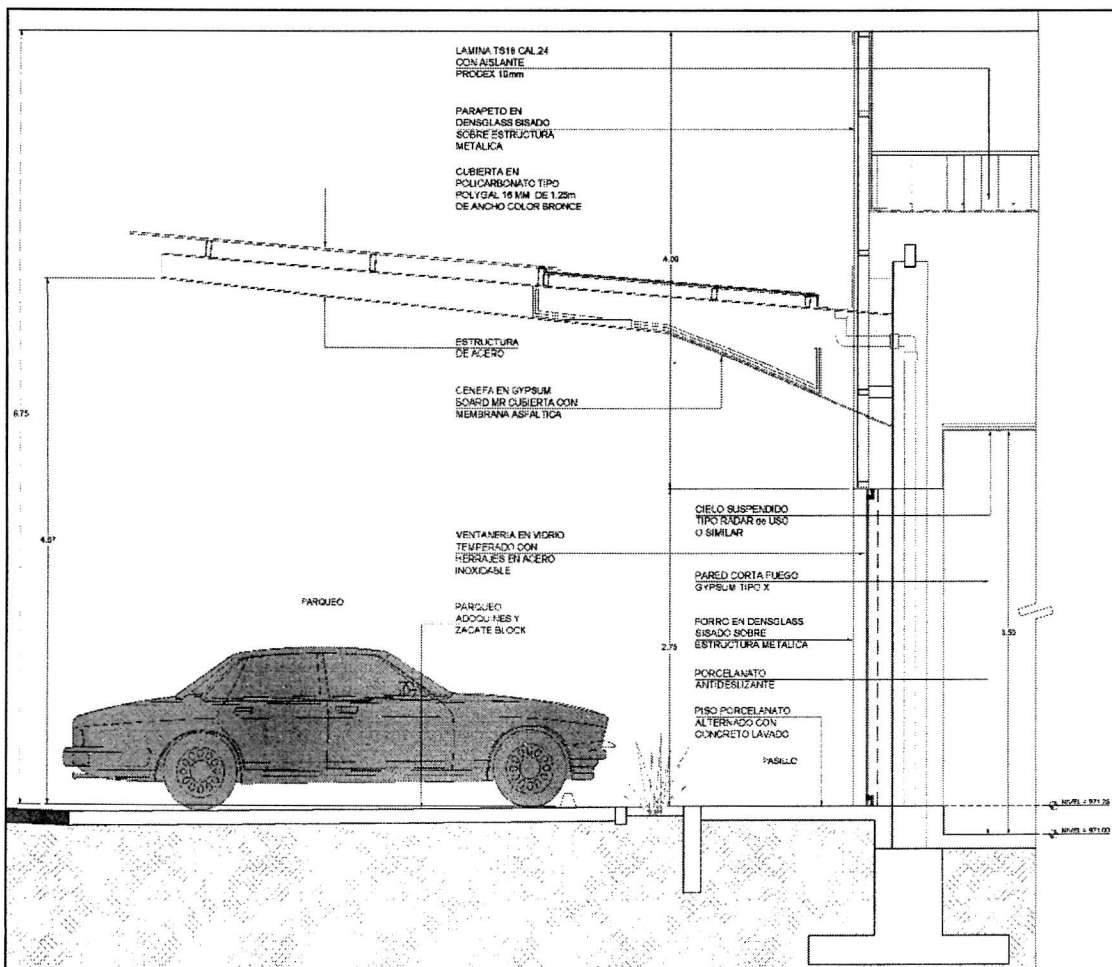


Figura 3-17: Sección que muestra los acabados de cielo incorporados en planos finales.
Fuente: Planos propuestos por el diseñador arquitectónico.

3.2.2.8 Ventanería

En esta partida el supuesto del presupuesto valor meta era paños de vidrio temperado montados sobre perfiles de aluminio tal y como se mostraba en las elevaciones del anteproyecto (ver Figura 3-18).

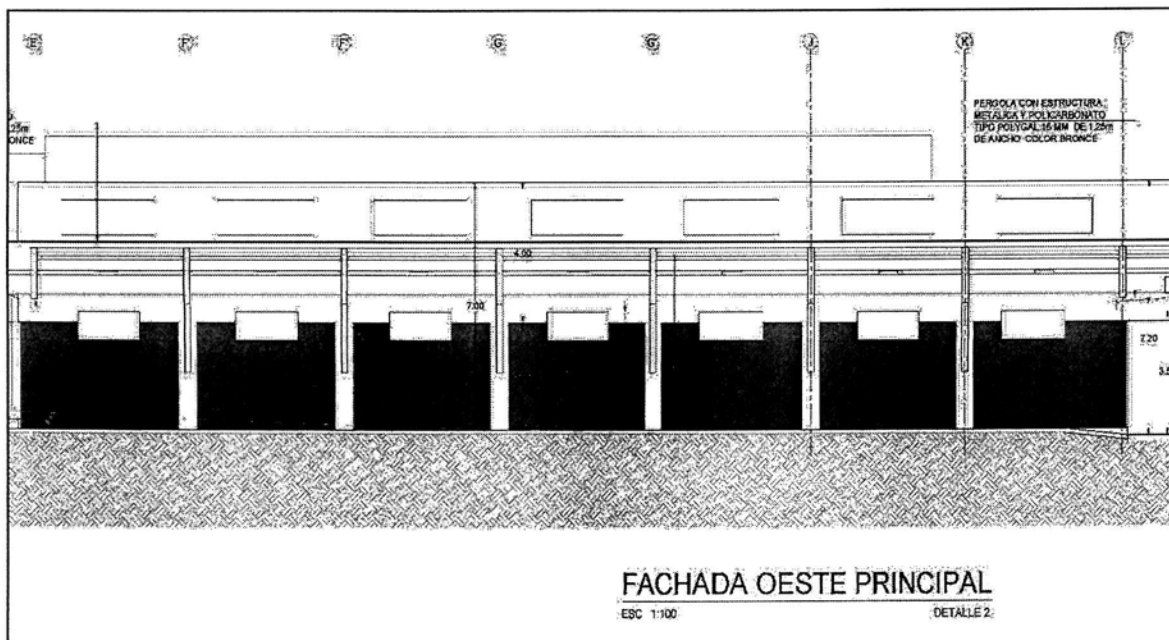


Figura 3-18: Elevación que muestra las fachadas de vidrio con marcos de aluminio incluida en el anteproyecto.

Fuente: Planos propuestos por el diseñador arquitectónico.

Durante el proceso de diseño, el arquitecto sugirió cambiar el sistema y pasar a paños de vidrio temperado con herrajes de acero inoxidable, como se muestra en la Figura 3-19.

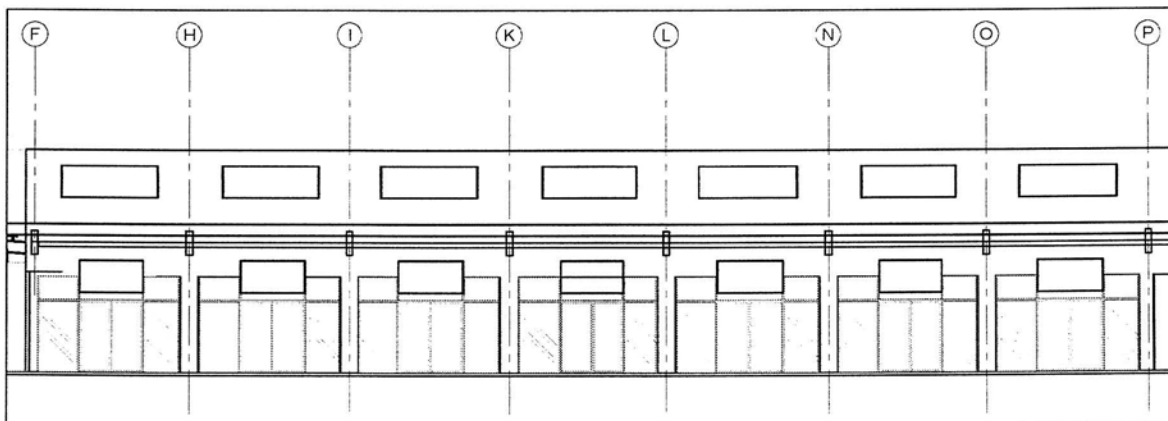


Figura 3-19: Elevación que muestra las fachadas de vidrio con herrajes de acero inoxidable incluido en planos finales.

Fuente: Planos propuestos por el diseñador arquitectónico.

El cambio de sistema buscaba alinear el diseño con la práctica común en este tipo de plazas comerciales que procuran fachadas limpias para una mejor exhibición de la mercadería.

Aunado a este cambio de sistema, tal y como se anotó en el apartado de cerramientos, los cerramientos de los locales ancla se habían pasado de láminas de muro seco a vidrio provocando un aumento de 203 m².

En total, el aumento en la partida de ventanería era de \$ 44 079,00 (cuarenta y cuatro mil setenta y nueve dólares), de los cuáles \$ 33 086,00 (treinta y tres mil ochenta y seis dólares) correspondían al incremento en área, y \$10 993,00 (diez mil novecientos noventa y tres dólares) al cambio de herrajes. El resumen se muestra en el Cuadro 3-18.

Cuadro 3-18: Resultado obtenido del análisis de las opciones de diseño para sistemas de ventanería.

Elemento	Cantidad presupuesto valor meta	Cantidad diseño final	Unidad	Total presupuesto valor meta	Total diseño final	Balance
Sistema de ventanería				\$95 346,00	\$139 425,00	\$44 079,00
Vidrio temperado y perfilería de aluminio anodizado	585,00	0,00	m ²	\$95 346,00	\$ 0,00	-\$95 346,00
Vidrio temperado y herrajes de acero inoxidable	0,00	788,00	m ²	\$ 0,00	\$139 425,00	\$139 425,00

Fuente: Empresa A

La aprobación de este cambio fue elevada a los socios, quienes lo aprobaron basados en el valor que le agregaba a la plaza comercial.

3.2.2.9 Adoquinado

En el presupuesto valor meta las áreas de circulación están consideradas en adoquín de alto tránsito de 8 cm y los espacios de estacionamiento en zacate block con su respectivo tope. Así mismo, se estima un relleno de 25 cm en material tipo sub-base. La propuesta del arquitecto estaba en la misma línea.

En busca de una reducción de costo y plazo de instalación, el equipo analizó la posibilidad de utilizar en las áreas de circulación carpeta asfáltica en vez de adoquín. El área de las circulaciones tiene una medida de 814 m², y en términos de tiempo de instalación, el adoquinado de esta área tomaría aproximadamente 8 días mientras que el asfaltado se podría completar en 2 días. En cuanto a costo, el utilizar asfalto representaba un ahorro de \$ 18 124,00 (dieciocho mil ciento veinticuatro dólares). El resumen del análisis de esta partida está contenido en el Cuadro 3-19.

Cuadro 3-19: Resultado obtenido del análisis de las opciones de diseño para pavimentos.

Elemento	Cantidad presupuesto valor meta	Cantidad diseño final	Unidad	Total presupuesto valor meta	Total diseño final	Balance
Pavimento				\$90 000,00	\$71 876,35	-\$18 123,65
Adoquín de 8 cm de espesor	1 554,00	870,00	m ²	\$90 000,00	\$42 047,00	-\$47 953,00
Carpeta asfáltica de 5 cm de espesor	0,00	814,00	m ²	\$ 0,00	\$29 829,35	\$29 829,35

Fuente: Empresa A

A pesar de las ventajas citadas en el párrafo anterior, el adoquín también tiene sus propias ventajas y deben ser tenidas en cuenta. El mantenimiento y reparaciones en un pavimento de adoquines son más sencillos de ejecutar pues no se requiere equipo especial. La vida útil del pavimento de adoquín (bien instalado) es superior al del asfalto.

Al presentar este cambio a los socios con sus pros y contras, ellos optaron por mantener el pavimento en adoquín. Una vez más el valor que tiene para el propietario un material o acabado primó sobre una reducción de costos. El detalle del pavimento se muestra en la Figura 3-20.

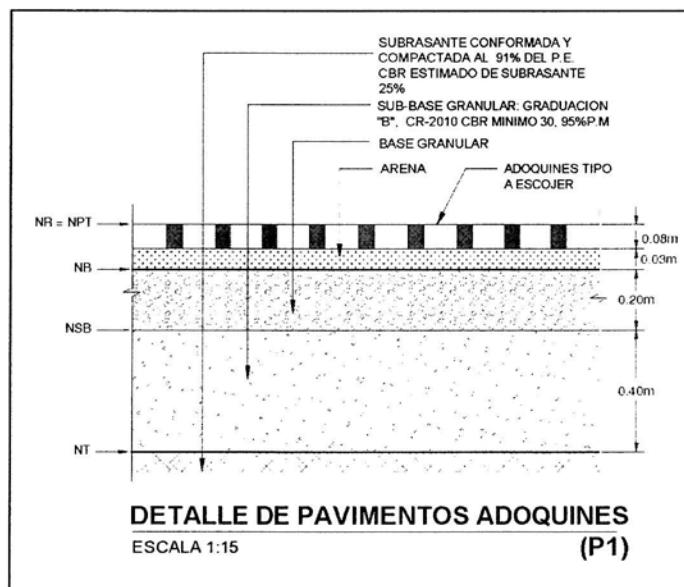


Figura 3-20: Detalle de pavimento incluido en planos finales.

Fuente: Planos propuestos por el diseñador estructural.

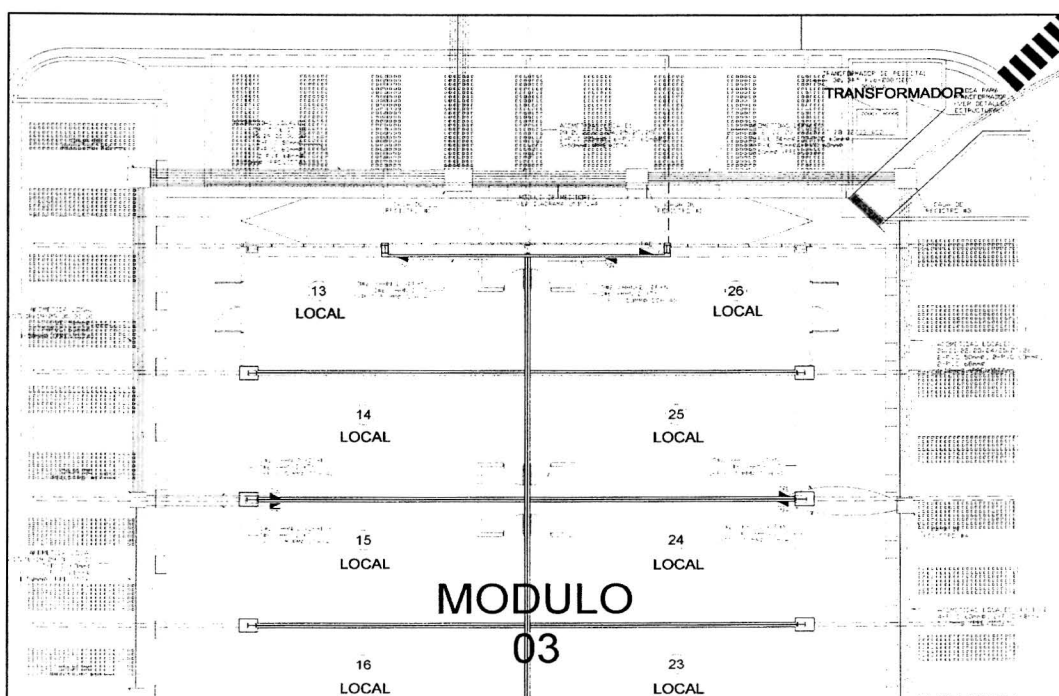
Evaluación de opciones de diseño para el sistema eléctrico

La evaluación de opciones del sistema eléctrico primeramente se enfocó en las dos partidas más grandes, ellas son: acometidas e iluminación.

3.2.2.10 Acometidas

El supuesto del presupuesto valor meta y la propuesta del diseñador de los sistemas electromecánicos estaba bastante alineada, ambos proponían utilizar cable de aluminio en vez de cobre y tubo en PVC conduit Durman.

La diferencia de criterio estaba en la ruta. El contratista había supuesto que la acometida a cada local partía del módulo de medidores y viajaba directo a cada uno de los centros de carga ubicados en los locales. El diseñador planteaba una cama de tubos que partían del módulo de medidores y de ésta se derivaban las acometidas a cada uno de los locales, tal y como se muestra en la Figura 3-21.



*Figura 3-21: Sección de planta eléctrica que muestra la propuesta de canalización del diseñador.
Fuente, Planos finales elaborados por el diseñador eléctrico.*

El contratista había considerado cables en aluminio tipo XHHN en calibres N° 4, N° 2 y 1/0. La propuesta del diseñador al contar con cables más largos tenía calibres que iban desde el calibre N° 2 para los locales pequeños hasta 4/0 para los dos locales ancla.

En el presupuesto del sistema eléctrico la partida de acometidas tiene un valor de \$ 70 000,00 (setenta mil dólares: ver Cuadro 3-6, línea 1.01 Acometidas). El incremento asociado con la propuesta del diseñador es de \$ 10 286,00 (diez mil doscientos ochenta y seis dólares).

Finalmente, el equipo seleccionó la propuesta del diseñador dado el valor que aporta a la operación de plaza comercial.

3.2.2.11 Sistema de iluminación

En relación con el sistema de iluminación de los locales, el supuesto del estimado meta era de 4 luminarias similar a Sylvania de 4' x 2' con luces LED y difusor acrílico. Para el baño del local se consideraba una luminaria tipo spot con luz LED. El diseñador estuvo de acuerdo en el tipo de luminaria y con ese modelo hizo las corridas de iluminación para determinar si la cantidad propuesta alcanzaba los 300 lux que se recomiendan en este tipo de espacios. Los datos indicaban que los locales más pequeños sí alcanzaban los 300 lux con 4 luminarias, pero entre más aumentaba el área la cantidad subía de 5 a 8 luminarias dependiendo del local.

En términos globales se ocupaban 166 luminarias en vez de las 132 incluidas en el presupuesto valor meta. Esta diferencia en cantidad de lámparas representaba una suma de \$ 6 174,00 (seis mil ciento setenta y cuatro dólares), y a este monto había que sumarle mano de obra, canalización y cableado. El total del incremento era de \$12 371,00 (doce mil trescientos setenta y un dólares). En el Cuadro 3-20 se incluye el resultado del análisis de opciones en lo que corresponde a iluminación.

Cuadro 3-20: Resultado obtenido del análisis de las opciones de diseño para luminarias de los locales.

Elemento	Cantidad presupuesto valor meta	Cantidad diseño final	Unidad	Total presupuesto valor meta	Total diseño final	Balance
Luminarias				\$22 737,00	\$28 911,00	\$6 174,00
Luminarias LED de 24 watts 1.20 m x 0.60 m similar a Sylvania	132,00	166,00	un	\$22 572,00	\$28 386,00	\$5 814,00
Luminaria LED de 6 watts tipo spot	33,00	33,00	un	\$ 165,00	\$ 165,00	\$ 0,00
Luminarias LED de 24 watts 1.20 m x 0.60 m similar a Sylvania	0,00	3,00	un	\$ 0,00	\$ 360,00	\$ 360,00

Fuente: Empresa A

En aras de mitigar el incremento en el costo de esta partida, el equipo analizó sustituir las lámparas LED de los locales por luminarias fluorescentes tipo T8. El costo unitario de la lámpara fluorescente es 20 % menor al de la lámpara LED lo que produce una reducción de costo de \$5 677,20 (cinco mil seiscientos setenta y siete dólares), pero las lámparas LED consumen menor energía y tienen una vida útil más larga.

Al presentarle al propietario los pros y contras del reemplazo, éste consideró mantener las lámparas LED porque a su criterio le servirían para el mercadeo de los locales.

En cuanto a los pasillos y parqueos, el supuesto del presupuesto valor meta consideraba luminarias de empotrar tipo "down light" con luz LED frente a cada local, y para los parqueos luces LED con una potencia de 54 W.

Durante las sesiones de trabajo se detectó que había un error en el supuesto de iluminación para los pasillos debido a que con la cantidad y tipo de luminaria adecuada no se lograba un nivel de iluminación aceptable. Para lograrlo se ocupaba prácticamente el doble de luminarias y éstas debían ser 7 veces más potentes. Así, el contratista y el diseñador buscaron luminarias que cumplieran con la demanda de potencia y que tuvieran un costo ventajoso para el proyecto. El aumento en costo de luminarias fue de \$ 6 480,00 (seis mil cuatrocientos ochenta dólares) y el incremento total de \$ 12 326,00 (doce mil trescientos veintiséis dólares). (Ver Cuadro 3-21).

Cuadro 3-21: Resultado obtenido del análisis de las opciones de diseño para luminarias de los pasillos.

Elemento	Cantidad presupuesto valor meta	Cantidad diseño final	Unidad	Total presupuesto valor meta	Total diseño final	Balance
Luminarias				\$4 245,00	\$10 725,00	\$6 480,00
Luminarias LED de 54 watts similar a Sylvania	40,00	0,00	un	\$4 080,00	\$ 0,00	-\$4 080,00
Luminaria LED de 6 watts tipo spot	33,00		un	\$ 165,00	\$ 0,00	-\$ 165,00
Luminarias LED panel 40 watts similar a Sylvania	0,00	81,00	un	\$ 0,00	\$5 265,00	\$5 265,00
Luminarias LED 42 watts similar a Sylvania	0,00	39,00	un	\$ 0,00	\$5 460,00	\$5 460,00

Fuente: Empresa A

3.2.3 Evaluación de opciones de diseño para el sistema mecánico

El estimado valor meta del sistema mecánico era de \$135 000,00 (ciento treinta y cinco mil dólares) y sus tres principales partidas son el sistema pluvial, el sistema de aguas negras y el sistema de agua potable. Los supuestos de diseño estaban muy alineados con las propuestas del diseñador.

En las sesiones de trabajo el equipo revisó las rutas para cada uno de los sistemas, la ubicación espacial de los tanques de retención de agua pluvial y agua potable, así como la ubicación de los bajantes. Estas revisiones fueron bastante exitosas y eso se demuestra con la reducción de \$ 3 000,00 (tres mil dólares) en el costo total del sistema.

3.3 Presupuesto de diseño final

3.3.1 Presupuesto de obra civil y acabados

Finalizado el diseño de la plaza comercial, la empresa a la que se le adjudicó la construcción actualizó el presupuesto según los planos finales que incluyen todas opciones de diseño aprobadas durante el TVD. Un resumen del presupuesto final está contenido en el Cuadro 3-22

Cuadro 3-22: Presupuesto final de obra civil y acabados.

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Monto total
TOTAL	m²	3 076,50	\$710,93	\$2 187 172,00
Movimiento de tierras				\$150 000,00
Corte y bote	m ³	8 359,00	\$ 10,53	\$88 000,00
Relleno	m ³	715,00	\$ 32,17	\$23 000,00
Corte de árboles	gib	1,00	\$39 000,00	\$39 000,00
Fundaciones				\$88 000,00
Fundaciones y pedestales	m ²	3 076,50	\$ 28,60	\$88 000,00
Estructura metálica				\$398 000,00
Estructura locales	kg	83 779,00	\$ 2,89	\$242 000,00
Estructura alero	kg	14 960,00	\$ 5,88	\$88 000,00
Rótulos y pasarelas	gib	1,00	\$68 000,00	\$68 000,00
Cerramientos perimetrales				\$200 000,00
Mampostería (Colindancias ejes A y 15)	m ²	1 148,00	\$ 106,27	\$122 000,00
Durock (precinta y paredes exteriores excepto colindancias)	m ²	1 728,00	\$ 43,40	\$75 000,00
Otros	m ²	200,00	\$ 15,00	\$3 000,00
Cubiertas y hojalatería				\$146 788,00
Cubierta doble bandeja + aislamiento y hojalatería	m ²	3 616,00	\$ 24,55	\$88 788,00
Cubierta policarbonato (aleros) y accesorios	m ²	1 854,00	\$ 31,28	\$58 000,00
Contrapiso				\$162 000,00
Contrapiso	m ²	4 054,00	\$ 35,27	\$143 000,00
Corte, juntas y sello de contrapiso	gib	1,00	\$19 000,00	\$19 000,00
Acabados				\$704 384,00
Enchape de piso locales	m ²	3 009,00	\$ 35,23	\$106 000,00
Enchape de piso pasillo	m ²	1 055,00	\$ 27,16	\$28 659,00
Paredes livianas de locales (cortafuego)	m ²	2 333,00	\$ 74,58	\$174 000,00
Cielos	m ²	4 073,00	\$ 24,12	\$98 257,00
Ventanería	gib	1,00	\$160 000,00	\$160 000,00
Puertas y cerrajería (solo puertas de baños locales)	und	35,00	\$ 228,57	\$8 000,00
Cortinas arrollables	gib	1,00	\$76 000,00	\$76 000,00
Baños (losa y accesorios) y pileta de aseo	gib	1,00	\$22 000,00	\$22 000,00
Pintura	m ²	7 400,00	\$ 4,25	\$31 468,00
Parqueos y áreas de circulación				\$141 000,00
Adoquin	m ²	1 684,00	\$ 48,10	\$81 000,00
Zacate block	m ²	460,00	\$ 47,83	\$22 000,00
Aceras	m ²	350,00	\$ 54,29	\$19 000,00
Cordón y caño	m	80,00	\$ 37,50	\$3 000,00
Topes	und	87,00	\$ 22,99	\$2 000,00
Demarcación	gib	1,00	\$7 000,00	\$7 000,00
Rampas de acceso en concreto	m ²	8,50	\$ 411,76	\$3 500,00
Agujas para control de acceso	unds	3,00	\$1 166,67	\$3 500,00

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Monto total
Mejoras a media vía				\$27 000,00
Subbase	m ³	168,00	\$ 35,71	\$6 000,00
Base	m ³	84,00	\$ 35,71	\$3 000,00
Carpeta asfáltica de 8 cm	m ²	420,00	\$ 28,57	\$12 000,00
Señalización vertical y horizontal	glb	1,00	\$2 000,00	\$2 000,00
Bordillos, aceras y obras complementarias	glb	1,00	\$4 000,00	\$4 000,00
Obras complementarias				\$66 000,00
Oficina administrativa	glb	1,00	\$7 000,00	\$7 000,00
Baños para uso común	glb	1,00	\$35 000,00	\$35 000,00
Caseta de seguridad	glb	1,00	\$4 000,00	\$4 000,00
Cuarto de máquinas	glb	1,00	\$4 000,00	\$4 000,00
Cuarto de telecom	glb	1,00	\$4 000,00	\$4 000,00
Tótem	glb	1,00	\$6 000,00	\$6 000,00
Acopio para basura	glb	1,00	\$3 000,00	\$3 000,00
Andén de carga	glb	1,00	\$3 000,00	\$3 000,00
Obra civil electromecánica			\$ 0,00	\$104 000,00
Zanjeo	glb	1,00	\$12 000,00	\$12 000,00
Cajas de registro	glb	1,00	\$6 000,00	\$6 000,00
Pozos (sanitarios y pluviales)	und	1,00	\$14 000,00	\$14 000,00
Pedestal módulo de medidores	glb	1,00	\$6 000,00	\$6 000,00
Fosa y losa de transformador	glb	1,00	\$8 000,00	\$8 000,00
Tanque de captación potable	glb	1,00	\$17 000,00	\$17 000,00
Tanque de retardo pluvial	glb	1,00	\$41 000,00	\$41 000,00

Fuente: Empresa A

El monto total del presupuesto de obra civil y acabado asciende a \$ 2 187 172,00 (dos millones ciento ochenta y siete mil ciento setenta y dos dólares), esta suma es \$ 77 172,00 (setenta y siete mil ciento setenta y dos dólares) más alta que el presupuesto valor meta que se muestra en la sección 3.2.3: hubo un incremento de 3,5 %.

Durante el proceso de diseño hubo dos partidas no revisadas que contribuyen a esta diferencia, ellas son: la estructura metálica para los rótulos y, las barandas que se colocaron para proteger a los peatones donde hay cambios de nivel entre el pasillo interno y la acera exterior.

En el caso de las precintas de los rótulos, los espesores de los elementos de la cercha tenían un espesor mayor al supuesto en el presupuesto valor meta, lo que provocó un aumento de \$33 000,00 (treinta y tres mil dólares).

En el caso de las barandas, el anteproyecto no las mostraba y durante el proceso de diseño la necesidad de ponerlas pasó desapercibida por todo el equipo. En la Figura 3-22 se muestra el

detalle correspondiente a esta situación. Dada la diferencia de nivel del módulo de restaurantes con la acera exterior se hizo necesario colocar 75 metros lineales de baranda con un costo asociado de \$16 908,00 (dieciséis mil novecientos ocho dólares).

Ambos montos, sumados al balance de las opciones seleccionadas dan cuenta de la diferencia económica, la cual se analizará ampliamente en la sección 4.1.

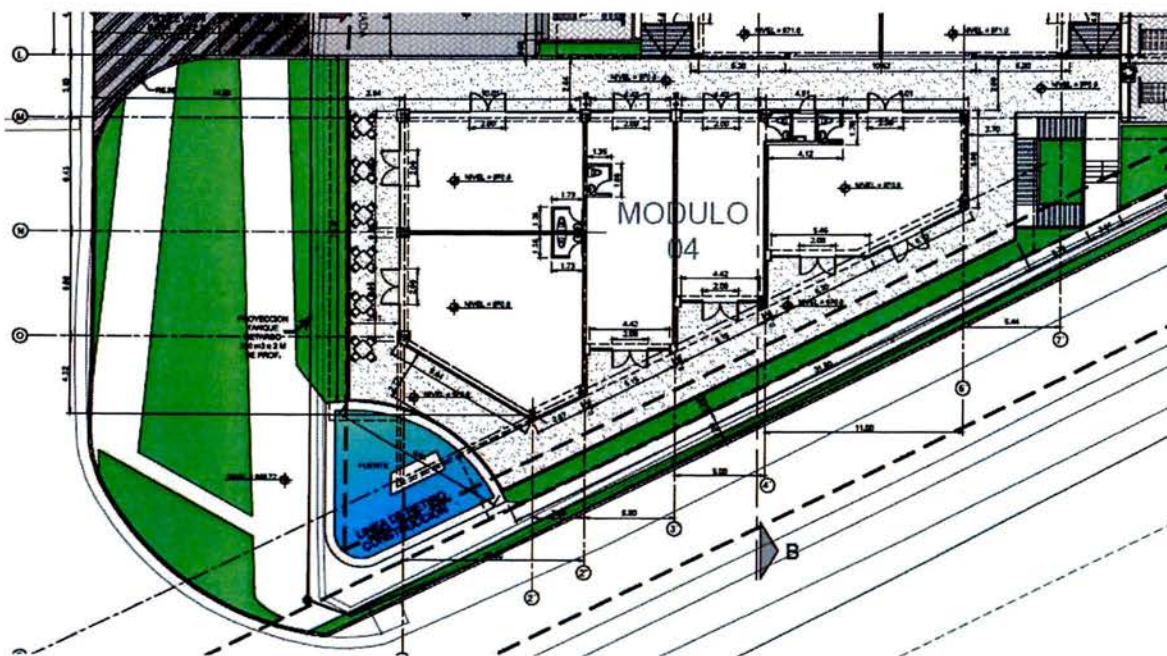


Figura 3-22: Módulo de restaurantes donde la diferencia entre el nivel de la terraza y la acera hizo necesaria la ubicación de una baranda.

Fuente: Planos propuestos por el diseñador arquitectónico.

3.3.2 Presupuesto del sistema eléctrico

El monto total del estimado valor meta para el sistema eléctrico es \$322 000,00 (trescientos veintidós mil dólares). El presupuesto final de acuerdo a planos finales es de \$348 000,00 (trescientos cuarenta y ocho mil dólares) como se muestra en el Cuadro 3-23.

Cuadro 3-23: Presupuesto final del sistema eléctrico.

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Monto total
TOTAL	3 076,50	m²	\$113,12	\$ 348 000,00
Sistema eléctrico				\$ 348 000,00
Acometidas	m ²	3 076,50	\$ 22,75	\$80 000,00
Sistema de tomacorrientes	m ²	3 076,50	\$ 4,55	\$19 000,00
Sistema de iluminación áreas comunes	m ²	3 076,50	\$ 4,23	\$25 000,00
Sistema de iluminación locales	m ²	3 076,50	\$ 15,60	\$60 000,00
Sistema de telecomunicaciones	m ²	3 076,50	\$ 3,58	\$14 000,00
Sistema de detección de incendios	m ²	3 076,50	\$ 6,50	\$37 000,00
Sistema de CCTV en áreas comunes	m ²	3 076,50	\$ 7,15	\$17 000,00
Tableros locales	m ²	3 076,50	\$ 5,20	\$16 000,00
Tableros áreas comunes	m ²	3 076,50	\$ 2,60	\$8 000,00
Transformador	m ²	3 076,50	\$ 20,48	\$47 000,00
Módulo de medidores	m ²	3 076,50	\$ 7,15	\$22 000,00
Previstas para alarma contra robos locales	m ²	3 076,50	\$ 2,60	\$2 000,00
Previstas para A/C locales	m ²	3 076,50	\$ 2,28	\$1 000,00

Fuente: Empresa A

El aumento total en relación al presupuesto valor meta fue de \$26 000,00 (veintiséis mil dólares), o sea, aproximadamente un 8 %. Adicional a los incrementos señalados en el apartado 3.3.3 *Evaluación de opciones para el sistema eléctrico*, hubo un incremento en el costo del sistema de detección de incendio de \$16 000,00 (dieciséis mil dólares).

La propuesta del diseñador tomaba en cuenta que la remodelación de los locales iba a ser paulatina según el tiempo que tomara alquilarlos o venderlos. Por lo tanto, la arquitectura del diseño propuesto contaba con un módulo aislador inteligente por local, así como módulos relay y un panel inteligente que permitían apagar los detectores de humo en áreas que estaban siendo remodeladas, mientras que en la propuesta del contratista esto no era posible.

El equipo aceptó la propuesta del diseñador.

3.3.3 Presupuesto del sistema mecánico

El monto total del estimado valor meta para el sistema mecánico es \$138 000,00 (ciento treinta y ocho mil dólares). El presupuesto final de acuerdo a planos finales es de \$135 000,00 (ciento treinta y cinco mil dólares), como se muestra en el Cuadro 3-24

Cuadro 3-24: Presupuesto final del sistema mecánico.

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Monto total
TOTAL	3 076,50	m²	\$43,88	\$ 135 000,00
Sistema mecánico				\$ 135 000,00
Sistema de agua potable	m2	3 076,50	\$ 13,65	\$42 000,00
Sistema de agua pluvial	m2	3 076,50	\$ 13,33	\$41 000,00
Sistema de aguas negras	m2	3 076,50	\$ 16,58	\$51 000,00
Previstas para trampa de grasa	m2	3 076,50	\$ 0,16	\$ 500,00
Previstas para A/C locales	m2	3 076,50	\$ 0,16	\$ 500,00

Fuente: Empresa A

En la sección 3.2.3 Evaluación de opciones de diseño para el sistema mecánico se destacó que los supuestos de diseño estaban muy alineados con las propuestas del diseñador y queda reflejado en la diferencia de tan solo \$ 3 000,00 (tres mil dólares) en el costo total del sistema.

3.3.4 Resumen

El monto total del presupuesto final es \$2 670 172,00 (dos millones seiscientos setenta mil ciento setenta y dos dólares), que es superior en \$100 172,00 (cien mil ciento setenta y dos dólares) con respecto al presupuesto valor meta indicado en el apartado 3.2.6, esta suma equivale a un incremento del 3.9 %. Las partidas causantes del aumento en orden de importancia son: la ventanería, la estructura metálica y la iluminación.

4 Variación del costo final, por metro cuadrado, para el caso de estudio versus el costo final de otros proyectos de tipo comercial

4.1 Comparación de estimado meta con presupuesto de diseño final

Del Presupuesto Valor Meta (PVM) que se estableció al inicio, los costos directos representaron un 85,8 %. Según la estrategia descrita en la metodología, el análisis se limitó a la evaluación de las partidas clave del presupuesto; en total se analizaron 16 partidas con un porcentaje estimado de 71,40 % del total de los costos directos.

En el Cuadro 4-1 se muestran los resultados, en dólares, que se alcanzaron de manera global y para cada una de las 16 partidas analizadas. Para cada partida se calcularon seis valores: aumento potencial (columna 4), aumento mitigado (columna 5), aumento versus PMV (columna 6), ahorro versus PMV (columna 7), aumento neto (columna 8) y contribución total TVD (columna 9). El aumento potencial, es el incremento de costo estimado entre la propuesta original y la propuesta seleccionada. La evaluación de partidas clave proyectó que estas tenían un sobre costo potencial equivalente al 13,49 % del PVM (columna 2). El aumento mitigado, es la fracción del aumento potencial que se logró reducir por medio de la aplicación de la metodología, que para este caso es de \$92 692.00 (noventa y dos mil seiscientos noventa y dos dólares). El aumento versus PMV es la diferencia del aumento potencial y el mitigado. El ahorro versus el PMV, es la reducción estimada de costo entre la propuesta original y la propuesta seleccionada. El aumento neto es el incremento que finalmente se trasladó al PVM.

Con la aplicación de la metodología diseño valor meta este valor se logró reducir a un 2,47 % (aumento neto: columna 8); es decir, de un sobre costo potencial de \$212 398,00 (doscientos doce mil trescientos noventa y ocho dólares), se pasó a \$38 897,00 (treinta y ocho mil ochocientos noventa y siete dólares); reducción que se logró por mitigación (columna 5) y ahorro (columna 7). Por lo tanto, se puede afirmar que la aplicación de la metodología TVD produjo un ahorro de \$173 501.00 (ciento setenta y tres mil quinientos un dólares).

Cuadro 4-1: Resumen de costos para las 16 partidas de mayor incidencia en el presupuesto global.

Partida	Presupuesto valor meta (PMV)	Costo total	Aumento potencial	Aumento mitigado	Aumento vs PVM	Ahorro vs PVM	Aumento neto	Contribución total TVD
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Total	\$1 574 483,84	\$1 613 380,81	\$ 212 398,00	\$ 92 692,00	\$ 119 706,00	\$ 80 809,00	\$ 38 897,00	\$ 173 501,00
Estructura metálica principal	\$177 206,00	\$208 500,00	\$71 294,00	\$40 000,00	\$31 294,00		\$31 294,00	\$40 000,00
Estructura metálica alero	\$77 520,00	\$75 500,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$2 020,00	-\$2 020,00	\$2 020,00
Fundaciones	\$78 686,00	\$76 326,00	\$6 497,00	\$6 497,00	\$ 0,00	\$2 360,00	-\$2 360,00	\$8 857,00
Cerramientos	\$176 796,00	\$173 010,00	\$2 074,00	\$2 074,00	\$ 0,00	\$3 786,00	-\$3 786,00	\$5 860,00
Losa de piso	\$155 486,00	\$139 885,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$15 601,00	-\$15 601,00	\$15 601,00
Cubierta de Alero	\$40 328,00	\$50 375,00	\$40 902,00	\$30 855,00	\$10 047,00	\$ 0,00	\$10 047,00	\$30 855,00
Cubierta de techo	\$103 987,00	\$88 788,00	\$10 513,00	\$10 513,00	\$ 0,00	\$15 199,00	-\$15 199,00	\$25 712,00
Enchapes de piso pasillos	\$34 564,00	\$28 659,00	\$2 753,00	\$2 753,00	\$ 0,00	\$5 905,00	-\$5 905,00	\$8 658,00
Enchape de piso locales	\$88 789,00	\$88 789,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
Cielos	\$117 386,00	\$101 985,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$15 401,00	-\$15 401,00	\$15 401,00
Ventanería	\$95 346,00	\$139 425,00	\$44 079,00	\$ 0,00	\$44 079,00	\$ 0,00	\$44 079,00	\$ 0,00
Adoquinado	\$90 000,00	\$81 000,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$9 000,00	-\$9 000,00	\$9 000,00
Movimiento de tierras	\$104 548,00	\$96 011,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$8 537,00	-\$8 537,00	\$8 537,00
Acometidas	\$60 070,37	\$70 356,37	\$10 286,00	\$ 0,00	\$10 286,00	\$ 0,00	\$10 286,00	\$ 0,00
Luminarias	\$52 347,04	\$76 347,00	\$24 000,00	\$ 0,00	\$24 000,00	\$ 0,00	\$24 000,00	\$ 0,00
Sistema mecánico	\$121 424,44	\$118 424,44	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$3 000,00	-\$3 000,00	\$3 000,00

Cambiando el enfoque, las partidas analizadas se pueden separar en partidas de mucho "valor" para el propietario y partidas meramente funcionales. Este ejercicio muestra el aporte de la aplicación de la metodología a los elementos que tienen mayor "valor" para el propietario que es precisamente lo que persigue el *Target Value Design*.

En términos de los elementos en los que el propietario quiso que se mantuvieran a pesar del sobre costo que representaban, como son, la amplitud de pasillos, las vitrinas sin perfilería, la iluminación natural y la iluminación artificial (ver cuadro 4.2), la evaluación de opciones de diseño permitió reducir el sobre costo potencial en un 43 % (columna 4 en cuadro 4.2). La reducción fue el resultado de la suma de aumento mitigado (columna 5) y ahorro (columna 7).

Cuadro 4-2: Resumen de partidas en las que el propietario seleccionó la opción menos económica para el proyecto

Partida	Presupuesto valor meta (PMV)	Costo total	Aumento potencial	Aumento mitigado	Aumento vs PVM	Ahorro vs PVM	Aumento neto	Contribución total TVD
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Total	\$ 532 337,04	\$ 595 657,00	\$ 111 055,00	\$ 32 929,00	\$ 78 126,00	\$ 14 806,00	\$ 63 320,00	\$ 47 735,00
Estructura metálica alero	\$77 520,00	\$75 500,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$2 020,00	-\$2 020,00	\$2 020,00
Cerramientos	\$176 796,00	\$173 010,00	\$2 074,00	\$2 074,00	\$ 0,00	\$3 786,00	-\$3 786,00	\$5 860,00
Cubierta de alero	\$40 328,00	\$50 375,00	\$40 902,00	\$30 855,00	\$10 047,00	\$ 0,00	\$10 047,00	\$30 855,00
Ventanería	\$95 346,00	\$139 425,00	\$44 079,00	\$ 0,00	\$44 079,00	\$ 0,00	\$44 079,00	\$ 0,00
Adoquinado	\$90 000,00	\$81 000,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$9 000,00	-\$9 000,00	\$9 000,00
Luminarias	\$52 347,04	\$76 347,00	\$24 000,00	\$ 0,00	\$24 000,00	\$ 0,00	\$24 000,00	\$ 0,00

El costo directo de las partidas no evaluadas, o sea el 28.60 % restante de los costos directos, asciende a \$630,947.00. El sobre costo estimado para estas partidas, luego de presupuestar de acuerdo a los planos constructivos, es de \$61 275,00 (sesenta y un mil doscientos setenta y cinco dólares), o sea, un 9.71 % de su valor total. Al comparar el porcentaje de incremento de 2.47 % de las partidas clave versus el incremento de 9.71% de las partidas no evaluadas se obtiene que el porcentaje de aumento es 3.93 veces mayor.

Con la metodología de trabajo aplicada, después de 3 meses de trabajo en la que participaron 3 profesionales por parte del cliente, 2 profesionales por parte del contratista, 1 diseñador estructural, 1 diseñador electromecánico y 2 arquitectos, el monto del presupuesto final es 3,90 % superior al presupuesto valor meta, lo cual se explica por las razones siguientes:

- La oferta de la empresa seleccionada (Empresa A), según la valoración de ofertas antes de su adjudicación, tenía un riesgo asociado conocido por el cliente de \$121 982,00 (ciento veintiún mil novecientos ochenta y dos dólares), de los cuáles podría decirse que se materializaron \$100 172,00 (cien mil ciento setenta y dos dólares).
- Una estimación pobre del sistema eléctrico. Al comparar en este rubro los totales del presupuesto final obtenido (\$348 000,00) y el presupuesto valor meta (\$322 000,00), se obtiene un incremento de 8,07 % con respecto al valor meta; mientras que, para la totalidad del presupuesto, el incremento con respecto al valor meta es de 3,90 %.
- Limitación de tiempo para revisar la totalidad de las partidas. La suma de las partidas que no fue posible evaluar con la metodología diseño valor meta representaron, de

acuerdo a los planos constructivos, un sobrecosto de 9,71 %, esto es, \$61 275,00 (sesenta y un mil doscientos setenta y cinco dólares), frente al incremento del presupuesto total con respecto al valor meta de 3,90 % (\$100 172,00)

Comparación de presupuesto de diseño final y costo final de proyectos similares

De acuerdo con los resultados obtenidos, el monto del presupuesto final excede en 3,9 % el presupuesto valor meta, esta diferencia tiene que ver con el riesgo asociado a cada proyecto, si es alto o bajo depende esencialmente del punto de vista del propietario.

Ahora bien, para tener una idea del valor de esta metodología para el propietario, se dan a continuación, en el Cuadro 4-3, valores globales obtenidos en dos proyectos de desarrollo comercial llevados a cabo por el propietario (Proyecto PG y Proyecto PC), con el fin de compararlos, de alguna manera, con los resultados obtenidos para el caso en estudio (Proyecto PLL).

Cuadro 4-3: Resumen de partidas en las que el propietario seleccionó la opción menos económica para el proyecto

Aspecto	Proyecto PG	Proyecto PC	Proyecto PLL Caso en estudio
Área rentable (*)	2 664,00 m ²	830,00 m ²	3076,00 m ²
Costo unitario esperado (**)	\$850,00/m ²	\$1 000,00/m ²	\$850,00
Costo unitario	\$1 104,04/m ²	\$1 403,18/m ²	\$867,93
Costo total	\$2 941 168,60	\$1 164 637,58	\$2 670 172,00

(*): Área rentable es aquella que se traduce en utilidad o ingreso para el propietario.

(**): Costo unitario esperado por el propietario al inicio del proyecto

En el caso de los proyectos PG y PC se puede observar que los costos unitarios obtenidos al final del proyecto superan en más del 30 % el costo unitario esperado por el propietario al inicio del proyecto. Según los profesionales a cargo de dichos proyectos, en ningún caso el porcentaje de órdenes de cambio excedió el 12 % del monto adjudicado al contratista general, por lo tanto, en el mejor de los casos, el incremento del costo unitario al adjudicar las obras superó el 18 %. En el caso de estudio el incremento del costo unitario fue del 2,1 %.

5 Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

En este trabajo se aplicó la metodología Diseño Valor Meta al proceso de diseño de una plaza comercial para obtener los costos del proyecto con el objetivo de compararlos con el costo estimado y con costos de proyectos similares ejecutados bajo el esquema tradicional. A partir de esta aplicación se concluye lo siguiente:

- a) Por medio de la metodología Diseño Valor Meta se logró determinar el costo total y por partida para el proyecto comercial, lo que permitió conocer desde la fase de pre-construcción que el presupuesto estaría 3,90 % por encima del valor estimado.
- b) Tres fueron los aspectos que se consideraron determinantes en el sobre costo, ellos son: riesgo determinado durante la fase de revisión y adjudicación, una estimación pobre del sistema eléctrico y limitación de tiempo para revisar la totalidad de las partidas.
- c) El riesgo determinado durante la fase de revisión y adjudicación coincidió en 82 % con respecto al monto total del sobre costo del proyecto.
- d) El incremento en los costos asociados al sistema eléctrico fue de 8,07 %.
- e) La no revisión de la totalidad de las partidas implicó un sobre costo de 9,71 % en estas.

- f) Para el propietario, la aplicación de la metodología Diseño Valor Meta significó un ahorro de \$173 501,00 (ciento setenta y tres mil quinientos un dólares); es decir, de no haberse realizado el estimado en la fase de pre-construcción, el sobre costo hubiera sido de 10,65 % y no de 3,90 %.
- g) El monto del presupuesto final para el caso en estudio fue 2,10 % superior al monto establecido como valor meta. No obstante, este porcentaje de variación es como mínimo 6 veces menor al obtenido en el Proyecto PG y en el Proyecto PC.
- h) La encuesta al propietario es el génesis de la memoria descriptiva y el anteproyecto, que a su vez servirán como insumos para el Estimado Valor Meta.
- i) El uso de la metodología Diseño Valor Meta permitió al Propietario incorporar elementos de valor tales como amplitud de pasillos, vitrinas limpias, iluminación natural y artificial con una reducción del 43 % del sobre costo que hubieran tenido bajo el esquema tradicional.
- j) Un adecuado mapa de diseño de lo macro a lo micro, enfocado a los elementos de mayor valor, acordado entre las partes y con puntos de control claramente establecidos dieron como resultado un proceso de diseño sin re-trabajos.
- k) La aplicación de la metodología Diseño Valor Meta permitió optimizar el flujo del diseño al evitar re-procesos, como también la obtención de un juego de planos alineados con el presupuesto de la obra, lográndose que el porcentaje del riesgo asociado previsto no excediera del 3 %, por tanto, se cumple la hipótesis planteada.
- l) La metodología Diseño Valor Meta como la aplicada para este proyecto comercial pareciera ser muy beneficiosa para el Propietario; sin embargo, hay que considerar otros aspectos relacionados como son las horas hombre invertidas en el proceso y los costos de uso de local, entre otros, que son costos no sumados al costo final del proyecto.

- m) La aplicación de la metodología fue bien acogida por el contratista, consultores y los profesionales que participaron por parte del propietario. A pesar de ello, se observó que conforme pasaban las semanas el equipo acusó desgaste producto del proceso, factor que limitó la creatividad hacia el final.
- n) Para el contratista la metodología podría ser no tan justa ya que los servicios que pone a disposición del propietario durante el proceso ¿son realmente retribuidos? El contratista tiene un premio si alcanza el PMV, por otro lado, su participación en el proyecto está garantizada, siempre y cuando, cumpla con los términos contractuales.

5.2 Recomendaciones

- a) Se sugiere al Propietario la aplicación de esta metodología en otros proyectos con el fin de determinar si se obtienen resultados como los de este caso de estudio. De ser así, el uso continuo de esta metodología permitiría llegar a su aplicación óptima en aras de obtener cada vez mejores resultados.
- b) Buena parte del éxito al aplicar esta metodología está en plantear propuestas, analizarlas y aprobarlas por medio de un acuerdo entre las partes. Se recomienda conformar el equipo de proyecto con personas de mente abierta, proactivas, conciliadoras, involucradas, anuentes a asumir su rol y responsabilidad.
- c) La aplicación de la metodología será eficaz siempre y cuando el Estimado Valor Meta esté bien elaborado. Por lo tanto, se recomienda dedicar tiempo al diseño de la encuesta al Propietario y, en su elaboración procurar una revisión minuciosa de la información disponible.
- d) En la fase de evaluación de propuestas se recomienda mantener los grupos pequeños (no más de 6 personas) para facilitar la comunicación y toma de decisiones. Así mismo, si el caso lo amerita, agendar reuniones para tratar temas específicos.

- e) La comunicación con el Propietario es clave para evitar re-procesos o desperdiciar tiempo en diseños que no tienen futuro. El equipo, antes de iniciar el proceso, debe tener claro cuáles son las opciones que deben presentar a aprobación del Propietario.

6 Referencias bibliográficas

Ballard, G. (2008). *The lean project delivery system: An update*. Lean Construction Journal 2008(1), 1-19. Arlington, Virginia

Forbes, L., Ahmed, S. (2011). *Modern construction: Lean project delivery and integrated practices*. CRC Press. Boca Ratón, Florida

Hill K., Copeland K., Pikel.C (2016). *Target value delivery, Practioner Guidebook to implementation*. Signature Book Printing. Arlington, Virginia

Howell, G. (1999, Julio). *What is lean construction*. En Sétima Conferencia Anual del grupo internacional para Lean Construction. Berkeley, California.

Macomber, H., Howell, G. & Barberio, J. (2009, invierno). *Target value design: Nine foundational and six advanced practices for delivering surprising client value*. AIA Practice Management Digest 2009(1), 19-20. Washington DC

Matthews, O., Howell, G. (2005). *Integrated project delivery an example of relational contracting*. Lean Construction Journal 2(1), 46-61. Arlington, Virginia

Seed, W. (2016). *Transforming Design and Construction*. Signature Book Printing. Arlington, Virginia

Tommelein, I. (2016). *Target value design, Introduction, Framework and Current Benchmark*. Signature Book Printing. Arlington, Virginia

7 Apéndices

Apéndice 1: Entrevista a los inversionistas

¿Cuáles de los siguientes elementos aumentan el valor o atractivo a una plaza comercial?

1: Aporta valor, 5: Aporta mucho valor

Aspectos	Clientes				
	CW	AS	CS	RL	Promedio
Amplitud de pasillos	4	5	5	5	4.75
Altura de locales	3	5	5	2	3.75
Capacidad de parqueos	5	5	5	4	4.75
Paisajismo	5	1	1	5	3.00
Locales acabados	3	5	5	3	4.00
Presencia de foodcourt	2	2	1	1	1.50
Cortinas arrollables	4	5	5	2	4.00
Cerrajería digital	2	3	1	1	1.75
Baños por local	3	5	5	4	4.25
Sistema interno de voz y datos	2	5	5	4	4.00
Previstas para sanitario adicional	2	5	5	4	4.00
Previstas para trampa de grasa	3	5	5	5	4.50

Comentarios: Innovación/atractivo pero económico: sin desperdicio / enfoque en el cliente

¿Cuál de las opciones propuesta le parece adecuada para las dimensiones de los locales ?

Tamaño del local	Clientes				
	CW	AS	CS	RL	Promedio
Frente (m)	6	5	5	6	5.50
Área (m ²)	80	NR	NR	90	85.00

¿ Cuáles de los siguientes elementos aumentan el valor o atractivo a una plaza comercial?

1: Aporta valor, 5: Aporta mucho valor

Aspecto	Clientes				
	CW	AS	CS	RL	Promedio
Prevista para electrolinera	4	3 (5)	1 (5)	1	2.25
WiFi (alta velocidad)	5	1	1	1	2.00
TV en áreas públicas	3	3	SR	1	2.33
Fuente	5	3	3	5	4.00
Circuito cerrado de cámaras	5	5	5	5	5.00
Alarma contra robo por local	3	1	1	1	1.50
Previstas varias A/C	3	1	1	5	2.50
Sistema para gas	2	1	1	1	1.25
Área para reciclaje	4	1	1	4	2.50
Playground	3	1	1	1	1.50
Sistema de publicidad	5	SR	3	4	4.00

CW: Inversionista 1

AS: Inversionista 2

CS: Inversionista 3

RL: Inversionista 4

(1): No respondo

Apéndice 2: Formato de presupuesto meta

PLAZA COMERCIAL
Contratista general para construcción
(NOMBRE DE LA EMPRESA LICITANTE)

ID #	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	MONTO TOTAL
TOTAL					\$
1	Movimiento de tierras				\$ -
1.01	Corte y bote	m3			\$ -
1.02	Relleno	m3			\$ -
1.03	Corte de árboles	glb			\$ -
2	Fundaciones				\$ -
2.01	Fundaciones y pedestales	m3			\$ -
3	Estructura metálica				\$ -
3.01	Estructura locales	kg			\$ -
3.02	Estructura alero	kg			\$ -
3.03	Rótulos y pasarelas	kg			\$ -
4	Cerramientos perimetrales				\$ -
4.01	Mampostería	m2			\$ -
4.02	Durock	m2			\$ -
4.03	Otros	m2			\$ -
5	Cubiertas y hojalatería				\$ -
5.01	Cubierta doble bandeja + aislamiento y hojalatería	m2			\$ -
5.02	Cubierta policarbonato (aleros) y accesorios	m2			\$ -
6	Contrapiso				\$ -
6.01	Contrapiso	m2			\$ -
6.02	Corte, juntas y sello de contrapiso	glb			\$ -
7	Acabados				\$ -
7.01	Enchape de piso locales	m2			\$ -
7.02	Enchape de piso pasillo	m2			\$ -
7.03	Paredes livianas de locales (cortafuego)	m2			\$ -
7.04	Cielos	m2			\$ -
7.05	Ventanería	glb			\$ -
7.06	Puertas y cerrajería	und			\$ -
7.07	Cortinas enrollables	glb			\$ -
7.08	Baños (losa y accesorios) y pileta de aseo	glb			\$ -
7.09	Pintura	m2			\$ -
8	Sistema eléctrico				\$ -
8.01	Acometidas	glb			\$ -
8.02	Sistema de tomacorrientes	glb			\$ -
8.03	Sistema de iluminación áreas comunes	glb			\$ -
8.04	Sistema de iluminación locales	glb			\$ -
8.05	Sistema de telecomunicaciones	glb			\$ -
8.06	Sistema de detección de incendios	glb			\$ -
8.07	Sistema de CCTV en áreas comunes	glb			\$ -

PLAZA COMERCIAL
Contratista general para construcción

(NOMBRE DE LA EMPRESA LICITANTE)

ID #	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	MONTO TOTAL
TOTAL					\$ -
8.08	Tableros locales	glb			\$ -
8.09	Tableros áreas comunes	glb			\$ -
8.1	Transformador	glb			\$ -
8.11	Módulo de medidores	glb			\$ -
8.12	Previstas para alarma contra robos locales	glb			\$ -
8.13	Previstas para A/C locales	glb			\$ -
9	Sistema mecánico				\$ -
9.01	Sistema de agua potable	glb			\$ -
9.02	Sistema de agua pluvial	glb			\$ -
9.03	Sistema de aguas negras	glb			\$ -
9.04	Previstas para trampa de grasa	glb			\$ -
9.05	Previstas para A/C locales	glb			\$ -
10	Obra civil electromecánica				\$ -
10.01	Zanjeo	m3			\$ -
10.02	Cajas de registro	und			\$ -
10.03	Pozos	und			\$ -
10.04	Pedestal módulo de medidores	glb			\$ -
10.05	Fosa y losa de transformador	glb			\$ -
10.06	Tanque de captación potable	glb			\$ -
10.07	Tanque de retardo pluvial	glb			\$ -
11	Parqueos y áreas de circulación				\$ -
11.01	Adoquin	m2			\$ -
11.02	Zacate block	m2			\$ -
11.03	Aceras	m2			\$ -
11.04	Cordón y caño	ml			\$ -
11.05	Topes	unds			\$ -
11.06	Demarcación	glb			\$ -
11.07	Rampas de acceso en concreto	m2			\$ -
11.08	Agujas para control de acceso	unds			\$ -
12	Mejoras a media vía				\$ -
12.01	Subbase	m3			\$ -
12.02	Base	m3			\$ -
12.03	Carpeta asfáltica de 8 cm	m2			\$ -
12.04	Señalización vertical y horizontal	glb			\$ -
12.05	Bordillos, aceras y obras complementarias	glb			\$ -
13	Obras complementarias				\$ -
13.01	Oficina administrativa	glb			\$ -
13.02	Baños para uso común	glb			\$ -
13.03	Caseta de seguridad	glb			\$ -
13.04	Cuarto de máquinas	glb			\$ -
13.05	Cuarto de telecom	glb			\$ -
13.06	Tótem	glb			\$ -
13.07	Acopio para basura	glb			\$ -
13.08	Andén de carga	glb			\$ -

Apéndice 3: Memoria Descriptiva

PLAZA COMERCIAL

Propiedad en El Llano de Alajuela, 300m al Este de Iglesia Católica

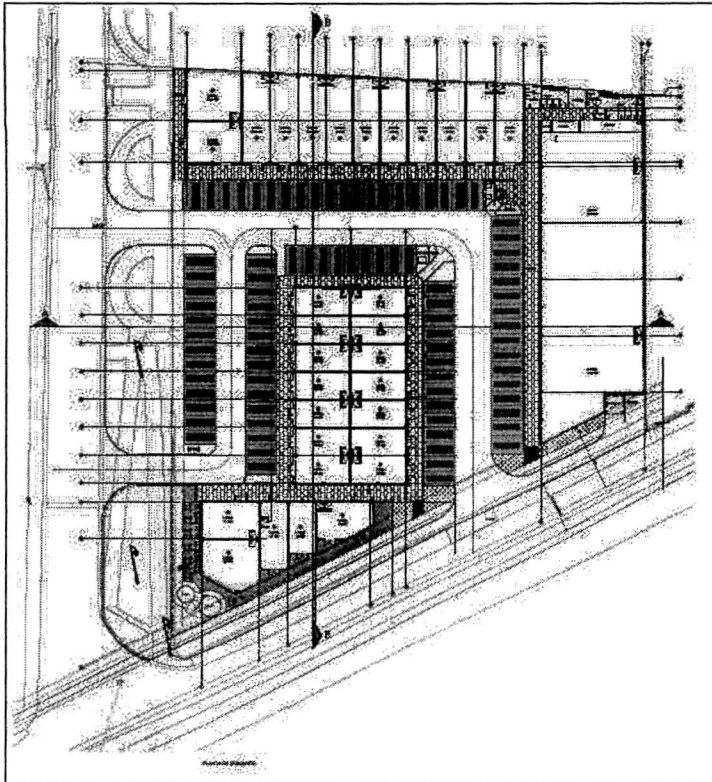


Imagen1 – Planta general

Descripción general: El Proyecto consiste en la construcción de un centro comercial de un nivel. Incluye trabajos exteriores como parqueos, accesos vehiculares, jardines y paisajismo, además de obras complementarias como caseta de seguridad, área para acopio de basura, oficinas administrativas, tótem, tanque de retardo para agua pluvial, tanque de captación para agua potable, casas de máquinas, cuarto de telecomunicaciones, muros y cerramientos perimetrales y mejoras a media vía.

Áreas constructivas: Lote: 7.015m².

Locales comerciales: 3.076,50 m².

Aceras y pasillos: 1.960,00 m².

Obras complementarias: 1.978,50 m².

Estacionamiento: Parqueo externo para 87 vehículos, cumpliendo los requisitos de accesibilidad establecidos por la normativa local. .

Edificio Comercial:

Estructura:	De acero, concreto reforzado o mampostería. La altura libre mínima (al codo) es de 4,94 m en el módulo este y de 3,95 m en el resto de edificios. El diseño cumple con el Código Sísmico de Costa Rica 2010 (versión vigente). La parte posterior de los bloques Norte y Este es en muro de mampostería hasta altura variable, y la parte superior en pared de bloques con columnas y vigas de concreto. Ver archivo de topografía para las alturas.
Fundaciones:	De concreto reforzado.
Contrapiso	Será en concreto reforzado de 10 cm de espesor con juntas flexibles en ambas direcciones colado sobre una subbase de 30 cm de espesor al 95% de PM y CBR 30% según graduación MOPTCR-2010
Canoas:	En hojalatería de acero esmaltado.
Cerramientos:	Se construirá con una combinación de bloques de concreto, ventanas de vidrio y paredes livianas (tipo Durock, Dens glass, etc.). Elementos en Durock con forro en porcelanato. Espacio para rótulos y sus respectivas previstas eléctricas. Los rótulos de pasillos tendrán dimensiones de 2x1 m.
Pintura:	El centro comercial se pintará por completo con una capa base y dos de acabado, se aplicará pintura tipo Sur Goltex tanto interna como externamente.
Ventanas:	Ventanería en vidrio temperado claro de 10 mm de espesor.
Cortinas arrollables:	Detrás de las puertas de vidrio de la fachada de los locales, a una distancia de 60 cm, se instalarán cortinas arrollables con microperforado, las cuales funcionan mediante un motor.
Puertas:	Las puertas de la fachada de los locales serán de vidrio temperado, las puertas internas serán de madera.
Cubierta de techo:	La cubierta sobre los locales será de acero esmaltado tipo doble bandeja de producción continua con aislante de polisocianurato de 50cm. Para el alero se utilizará policarbonato tipo Macrolon 16mm color bronce.
Aleros:	Toda la fachada llevará un alero que se extiende sobre el estacionamiento, con estructura de acero y la cubierta de policarbonato tipo Macrolon 16mm color bronce.
Piso:	En los locales pisos en porcelanato .

Pasillos: Los pasillos tendrán un ancho mínimo de 2.7m libres de todo obstáculo. El acabado de piso será en porcelanato antideslizante. El cielo raso será en gypsum. Considerar luminarias en cielo a cada 5.0m y tomacorrientes para tareas de limpieza a cada 15.0m. Se incluirán tomacorrientes y previstas para televisores.

Acabados internos: Los locales se entregan acabados. Llevan enchape de piso, cielo raso de gypsum, paredes acabadas (1 mano de sellador + 2 manos de pintura), servicio sanitario, pileta de aseo, luminarias, plaquería y los sistemas electromecánicos que se especifican en este documento. Los modelos de inodoros y lavatorios según siguiente especificación:

- Inodoros Modelo: Cadet 3 de American Standard, color blanco.
- Lavatorios modelo: Lavamanos de colgar modelo Embajador, color blanco, marca American Standard. Grifería de lavatorio de 4" modelo Colony, marca American Standart.

Paredes divisorias entre locales: Panel de yeso resistente al fuego con núcleo de yeso y aditivos para mejorar la resistencia al fuego, recubierto con papel en la superficie del frente, reverso y bordes largos, según ASTM C 36/C 1396, tipo X. Estructura en perfiles de HG de 75 mm calibre 20, forro exterior en lámina de gypsum de 12 mm y forro interior en doble lámina de gypsum tipo X de 15.8 mm atornilladas por separado a cada una de ellas. (Ver detalle en anexos).

Precinta para rótulos: El edificio llevará una precinta para rótulos en la fachada, la cual sobresaldrá sobre el nivel de techo. Dicha precinta será en estructura metálica con forro de Durock. También deberán considerarse previstas eléctricas para los rótulos a cada 5,0m. Los rótulos serán de 3x1 m.

Pasarela y plataformas para equipos: Detrás de la precinta existirá una estructura metálica para soportar equipos la cual llevará tomacorrientes dobles para exteriores y llaves de chorro a cada 10 m.

Obras Exteriores:

Parqueo: 87 espacios de parqueo. Las áreas de circulación serán en adoquín, los espacios de estacionamiento serán en zacate block con su respectivo tope de concreto. Las separaciones entre espacios de estacionamiento serán en adoquín.

Áreas de circulación y accesos: En adoquín. Deben llevar sus respectivos bordillos, o cordón y caño según corresponda. Considerar señalización horizontal y vertical. Considerar 1 aguja de control vehicular para cada acceso.

Caseta de seguridad: Caseta de vigilancia de 2.0m x 1.55m. A base de estructura metálica, forros en paneles de fachada tipo Huurre y ventanería de aluminio-vidrio.

Esta se ubicará en un 2do nivel sobresaliendo de la cubierta de los locales. Debe tener un baño de 1.75m x 1.55m con inodoro y lavatorio sencillos.

Tanque de retardo agua pluvial: subterráneo, en concreto reforzado, volumen: 300m³ área 150m², profundidad 2m.

Tanque de captación agua potable: subterráneo, en concreto reforzado, plástico o prefabricado, volumen 20m³.

Casa de máquinas: Cuarto de bombas para el tanque de agua potable.

Oficina para administración: pisos en concreto lujado con sellador. Paredes en gypsum con sellador y dos manos de pintura.

Baños comunes: Enchape en porcelanato en piso y en paredes hasta 2.20m.

- Inodoros Modelo: Cadet 3 de American Standard, color blanco. En baños de hombres mingitorio modelo Ártico de American Standard.
- Lavatorios modelo: Lavamanos de sobreponer 45cm x 45cm modelo Boxe II, color blanco, marca American Standard sobre mueble de granito u otra piedra natural. Grifería de lavatorio economizadora de cierre automático modelo TV 1221.9.07, marca Helvex 0.5 GPM.
- Particiones sanitarias en baños tipo Hadrian o similar.

Bodega: pisos en concreto lujado con sellador. Paredes en gypsum con sellador y dos manos de pintura.

Área de acopio para basura: Con enchape de piso y paredes en azulejo, llave de chorro, drenaje e iluminación. Cubierta de techo y espacio para clasificación de basura.

Cuarto de telecomunicaciones: pisos en concreto lujado con sellador. Paredes en gypsum con sellador y dos manos de pintura.

Andenes de carga: En el sector Este se ubicará una pequeña área de carga y descarga.

Aceras: Aceras en concreto 210 kg/cm², 10cm de espesor, con malla electrosoldada, acabado escoboneado y tiburoneado en los bordes, juntas de control a cada 3 metros. Deben cumplir con ley 7600.

Sistemas:

Locales:

- Sistema de agua potable funcional dentro de los locales: Cada local contará con un hidrómetro de 25 mm, previstas para la instalación de dos servicios sanitarios, cada uno con un inodoro y un lavatorio. Para lo locales grandes se dejará un hidrómetro de 32 mm y las previstas para la instalación de dos servicios sanitarios, cada uno con un inodoro y un lavatorio.

- Sistema de aguas negras: previstas para la instalación de dos servicios sanitarios, cada uno con un inodoro y un lavatorio
- Prevista de trampa de grasa por local.
- Instalaciones eléctricas: Centros de carga de 12 espacios, con interruptor principal de 2 polos 60 amperios, cuatro interruptores termomagnéticos de un polo 20 amperios
- Tomacorrientes y previstas eléctricas: Cada local contará con seis tomacorrientes dobles polarizado, de 15 amperios, 120 voltios distribuidos en dos circuitos ramales. También se dejará un circuito ramal para la colocación de dos rótulos, uno ubicado en la precinta exterior y el otro sobre la puerta del local. Se dejará una prevista eléctrica para aire acondicionado saliendo al techo, con una tubería de 25 mm y otra de 12 mm.
- Iluminación interna de los locales: Cada local contará con cuatro luminarias 2 x 4, tecnología led, y una luminaria tipo spot con tecnología led para el baño.
- Sistema de telecomunicaciones y puertos dentro de cada local: Una caja telefónica de 20 pulgadas de colocación de empotrar, con los accesorios internos para conectar dos salidas de datos, 2 salidas telefónicas y dos salidas de televisión. Dentro de cada local se dejarán 2 previstas de datos, 2 previstas de teléfono y dos previstas de televisión. Cada local tendrá una acometida desde el cuarto de telecomunicaciones hasta el tablero telefónico, un cable tipo UTP para intemperie de 4 hilos, categoría 6, en un tubo de 25 mm, y se dejará previsto otro tubo de 25 mm. desde la caja de registro telefónico a ubicar en el exterior de los locales, hasta la caja telefónica interna. Para los locales grandes, se le dejara dos canalizaciones de 32 mm como prevista junto con el cable UTP.
- Previstas para A/C
- Sistema de detección de incendios: Se colocará dos sensores de humo, una luz estroboscópica y una estación manual en cada local.

Áreas comunes:

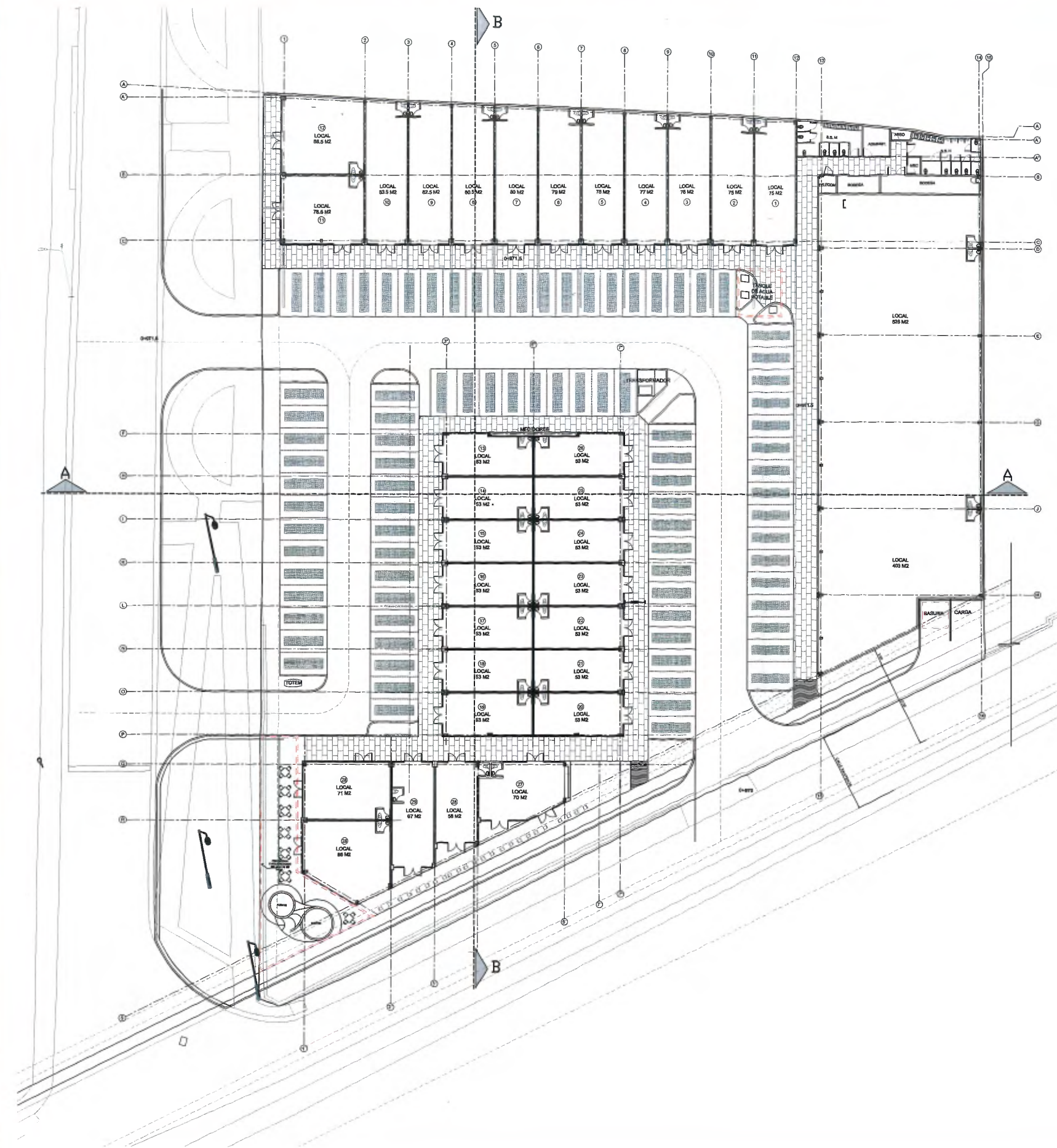
- Sistema pluvial completo: Se instalarán bajantes pluviales de 75 mm a cada seis metros aproximadamente. La tubería colectora pluvial será en tubería de PVC, tipo TDP. Se instalarán tuberías de 200 mm hasta los 450 mm. Todas las aguas pluviales irán a un tanque de retardo.
- Sistema de agua potable con tanque de almacenamiento para y sistema de bombeo Sistema de presión constante. Se instalará un sistema de presión constante compuesto por dos bombas sumergibles de 5.hp. cada una, panel de control, tanque hidroneumático y demás accesorios. Los baños de áreas comunes se alimentarán con un tubo principal de 50 mm. Se dejarán un aproximado de 20 llaves de chorro. La tubería principal tendrá un diámetro de 68 mm.

- Colector de aguas negras y desagüe a red sanitaria: Se instalará una red de aguas negras pasando al frente de cada local con un diámetro de 150 mm al inicio, terminando en 200 mm llegando al pozo de aguas negras ubicado en la calle. El colector principal de cada local será en tubería de 100 mm, conectándose a la red principal con un sifón del mismo diámetro.
- Iluminación en pasillos y obras exteriores: Se utilizarán luminarias de empotrar en los pasillos con tecnología led, se instalará una luminaria al frente de cada local. Se instalarán luminarias con tecnología led de 54 watts para iluminar los parqueos, se instalará una luminaria cada 8 metros.
- Acometida eléctrica de media tensión: Acometida de media tensión trifásica, subterránea, aprox. 20 metros.
- Transformador: Transformador de pedestal de 300 KW
- Módulo de medidores de 25 medidores clase 125, 8 medidores clase 200 y dos medidores remotos con principal de 350 amperios. El interruptor principal del módulo de medidores de 850 amperios.
- Acometida eléctrica de baja tensión: Acometidas eléctricas para los locales en cable de aluminio tipo XHHN con calibres # 4, # 2, # 1/0 y # 2/0 para los locales más grandes y alejados del módulo de medidores.
Se dejará un tablero eléctrico para las áreas comunes con capacidad para 200 amperios y 42 circuitos ramales, tres fases. Se colocarán un aproximado de 20 tomacorrientes 120 voltios, 30 amperios, 1 salida para rótulo con capacidad de 40 amperios, 208 voltios. Dos previstas para bombas de agua con capacidad de 30 amperios, 208 voltios cada una.
- Llaves de chorro en áreas exteriores para riego.
- Sistema de detección de incendios: en los pasillos se colocarán un promedio de 15 luces estroboscópicas y 10 estaciones manuales.
- Circuito cerrado de televisión: Se instalarán un promedio de 35 cámaras tecnología IP, un grabador y un monitor, se instalará cable tipo UTP categoría 6.
- Previstas para televisores en pasillos.

No se incluye:

- Generador de respaldo eléctrico.
- Alarma contra robo.
- Instalaciones internas eléctricas ni mecánicas distintas a las especificadas.
- Acabados internos distintos a los especificados en el alcance.
- Mobiliario.
- Sistema para gas.
- Trampas de grasa.
- Extractores.

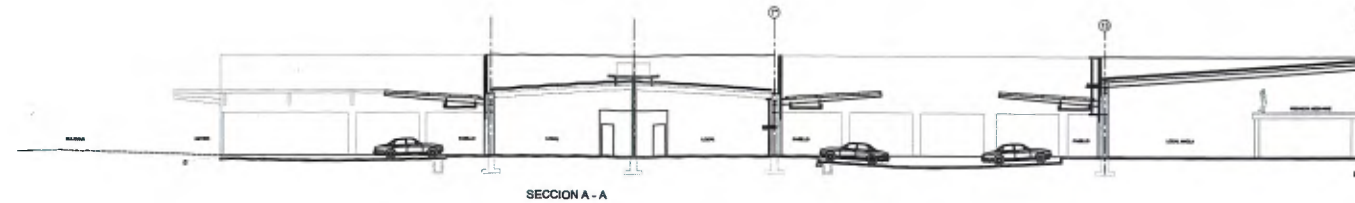
Apéndice 4: Planta de Conjunto y Perspectivas



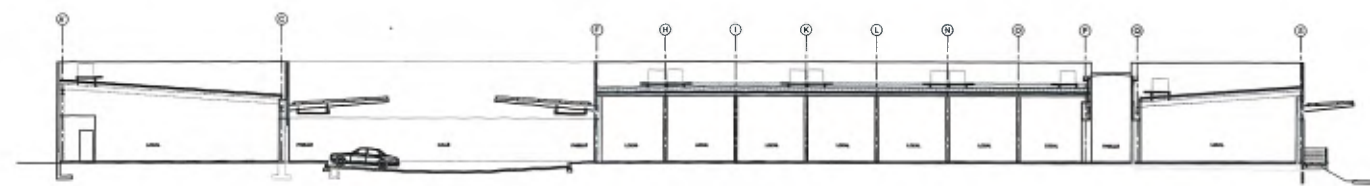
PLANTA DE CONJUNTO

AREA DEL TERRENO
SEGUN
LEVANTAMIENTO 7015
M2

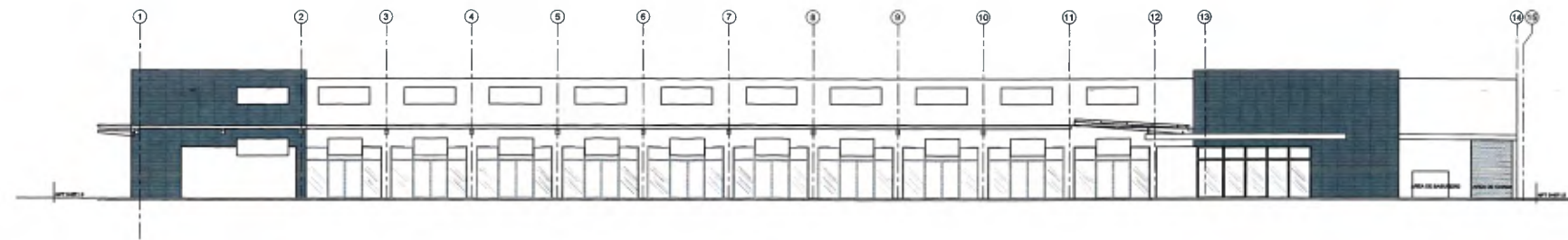
LOCAL	M2
1	75
2	75
3	76
4	77
5	78
6	79
7	80
8	80,5
9	82,5
10	83,5
11	78,5
12	88,5
13	53
14	53
15	53
16	53
17	53
18	53
19	53
20	53
21	53
22	53
23	53
24	53
25	53
26	53
27	70
28	58
29	67
30	86
31	71
32	403
33	626
3076,5	



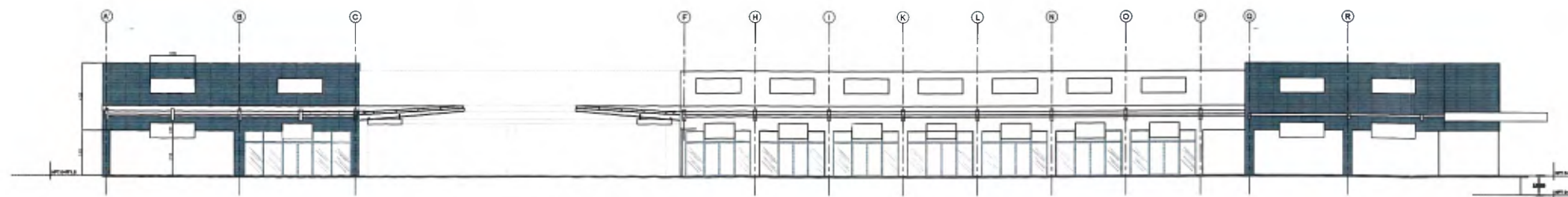
SECCION A - A



SECCION B - B



FACHADA SUR



FACHADA OESTE