



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Experiencia laboral en preparación de
concursos de obra pública, residencia y
supervisión de obras de infraestructura**

INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES

Que para obtener el título de

Ingeniero Civil

P R E S E N T A

Juan Octavio Tripp Pineda

ASESOR DE INFORME

M.I. José Alonso Alanis Rojas



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2026



**PROTESTA UNIVERSITARIA DE INTEGRIDAD Y
HONESTIDAD ACADÉMICA Y PROFESIONAL
(Titulación con trabajo escrito)**



De conformidad con lo dispuesto en los artículos 87, fracción V, del Estatuto General, 68, primer párrafo, del Reglamento General de Estudios Universitarios y 26, fracción I, y 35 del Reglamento General de Exámenes, me comprometo en todo tiempo a honrar a la institución y a cumplir con los principios establecidos en el Código de Ética de la Universidad Nacional Autónoma de México, especialmente con los de integridad y honestidad académica.

De acuerdo con lo anterior, manifiesto que el trabajo escrito titulado EXPERIENCIA LABORAL EN PREPARACION DE CONCURSOS DE OBRA PUBLICA, RESIDENCIA Y SUPERVISION DE OBRAS DE INFRAESTRUCTURA, que presenté para obtener el título de INGENIERO CIVIL es original, de mi autoría y lo realicé con el rigor metodológico exigido por mi Entidad Académica, citando las fuentes de ideas, textos, imágenes, gráficos u otro tipo de obras empleadas para su desarrollo.

En consecuencia, acepto que la falta de cumplimiento de las disposiciones reglamentarias y normativas de la Universidad, en particular las ya referidas en el Código de Ética, llevará a la nulidad de los actos de carácter académico administrativo del proceso de titulación.

JUAN OCTAVIO TRIPP PINEDA
Número de cuenta: 419047162

AGRADECIMIENTOS

A mi madre, por su apoyo constante a lo largo de mi formación académica y personal, así como por el acompañamiento y respaldo que me ha brindado durante toda mi vida.

A mi padre, por su respaldo y por ser una referencia en mi formación profesional como ingeniero civil, así como por el apoyo brindado durante el desarrollo de este trabajo.

A mis hermanos, Yunuén, Yareni, Roberto, Francisco y Santiago, por su compañía y apoyo a lo largo de esta etapa.

A la Facultad de Ingeniería, por brindarme la formación académica y los conocimientos necesarios para mi desarrollo profesional.

A la empresa Grupo Plarciac, por permitirme utilizar información para el desarrollo de este trabajo y por contribuir a mi experiencia profesional.

A mi asesor, M. I. José Alonso Alanis Rojas, por su orientación, apoyo y, en especial, por motivarme a realizar este trabajo y acompañarme durante su desarrollo.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Logo de Grupo Plarciac S.A. de C.V.....	7
Figura 2 Distribuidor vial La Paz, en Pachuca de Soto, Hidalgo	9
Figura 3 Organigrama de Grupo Plarciac.....	9
Figura 4 Organigrama de la Dirección de Construcción en Grupo Plarciac.	10
Figura 5 Pirámide de jerarquía normativa.....	12
Figura 6 Diagrama de flujo del proceso de concursos.	20
Figura 7 Plano estructural del proyecto Talleres y cocheras presentado como ejemplo	22
Figura 8 Página 1 de 4 del catálogo de conceptos de la obra de la rehabilitación de carretera Villahermosa - Escárcega, presentado como ejemplo.....	24
Figura 9 Generador para cuantificación de volúmenes de obra para casa habitación en Estado de México	26
Figura 10 Análisis de precios unitarios para la obra La Pera - Cuautla por Grupo Plarciac	27
Figura 11 Componentes de un precio unitario	29
Figura 12 Diagrama de flujo del proceso de estimaciones durante la ejecución de obra.	32
Figura 13 Página 2 de 3 de generador para la obra adecuación de laboratorios clínicos donde se muestra el croquis de localización	34
Figura 14 Página 2 de 11 de generador formación de terraplén producto de banco de obra Línea K.....	35
Figura 15 Carátula de estimación presentada por Grupo Plarciac en la obra Línea K.....	37
Figura 16 Proforma para control financiero de las primeras dos semanas de un proyecto	39
Figura 17 Mapa del proyecto ferroviario Querétaro - Irapuato.....	42
Figura 18 Acarreo de materiales de obra.....	44
Figura 19 Ejemplo de cajón de concreto prefabricado.....	47
Figura 20 Cotización de Tubocreto página 1	52
Figura 21 Cotización de Tubocreto página 2	53
Figura 22 Ficha técnica de cotización de Tubocreto, Cajón 2.00 m x 1.00 m	54
Figura 23 Ficha técnica de cotización de Tubocreto, Cajón 3.00 m x 1.50 m	55
Figura 24 Ficha técnica de cotización de Tubocreto, Cajón 3.00 m x 2.00 m	56
Figura 25 Cuadro comparativo de cotizaciones presentada como ejemplo.....	58
Figura 26 Vegetación semidesértica de la obra autopista “Entronque 75 D – Matehuala”	65
Figura 27 Gráfico de rendimientos por distancia promedio de empuje de un tractor CAT	67
Figura 28 Excavadora CAT 336D realizando corte	69
Figura 29 Tractor CAT D8T realizando el bandeo de la capa de terraplén de material no compactable en obra.....	71
Figura 30 Tractocompactor CAT 815 realizando trabajos de formación y compactación de terraplenes	73
Figura 31 Motoconformadora CAT 140H realizando la nivelación de la capa de subrasante	76
Figura 32 Vibrocompactador Dynapac CA250 realizando la compactación de la capa de subrasante.....	77
Figura 33 Pipa realizando trabajo de incorporación de agua en capa de subbalasto en obra	92
Figura 34 Descarga de material con camión en cuerpo de terraplén.....	93
Figura 35 Marco de operación del ferrocarril del Istmo, Línea K.....	95
Figura 36 Prueba de compactación de la capa de subrasante en la Línea K	97

Figura 37 Prueba de laboratorio de calidad de material	98
Figura 38 Prueba de laboratorio de compactación de capa	99
Figura 39 Larguillo de tramos con estado de capas de terracerías del KM 85+000 al KM 95+000	101
Figura 40 Suministro de material subrasante de la semana del 14 al 20 de octubre de 2024 para el Tramo 1	102
Figura 41 Explotación de bancos para la semana del 14 al 20 de octubre de 2024	103
Figura 42 Plática de seguridad e higiene en la obra Línea K	106
Figura 43 Carpa para centro de hidratación con información de seguridad en la obra Línea K	107

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación de reglamentos y lineamientos.	14
Tabla 2 Lineamientos en el proceso de licitación.....	15
Tabla 3 Organización de la normativa técnica de la SICT por tipo de documento y uso.....	16
Tabla 4 Normativa SICT y su aplicación	17
Tabla 5 Aplicación de normas de la SICT en procesos constructivos y su incidencia por etapa	18
Tabla 6 Actividades principales y etapas de un concurso	19
Tabla 7 Composición de un presupuesto.....	30
Tabla 8 Rangos típicos de indirectos financiamiento y utilidad.....	30
Tabla 9 Criterios de revisión y acciones en la validación de estimaciones de obra	38
Tabla 10 Cálculo de acarreo de material de terraplén	45
Tabla 11 Simbología de las columnas de la Tabla 10.	46
Tabla 12 Propuestas de cambio a los cajones.....	49
Tabla 13 Propuestas de cambio a los tubos	50
Tabla 14 Tabla modificada de los caminos a reubicar	60
Tabla 15 Tabla resumen del material de los caminos a reubicar	61
Tabla 16 Tabla de tipo de maquinaria con su rendimiento para las actividades a realizar.....	63
Tabla 17 Factores de corrección de rendimiento según las condiciones de trabajo para tractores de cadena	68
Tabla 18 Tabla de promedio de pasadas y velocidad por actividad	75
Tabla 19 Tabla de cerradas promedio y velocidades típicas según la actividad a realizar	78
Tabla 20 Estudio geotécnico de pozo a cielo abierto – 103	80
Tabla 21 Resumen de estudios geotécnicos para ubicación de bancos	82
Tabla 22 Estudio geotécnico PCA-106	83
Tabla 23 Estudio geotécnico PCA-107	84
Tabla 24 Requisitos de calidad de materiales para terraplén.....	85
Tabla 25 Requisitos de calidad de materiales para subyacente	85
Tabla 26 Requisitos de calidad de materiales para subrasante	86
Tabla 27 Programa de cantidad de maquinaria mensual	87
Tabla 28 Cálculo de duración en días para la formación y compactación de subrasante con sola motoconformadora	90
Tabla 29 Cálculo de duración en días para la formación y compactación de subrasante después del balance de equipos.....	91

RESUMEN

El presente trabajo profesional describe la experiencia que he adquirido durante mi ejercicio profesional dentro del área de ingeniería civil en la empresa Grupo Plarcia S.A. de C.V., específicamente en los procesos relacionados con la preparación de concursos de obra pública, el análisis de presupuestos, la planificación de los proyectos, el seguimiento técnico y administrativo durante la ejecución de proyectos de infraestructura. En una primera parte presento una descripción general de la empresa, su organización y la manera en que las distintas áreas se relacionan con el desarrollo de proyectos de construcción.

Posteriormente explico las funciones que se llevan a cabo dentro de la dirección de construcción, así como la participación de departamentos como concursos y estimaciones, control de obra, planeación y superintendencia, los cuales intervienen de manera directa en la preparación y desarrollo de los proyectos. Asimismo, describo el proceso a seguir para la elaboración de propuestas técnicas y económicas en concursos de obra pública, considerando el análisis de las bases de licitación, la revisión de proyectos ejecutivos, la cuantificación de volúmenes de obra, la elaboración de análisis de precios unitarios y la integración de presupuestos.

Finalmente, se presentan algunos de los proyectos en los que he tenido participación, entre ellos el Tren Querétaro–Irapuato, la Autopista Entronque 75D–Matehuala y el Tren Interoceánico Línea K, destacando las actividades realizadas en temas de planeación, presupuestación, residencia, supervisión y control de obra. A partir de estas experiencias, presento conclusiones y recomendaciones de gran importancia para la preparación técnica, el trabajo coordinado entre áreas y la aplicación de la normativa vigente en el desarrollo de proyectos de infraestructura.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	I
LISTA DE FIGURAS	II
LISTA DE TABLAS.....	IV
RESUMEN.....	1
ÍNDICE	2
INTRODUCCIÓN.....	5
CAPÍTULO I. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.....	6
1.1. GRUPO PLARCIAC S.A. DE C.V.....	6
1.2. MISIÓN.....	7
1.3. VISIÓN	7
1.4. RELACIÓN DE LA INGENIERÍA CIVIL CON LA EMPRESA	7
1.5. ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA	9
CAPÍTULO II. DIRECCIÓN DE CONSTRUCCIÓN.....	10
CAPÍTULO III. GESTIÓN DE CONCURSOS DE OBRA PÚBLICA Y CONTROL PRESUPUESTAL EN LA EJECUCIÓN DE OBRAS	11
3.1. MARCO NORMATIVO APLICABLE	11
3.1.1. LEY DE OBRAS PÚBLICAS Y SERVICIOS RELACIONADOS CON LAS MISMAS	11
3.1.2. REGLAMENTOS Y LINEAMIENTOS TÉCNICOS	13
3.1.3. NORMAS DE LA SICT APLICABLES A INFRAESTRUCTURA.....	15
3.2. PROCESO DE CONCURSOS (LICITACIONES).....	19
3.2.1. ANÁLISIS DE BASES	20
3.2.2. REVISIÓN DE PROYECTO EJECUTIVO.....	21
3.2.3. INTEGRACIÓN DEL CATÁLOGO DE CONCEPTOS	23
3.2.4. CUANTIFICACIÓN DE VOLÚMENES DE OBRA.....	25
3.2.5. ELABORACIÓN DE ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS.....	27
3.2.6. INTEGRACIÓN DEL PRESUPUESTO TOTAL	29
3.2.7. DETERMINACIÓN DE INDIRECTOS, FINANCIAMIENTO Y UTILIDAD	30
3.2.8. PRESENTACIÓN DE LA PROPUESTA TÉCNICA Y ECONÓMICA	30
3.3. PROCESO DE ESTIMACIONES DURANTE LA EJECUCIÓN DE OBRA	31
3.3.1. CUANTIFICACIÓN DE VOLÚMENES EJECUTADOS MEDIANTE GENERADORES DE OBRA.....	33

3.3.2. INTEGRACIÓN DE ESTIMACIONES PERIÓDICAS	36
3.3.3. REVISIÓN Y VALIDACIÓN POR SUPERVISIÓN	38
3.3.4. CONTROL FINANCIERO DEL PROYECTO	38
3.4. COMPARATIVA PRESUPUESTO VS. AVANCE REAL	41
CAPÍTULO IV. PROYECTOS Y ACTIVIDADES REALIZADAS	42
4.1. TREN QUERÉTARO – IRAPUATO	42
4.1.1. ELABORACIÓN DE PRESUPUESTO A PRECIO ALZADO	43
4.1.2. DETERMINACIÓN DE DISTANCIA DE ACARREOS	43
4.1.3. REVISIÓN DE SECCIÓN HIDRÁULICA DE ODTS.....	46
4.1.4. COTIZACIÓN DE MATERIALES PARA LICITACIÓN.....	51
4.1.5. CUANTIFICACIÓN DE CAMINOS PARALELOS PARA SU REUBICACIÓN	59
4.2. AUTOPISTA “ENTRONQUE 75 D – MATEHUALA”	61
4.2.1. PLANEACIÓN DE OBRA	61
4.2.2. REVISIÓN DE RENDIMIENTOS DE MAQUINARIA	62
4.2.3. DETERMINACIÓN DE UBICACIÓN DE BANCOS.....	79
4.2.4. PROGRAMA DE EJECUCIÓN DE OBRA PARA DETERMINACIÓN DE NÚMEROS DE EQUIPO	86
4.3. TREN INTEROCEÁNICO LÍNEA K	94
4.3.1. ALCANCE DE LA RESIDENCIA DE OBRA	95
4.3.2. SUPERVISIÓN DE PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS	96
4.3.3. CONTROL DE CALIDAD DE MATERIALES Y PROCEDIMIENTOS.....	96
4.3.4. CONTROL DE AVANCES FÍSICOS Y VOLUMETRÍA.....	100
4.3.5. COORDINACIÓN CON PERSONAL	104
4.3.6. SEGURIDAD E HIGIENE EN OBRA	105
CAPÍTULO V. APORTACIONES Y RECOMENDACIONES A TRABAJOS FUTUROS	108
5.1. APORTACIONES EN MI FORMACIÓN PROFESIONAL	108
5.2. RECOMENDACIONES PARA LA FORMACIÓN DE INGENIEROS CIVILES	109
5.3. RECOMENDACIONES TÉCNICAS PARA PROYECTOS SIMILARES	110
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES.....	110
6.1. CONCLUSIONES TÉCNICAS DERIVADAS DE LA PREPARACIÓN DE CONCURSOS.....	110
6.2. CONCLUSIONES SOBRE LA RESIDENCIA, SUPERVISIÓN Y CONTROL DE OBRA.....	111
REFERENCIAS	112

GLOSARIO DE TÉRMINOS	114
ANEXOS.....	116

INTRODUCCIÓN

En ingeniería civil, el desarrollo de proyectos de construcción involucra una serie de etapas técnicas y administrativas que requieren la participación coordinada de diferentes áreas y especialistas. El proceso inicia en la preparación de un concurso de obra pública o privada hasta la ejecución de esta pasando por la planeación y control de obra para conseguir ejecutarla dentro del tiempo y respetando los costos establecidos.

Este trabajo pretende exponer mi experiencia profesional adquirida durante el tiempo que trabajé dentro de la empresa Grupo Plarcia S.A. de C.V. y tener una visión de algunos de los procesos que se llevan a cabo en el área de Concursos, Planeación, Control de Obra y Supervisión de Obra.

En este documento se describe, en primer lugar, la estructura y organización de la empresa, así como su relación con el desarrollo de proyectos de ingeniería civil, posteriormente se explican las actividades que se realizan dentro de la dirección de construcción y los distintos departamentos involucrados en la planeación, preparación de concursos, control de obra y elaboración de estimaciones.

Participar en estos proyectos me permitió comprender con mayor claridad la relación que existe entre los conocimientos teóricos adquiridos durante mi paso en la Facultad de Ingeniería y su aplicación en el ámbito profesional.

CAPÍTULO I. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

1.1. GRUPO PLARCIAC S.A. DE C.V

Grupo Plarciaac S.A. de C.V. es una empresa fundada en 2004 por un grupo de ingenieros y arquitectos que formaron parte de las empresas PLAR S.A. de C.V. y CIACSA S.A. de C.V., las cuales tenían 24 años y 14 años de fundadas respectivamente para el momento de la fundación del grupo. La trayectoria de sus fundadores tiene más de 35 años en el sector de la construcción y contempla un amplio currículum que abarca prácticamente todos los distintos tipos de obra que requiere la infraestructura de nuestro país. Entre las diversas obras ejecutadas se encuentran obras de comunicaciones y transportes, desarrollos urbanos, saneamiento ambiental, infraestructura municipal, turismo, salud, recreación y energía.

Al ser contratista del sector público, la empresa participa en licitaciones convocadas por dependencias gubernamentales; también participa con el sector privado en licitaciones convocadas por empresas de la iniciativa privada. Para el desarrollo de estas actividades, la empresa cuenta con distintas áreas de trabajo que permiten organizar las funciones de manera eficiente. Entre ellas se encuentran los departamentos de concursos y estimaciones, control de obra, planeación y superintendencia de obra, los cuales trabajan de manera coordinada en las diferentes etapas de los proyectos; todos estos departamentos dependen de la Dirección de Construcción.

La participación en proyectos de infraestructura dentro de Grupo Plarciaac S.A. de C.V. permite observar de forma directa cómo se integran los conocimientos técnicos de la ingeniería civil con las actividades de planeación, organización y administración necesarias para llevar a cabo obras de esta naturaleza. De esta manera, la empresa contribuye al desarrollo de proyectos que forman parte de la infraestructura del país, al mismo tiempo que representa un espacio donde es posible aplicar y fortalecer los conocimientos adquiridos durante la formación profesional.

Figura 1

Logo de Grupo Plarciac S.A. de C.V.



Nota. Tomado de Grupo Plarciac (s.f.), <https://grupoplarciac.com/>

1.2. MISIÓN

En Grupo Plarciac tenemos el compromiso de contribuir en la proyección y construcción de la infraestructura que requiere nuestro país. Somos un grupo liderado por profesionales técnicos especializados en distintas ramas de la ingeniería civil y la arquitectura, para garantizar altos objetivos de calidad en nuestras obras, su entrega en el tiempo óptimo y con el mejor costo para nuestros clientes.

Somos la tercera generación de profesionales entregados a esta misión, siendo nuestro principal orgullo la continuidad de las empresas donde ha participado este grupo de personas, llevando sus objetivos como bandera principal de nuestro grupo.

1.3. VISIÓN

En Grupo Plarciac buscamos sumar más generaciones de profesionales técnicos que se sientan orgullosos de contribuir al desarrollo de la infraestructura que en el futuro requiera nuestro país, continuando con el cuidado de la calidad, el tiempo y el costo de los proyectos en que participemos, conscientes de que, para lograr estos objetivos, tendremos que seguir innovando en los procesos constructivos y administrativos de las obras de infraestructura.

1.4. RELACIÓN DE LA INGENIERÍA CIVIL CON LA EMPRESA

La experiencia de la empresa se basa en la gran cantidad de proyectos ejecutados a lo largo de su trayectoria, entre los que se encuentran: carreteras federales y estatales, caminos vecinales,

autopistas, vías ferroviarias e infraestructura para estas vías, puentes, pasos inferiores vehiculares (PIV), pasos superiores vehiculares (PSV), entronques carreteros a desnivel, casetas de peaje, talleres de mantenimiento y cocheras ferroviarias, fraccionamientos privados y del sector público, plantas de tratamiento de aguas residuales, plantas potabilizadoras de agua, drenajes y colectores sanitarios, redes de distribución y conducción de agua potable, mercados, plazas públicas, espacios de recreación y educación, hoteles, hospitales, líneas de conducción de gas y de transmisión eléctrica.

Las actividades que desarrolla Grupo Plarciac S.A. de C.V. se encuentran directamente relacionadas con el campo de la ingeniería civil, ya que la empresa participa en diferentes procesos vinculados con el desarrollo de proyectos de infraestructura. Dentro de estos procesos se aplican conocimientos técnicos propios de esta disciplina, tales como:

- Planeación de obras
- Análisis de proyectos ejecutivos
- Cuantificación de volúmenes de obra
- Elaboración de presupuestos
- Control técnico y económico durante la ejecución de los trabajos.

La Dirección de Construcción de la empresa interviene de manera importante en la preparación de concursos de obra pública, ya que para la integración de propuestas es necesario interpretar planos, especificaciones técnicas, normas aplicables a cada proyecto y la toma de decisión final para la presentación de la propuesta. A partir de esta información se realizan cálculos, estimaciones de cantidades de obra y análisis de precios unitarios que permiten determinar el costo de los trabajos y evaluar la viabilidad técnica y económica de los proyectos.

Durante la etapa de ejecución de las obras, el control de calidad de los materiales, la verificación de volúmenes ejecutados y el seguimiento del avance físico de los proyectos son de vital importancia para garantizar la calidad y que las obras se realicen conforme a lo establecido en los proyectos y en apego a la normatividad vigente. En la Figura 2, se presenta uno de los proyectos en los que Grupo Plarciac ha participado.

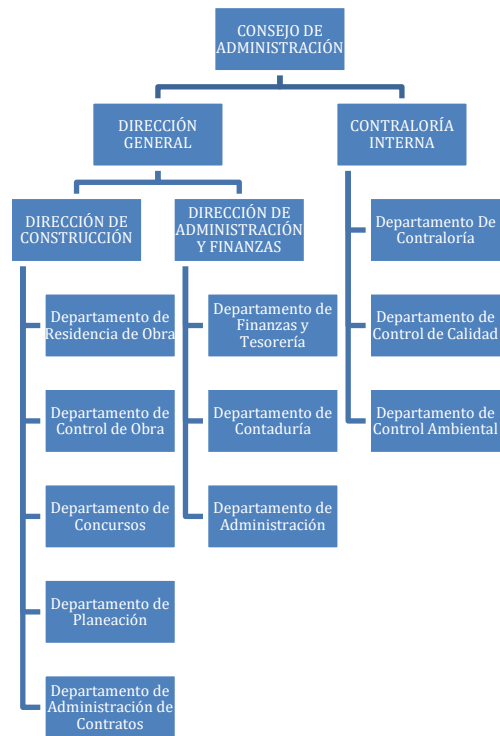
Figura 2
Distribuidor vial La Paz, en Pachuca de Soto, Hidalgo



Nota. Tomado de Grupo Plarciaac (s.f.), <https://grupoplarciaac.com/>

1.5. ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA

Figura 3
Organigrama de Grupo Plarciaac.

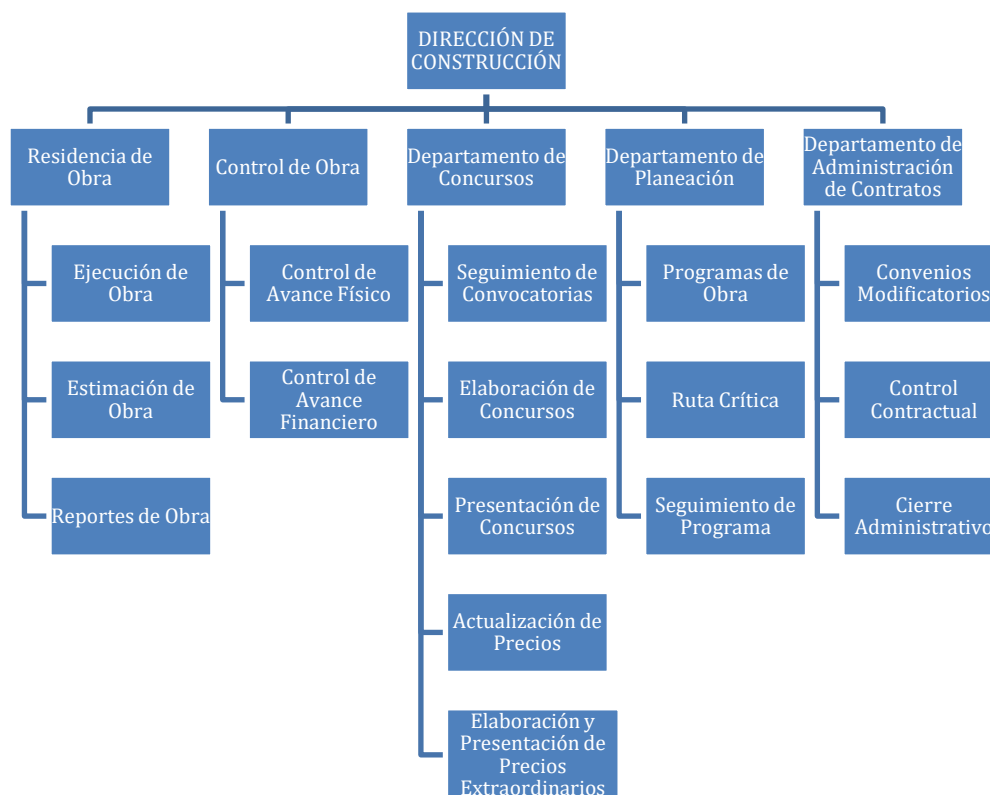


Nota. Elaboración propia.

CAPÍTULO II. DIRECCIÓN DE CONSTRUCCIÓN

La Dirección de Construcción en Grupo Parciac forma una parte fundamental para la empresa; es la encargada de planear, coordinar, supervisar y controlar la ejecución de los proyectos de obra. El objetivo principal de esta Dirección consiste en asegurar que se presenten las licitaciones en tiempo y cumpliendo con todos los requisitos de las bases de licitación y que el presupuesto de las mismas sea solvente así como que las obras se lleven a cabo conforme a lo establecido, cumpliendo todos los requisitos, el control del presupuesto, la planeación y programación de las mismas para cumplir con los tiempos establecidos en los contratos, estimando y actualizando los contratos durante su ejecución. En la Figura 4, se presenta un organigrama de la Dirección de Construcción dentro de Grupo Parciac:

Figura 4
Organigrama de la Dirección de Construcción en Grupo Parciac.



Nota. Elaboración propia.

CAPÍTULO III. GESTIÓN DE CONCURSOS DE OBRA PÚBLICA Y CONTROL PRESUPUESTAL EN LA EJECUCIÓN DE OBRAS

3.1. MARCO NORMATIVO APLICABLE

3.1.1. LEY DE OBRAS PÚBLICAS Y SERVICIOS RELACIONADOS CON LAS MISMAS

La Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas (LOPSRM) es la que rige la contratación de obra pública a nivel federal en México. Esta establece los criterios, procedimientos y requisitos bajo los cuales las dependencias y entidades pueden contratar trabajos de construcción. Una obra pública es la construcción, reparación o mantenimiento de infraestructura y edificios de propiedad del gobierno destinados al uso público. La ley se encarga de garantizar el uso eficiente de los recursos públicos, aspectos legales, transparencia, imparcialidad, entre otras.

El objetivo se plantea en el Artículo 1 de la ley, el cual es regular la implementación del artículo 134 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en cuanto a contrataciones de obras públicas y servicios relacionados con las mismas.

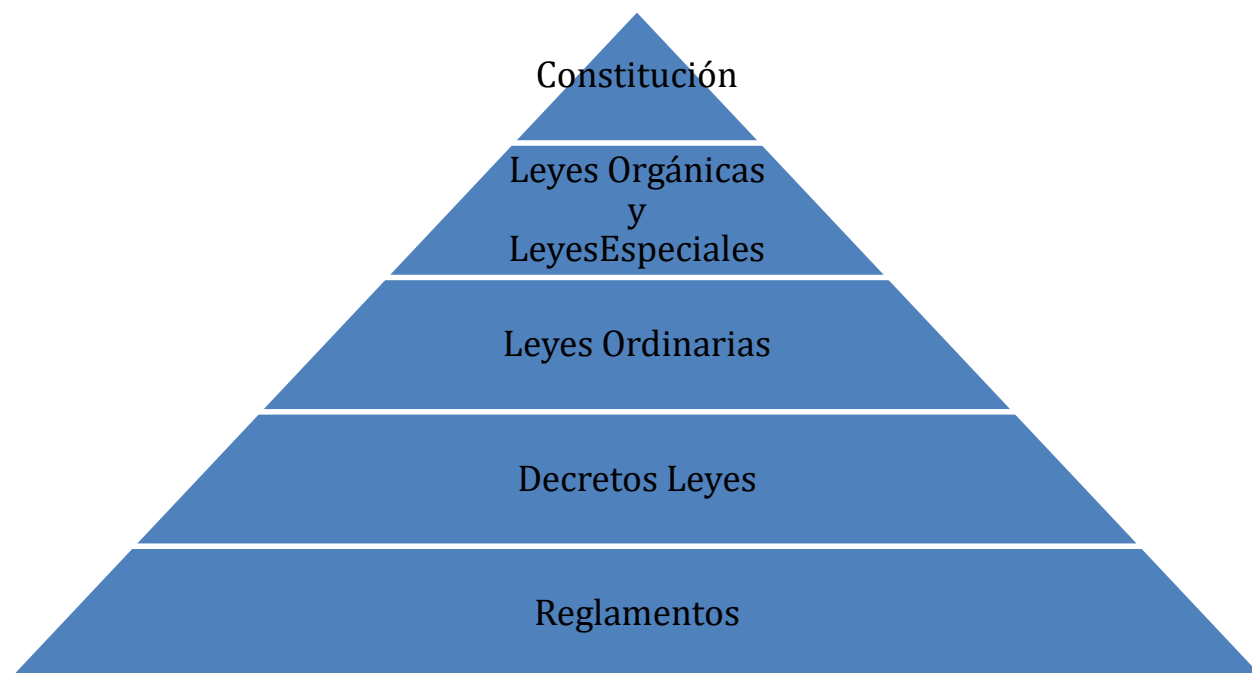
Artículo 1 – Establece el objeto de la ley y su ámbito de aplicación.

“La presente Ley es de orden público y tiene por objeto reglamentar la aplicación del artículo 134 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en materia de contrataciones de obras públicas” (Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas, Artículo 1).

En cuanto a la normatividad, en México, existe una jerarquización de leyes (figura 5), por ejemplo, para las obras públicas y su regulación se tiene como base la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y a partir de esta se desprenden las leyes orgánicas y las leyes especiales, las cuales desarrollan aspectos derivados de la Constitución. Posteriormente, se encuentran las leyes ordinarias, las cuales se encargan de regular materias concretas de la administración pública. Finalmente tenemos los decretos y los reglamentos, los cuales tienen como función detallar la aplicación de las leyes.

Figura 5

Pirámide de jerarquía normativa.



Nota. Elaboración propia adaptada de Jerarquía de las leyes, por Hilda, 2008, La Guía de Derecho. <https://derecho.laguia2000.com/parte-general/jerarquia-de-las-leyes>

La Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas se encuentra entre las leyes ordinarias, ya que esta es una ley federal la cual reglamenta el artículo 134 de la Constitución de forma general y técnica. El Artículo 2 de la ley establece las definiciones de diversos conceptos clave para el entendimiento total de la ley. Algunas de estas definiciones serán tomadas posteriormente para el desarrollo de este trabajo. Los Artículos 3 y 4 establecen lo que será considerado como Obra Pública y como Servicios Relacionados con las Obras Públicas respectivamente para efectos de la ley.

La ley establece varios apartados vinculados a la planeación, programación y presupuestación de las obras públicas, las cuales son consideradas una etapa importante antes del contrato. Para esto, las dependencias y entidades realizan un análisis integral el cual permite garantizar que los proyectos que se desarrollarán sean viables antes de su ejecución. Estos análisis suelen incluir estudios para identificar las condiciones del sitio, la verificación de presupuestos, la integración de proyectos

ejecutivos, la disponibilidad de recursos y la evaluación de la viabilidad técnica al igual que económica. Este análisis permite reducir los riesgos durante la ejecución de la obra.

Adicionalmente, en el Artículo 27 la ley regula los diferentes procedimientos mediante los cuales las dependencias pueden contratar las obras públicas, siendo estos los siguientes:

1. Licitación Pública
2. Invitación cuando menos a tres personas
3. Adjudicación directa

La licitación pública es considerada el procedimiento principal, ya que permite la participación a cualquier interesado siempre y cuando este cumpla con los requisitos establecidos en la convocatoria; también permite completa transparencia y libre competencia a través de todo el procedimiento.

Dentro del proceso de contratación de obra pública, la integración de propuestas técnicas y económicas constituye una de las etapas esenciales de todo el proceso. En este, las empresas demuestran la capacidad que tienen para ejecutar los trabajos a realizar.

La ley también establece a través de los Artículos 31 al 37, que las dependencias deberán elaborar las bases de la licitación, en las cuales se deberán especificar las condiciones técnicas, económicas y administrativas que regirán todo el procedimiento. Estas bases deberán incluir los requisitos que los licitantes deberán cumplir, al igual que toda información necesaria para la correcta integración de las propuestas. La ley también es la encargada de regular la forma en la que se deben presentar las proposiciones, así como los actos de apertura de las propuestas técnicas y económicas, los cuales deberán realizarse conforme a los principios de transparencia y equidad.

3.1.2. REGLAMENTOS Y LINEAMIENTOS TÉCNICOS

En construcción, los reglamentos y lineamientos técnicos constituyen un conjunto de normatividad que complementa el marco legal aplicable a obra pública, son de gran importancia porque proporcionan criterios específicos para:

- Diseño
- Ejecución

- Supervisión
- Control de calidad

Su función principal es establecer parámetros técnicos medibles y verificables para garantizar la seguridad, la funcionalidad, la economía y la durabilidad de las obras. En la Tabla 1 se presenta una clasificación de los lineamientos y reglamentos más utilizados en obras.

Tabla 1

Clasificación de reglamentos y lineamientos.

Clasificación	Origen	Alcance	Aplicación en concursos
Reglamentos de construcción	Estatal / municipal	Seguridad estructural, diseño, ejecución	Validación del proyecto ejecutivo
Normas técnicas complementarias	Derivadas de reglamentos	Especificaciones por material o sistema	Base técnica para análisis y diseño
Manuales y lineamientos de dependencias	Federal	Infraestructura específica (carreteras, hidráulica, etc.)	Integración de conceptos y rendimientos
Especificaciones particulares	Convocante	Proyecto específico	Condicionan la propuesta técnica y económica

Nota. Elaboración propia

El Reglamento de la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas permite complementar lo establecido por la Ley; en este se detallan los procedimientos técnicos y administrativos necesarios para la aplicación de esta. A diferencia de la Ley, la cual establece los lineamientos generales, el reglamento se enfoca en desarrollar de manera más específica la integración de las propuestas, la evaluación de estas, la formalización de los contratos, la ejecución de los trabajos y el control de la obra.

Las Normas Técnicas Complementarias (NTC) definen criterios para:

- Diseño estructural
- Sistemas constructivos
- Proyecto y habitabilidad

Establecidas para los diferentes tipos de estructuras o construcciones.

La aplicación de los reglamentos y lineamientos técnicos se refleja directamente en las distintas etapas del proceso de licitación, como se muestra en la Tabla 2:

Tabla 2
Lineamientos en el proceso de licitación

Etapas del proceso	Aplicación de lineamientos técnicos	Impacto
Revisión de proyecto ejecutivo	Verificación normativa	Reducción de errores técnicos
Catálogo de conceptos	Definición de partidas conforme a especificaciones	Precisión en alcances
Cuantificación de volúmenes	Métodos de medición normados	Exactitud en cantidades
Análisis de precios unitarios	Rendimientos basados en normas	Costos realistas
Propuesta técnica	Justificación de procedimientos constructivos	Mayor competitividad

Nota. Elaboración propia

3.1.3. NORMAS DE LA SICT APLICABLES A INFRAESTRUCTURA

Las normas emitidas por la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes (SICT) constituyen uno de los principales referentes técnicos para el desarrollo de proyectos de infraestructura en México, particularmente en el ámbito de carreteras, puentes, obras hidráulicas y transporte.

Estas normas definen los criterios y procesos que deben cumplirse durante las diferentes etapas de un proyecto de obra pública o privada. Se tiene que señalar en cada concepto las normas aplicables para la elaboración de un catálogo de licitación; esto será importante en la formulación de la

propuesta de los licitantes para que contemplen cómo desarrollarán la ejecución de cada concepto y qué deberán cumplir.

La normativa de la SICT se organiza en diferentes documentos técnicos que cubren diversas etapas del proyecto, como se muestra en la Tabla 3:

Tabla 3

Organización de la normativa técnica de la SICT por tipo de documento y uso

Tipo de documento	Contenido principal	Aplicación
Normas de construcción	Especificaciones de materiales, procedimientos y control de calidad	Ejecución de obra
Normas de servicios técnicos	Estudios y proyectos (topografía, geotecnia, tránsito)	Planeación y diseño
Manuales de diseño	Criterios geométricos y estructurales	Proyecto ejecutivo
Especificaciones generales y particulares	Requisitos específicos del proyecto	Licitación y ejecución

Nota. Elaboración propia

Las normas de construcción de la SICT establecen los lineamientos técnicos para la ejecución de los trabajos, incluyendo:

- Calidad y características de los materiales
- Procedimientos constructivos
- Tolerancias y acabados
- Métodos de control y pruebas

Estas normas son importantes en la integración del catálogo de conceptos y en la elaboración de los análisis de precios unitarios, ya que determinan los insumos, rendimientos y procesos constructivos que deben considerarse. Las normas de servicios técnicos regulan los estudios previos necesarios para el desarrollo de proyectos de infraestructura, tales como:

- Estudios topográficos
- Estudios geotécnicos
- Estudios de tránsito
- Estudios hidrológicos

Su importancia radica en que proporcionan la información base para el proyecto ejecutivo, lo que influye directamente en la precisión de la cuantificación de volúmenes y en la definición de soluciones constructivas.

Los manuales de diseño de la SICT establecen criterios técnicos para el dimensionamiento y configuración de las obras. En el caso de infraestructura carretera, estos incluyen:

- Diseño geométrico de carreteras
- Diseño de pavimentos
- Diseño de drenaje
- Señalamiento y seguridad vial

Las normas de la SICT tienen una aplicación directa en las diferentes etapas de preparación de concursos, como se muestra en la Tabla 4:

Tabla 4
Normativa SICT y su aplicación

Actividad	Aplicación de normas SICT	Resultado
Revisión del proyecto ejecutivo	Verificación de cumplimiento con manuales de diseño	Proyecto técnicamente viable
Integración del catálogo de conceptos	Definición de partidas conforme a normas de construcción	Alcances claros y completos
Cuantificación de volúmenes	Métodos de medición normados	Precisión en cantidades
Análisis de precios unitarios	Rendimientos basados en procedimientos constructivos normados	Costos reales y competitivos

Propuesta técnica	Sustento técnico de procesos constructivos	Mayor aceptación en evaluación
-------------------	--	--------------------------------

Nota. Elaboración propia

El uso adecuado de las normas y lineamientos de la SICT (Tabla 5) contribuye significativamente al control de costos, debido a que:

- Reduce la incertidumbre en la ejecución
- Evita trabajos fuera de especificación
- Minimiza retrabajos y ajustes
- Permite una mejor planeación de recursos

Esto se traduce en una mayor eficiencia en la administración del proyecto y en una mejor correspondencia entre el presupuesto y el avance real de la obra.

Tabla 5

Aplicación de normas de la SICT en procesos constructivos y su incidencia por etapa

Clave de norma	Nombre	Aplicación principal	Etapas donde impacta
N-CTR-CAR-1-01-001	Terracerías – Generalidades	Procedimientos para construcción de terracerías	Ejecución / Catálogo
N-CTR-CAR-1-01-002	Desmante y despalle	Limpieza y preparación del terreno	Cuantificación / Costos
N-CTR-CAR-1-01-006	Excavación para estructuras	Movimiento de tierras para cimentaciones	APU / Ejecución
N-CTR-CAR-1-04-002	Subbase hidráulica	Construcción de capas de subbase	APU / Control de calidad
N-CTR-CAR-1-04-003	Base hidráulica	Construcción de base para pavimentos	APU / Ejecución
N-CTR-CAR-1-04-006	Carpeta asfáltica	Colocación de mezcla asfáltica	Costos / Ejecución
N-CTR-CAR-1-02-003	Compactación	Control de compactación de materiales	Control de calidad

N-CMT-4-04-001	Materiales pétreos	Especificaciones de agregados	APU / Control
N-CMT-4-05-003	Cementos asfálticos	Propiedades del asfalto	Diseño / Costos
N-CMT-2-02-002	Materiales para terracerías	Clasificación y uso de suelos	Proyecto / Ejecución

Nota. Elaboración propia con información de la SICT

3.2. PROCESO DE CONCURSOS (LICITACIONES)

El proceso de preparación de concursos de obra pública es un conjunto de actividades administrativas y técnicas por las cuales una constructora integra y presenta una propuesta para su participación en la adjudicación de un contrato. En la Tabla 6, se presentan las actividades principales de cada una de las etapas del proceso de concursos.

Tabla 6

Actividades principales y etapas de un concurso

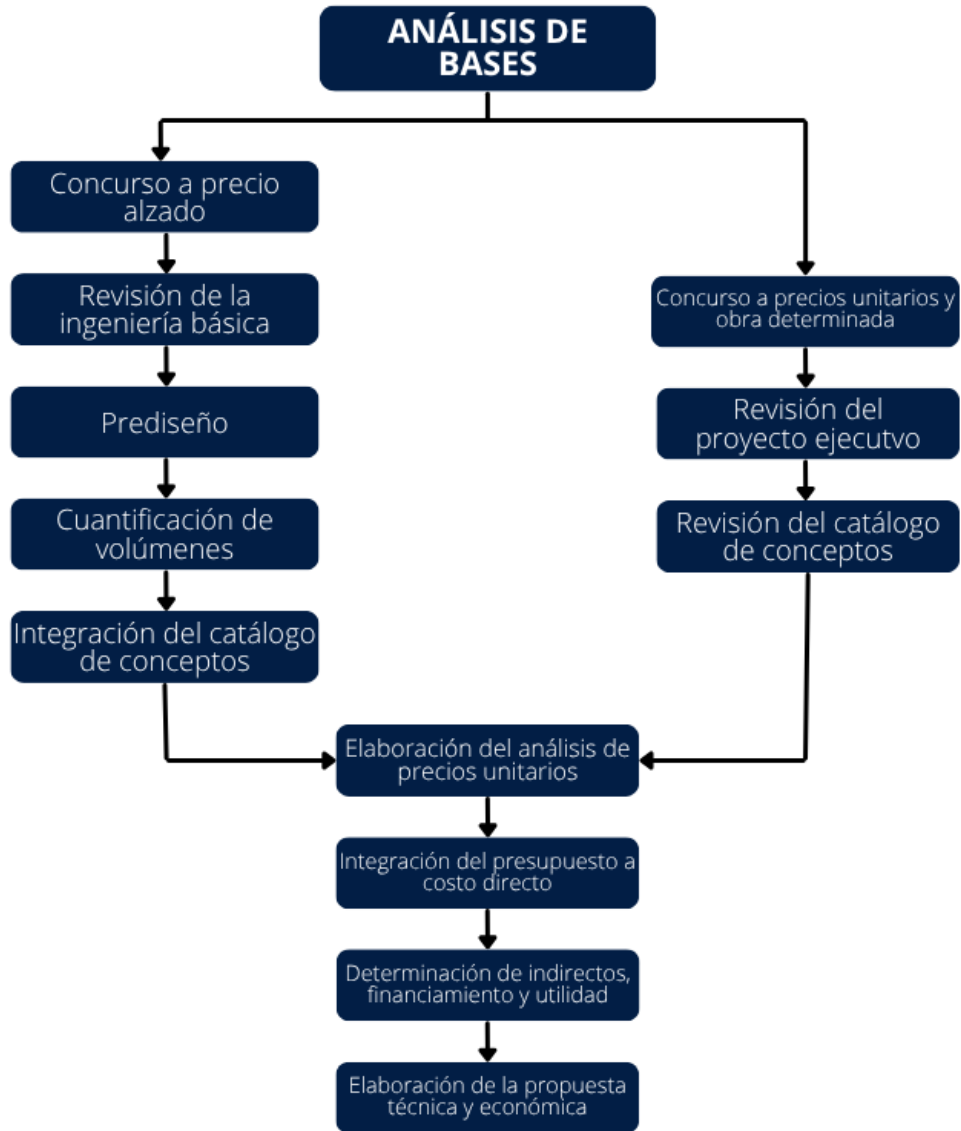
Etapas	Actividad principal	Objetivo
Análisis inicial	Revisión de bases y proyecto	Identificar alcances y requisitos
Desarrollo técnico	Catálogo, volúmenes y APU	Definir costos y procesos
Integración económica	Presupuesto e indirectos	Determinar monto total
Presentación	Propuesta técnica y económica	Participar en el concurso

Nota: Elaboración propia

En la Figura 6 se ejemplifica el proceso de una licitación por parte del departamento de concursos y estimaciones de una empresa constructora.

Figura 6

Diagrama de flujo del proceso de concursos.



Nota. Elaboración propia.

3.2.1. ANÁLISIS DE BASES

El proceso inicia cuando se analizan las bases de licitación para determinar el tipo de obra que se está licitando y sus alcances. Principalmente existen dos modalidades, la primera denominada

concurso a precios unitarios y obra determinada, la cual es la más común, y la segunda siendo el concurso a precio alzado.

El análisis de las bases de licitación es la primera etapa del proceso y una de las más críticas, ya que en este documento se establecen las condiciones técnicas, legales y administrativas que regirán el concurso.

Entre los aspectos más relevantes a revisar se encuentran:

- Alcance del proyecto
- Requisitos de participación
- Criterios de evaluación
- Forma de integración de la propuesta
- Plazos de ejecución
- Penalizaciones

Un análisis adecuado permite identificar riesgos, restricciones y oportunidades, evitando errores que puedan derivar en la descalificación de la propuesta.

3.2.2. REVISIÓN DE PROYECTO EJECUTIVO

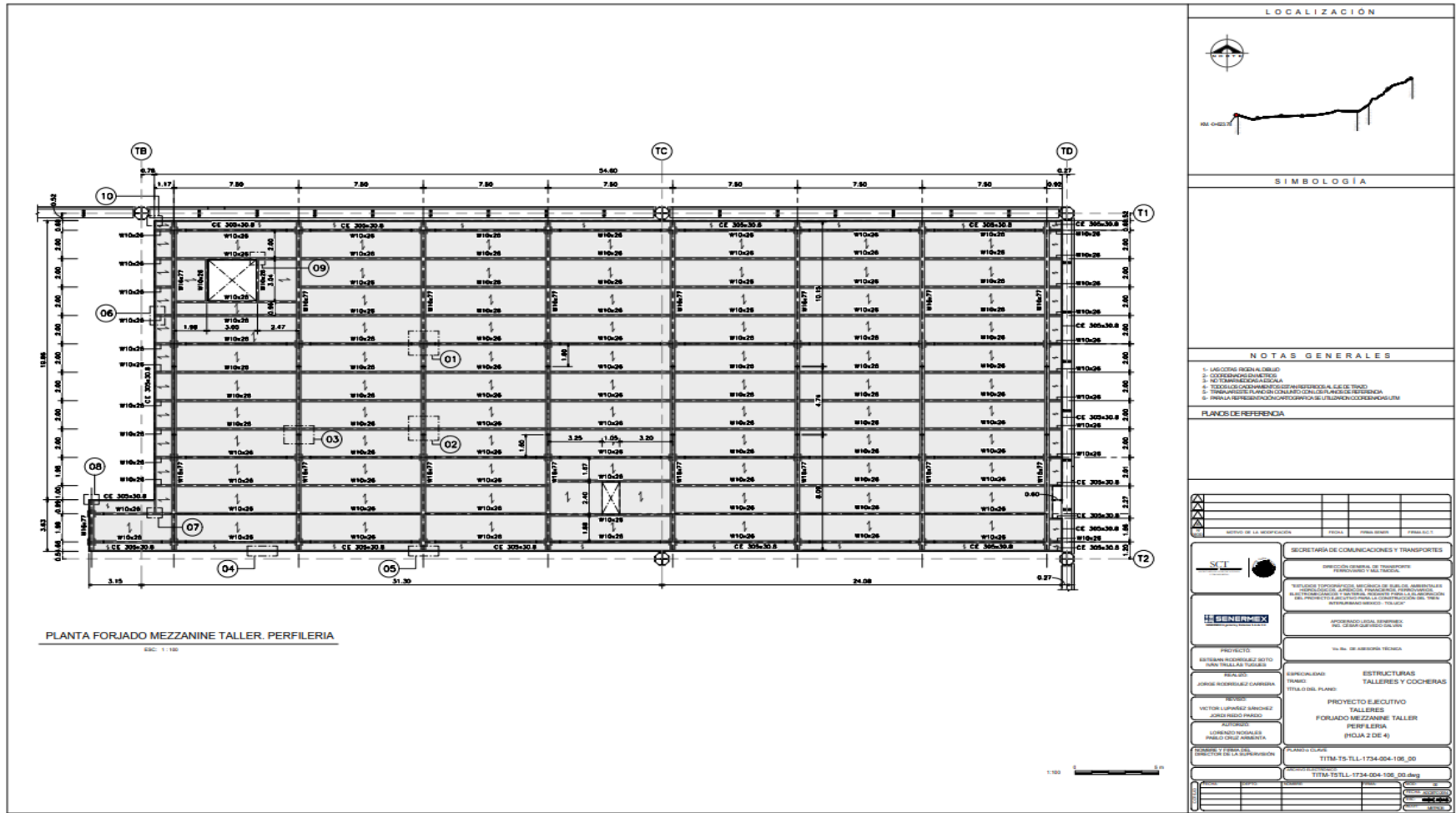
En el caso del concurso a precios unitarios y obra determinada, se comienza con la revisión del proyecto ejecutivo y del catálogo de conceptos, los cuales son proporcionados por la dependencia. La revisión del proyecto ejecutivo consiste en analizar los planos (Figura 7), especificaciones y documentos técnicos con el objetivo de verificar su congruencia y viabilidad constructiva.

Esta etapa incluye:

- Revisión de planos arquitectónicos, estructurales y de instalaciones
- Verificación de especificaciones técnicas
- Identificación de inconsistencias o faltantes
- Análisis de constructibilidad

Figura 7

Plano estructural del proyecto Talleres y cocheras presentado como ejemplo



Nota. Plano proporcionado al departamento de Concursos de la empresa CIACSA S.A. de C.V. por la SCT, elaboración por terceros.

Una revisión detallada permite anticipar problemas durante la ejecución y ajustar la propuesta técnica y económica de manera adecuada. Una vez se tiene esta información, se procede a la elaboración de los análisis de precios unitarios, lo que permite que posteriormente se realice la integración del presupuesto de la licitación a costo directo.

3.2.3. INTEGRACIÓN DEL CATÁLOGO DE CONCEPTOS

El catálogo de conceptos (Figura 8) es el documento que desglosa todas las actividades necesarias para la ejecución de la obra, organizadas en partidas y conceptos medibles.

Su integración se basa en:

- Planos del proyecto
- Especificaciones técnicas
- Normativa aplicable

Los conceptos son las actividades necesarias para desarrollar y ejecutar un proyecto, estas deben estar apegadas a especificaciones técnicas al igual que cumplir con la normativa aplicable marcada por el cliente.

Elementos esenciales de una especificación técnica y normas:

- Descripción del concepto: Definición clara del trabajo, incluyendo materiales, dimensiones, mano de obra y maquinaria necesaria.
- Procedimiento constructivo: Pasos detallados para la ejecución, normas técnicas y estándares de calidad a seguir.
- Alcance de los trabajos: Todo lo necesario para concluir el concepto: limpieza, acarreo, suministro de materiales, herramientas, equipo y seguridad.
- Unidad de medición: con la metodología para cuantificar el volumen de obra.
- Forma de pago: Base sobre la cual se compensará al contratista, indicando que el precio unitario incluye todos los costos directos e indirectos.

Figura 8

Página 1 de 4 del catálogo de conceptos de la obra de la rehabilitación de carretera Villahermosa - Escárcega, presentado como ejemplo

SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES						
CENTRO SCT CAMPECHE						
RESIDENCIA GENERAL DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS						
CATALOGO DE CONCEPTOS				Forma E-7		
OBRA:						
REHABILITACIÓN DE LA SUPERFICIE DE RODAMIENTO MEDIANTE BACHEO SUPERFICIAL, BACHEO PROFUNDO AISLADO Y CARPETA DE DOS RIEGOS DE SELLO PREMEZCLADO, APLICADO CON EQUIPO SINCRONIZADO, ASÍ COMO REPOSICIÓN DEL SEÑALAMIENTO HORIZONTAL, DEL KM 0+000 AL KM 16+400 (T.A.=6.79 KM) , TRAMO: ESTADO DE MÉXICO - MONCLOVA, RECONSTRUCCIÓN DEL PAVIMENTO, MEDIANTE LA RECONSTRUCCIÓN DE CAPA DE BASE HIDRÁULICA DE 20 CM DE ESPESOR Y CARPETA ASFÁLTICA DE 5 CM DE ESPESOR (T.A); BACHEO SUPERFICIAL, BACHEO PROFUNDO AISLADO Y RIEGO DE SELLO PREMEZCLADO, APLICADO CON EQUIPO SINCRONIZADO (T.A), ASÍ COMO REPOSICIÓN DEL SEÑALAMIENTO HORIZONTAL, DEL KM 0+000 AL KM 65+310 (META= 16.44 KM) ; DEL TRAMO: RAMAL PALIZADA, REHABILITACIÓN DE LA SUPERFICIE DE RODAMIENTO MEDIANTE BACHEO PROFUNDO AISLADO Y RIEGO DE SELLO PREMEZCLADO, APLICADO CON EQUIPO SINCRONIZADO; DEL KM 154+600 AL KM 175+000 (META 20.40 KM) , Y RECONSTRUCCIÓN DEL PAVIMENTO, MEDIANTE LA COLOCACIÓN DE CAPA DE PEDRAPLÉN, RECONSTRUCCIÓN DE CAPA DE BASE HIDRÁULICA Y CARPETA ASFÁLTICA DE 5 CM DE ESPESOR, DEL KM 196+000 AL KM 211+200 (T.A. = 6.34 KM) ; DEL TRAMO: LIM. EDOS. TAB./CAM. - ESCÁRCEGA, DE LA CARRETERA: VILLAHERMOSA - ESCÁRCEGA, EN EL ESTADO DE CAMPECHE.						
CARRETERA: Villahermosa - Escárcega						
TRAMO: Estado de México - Monclova						
SUBTRAMO: 0+000 - 16+400 LONGITUD 16+400						
ACCION No. 12						
No.	NORMA DE OBRA PÚBLICA O ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD DE CONCURSO	P.U.	IMPORTE DE CONCURSO
Accion No. 12: Del km 0+000 - 16+400						
PAVIMENTOS						
1	E.P.1	BACHEO PROFUNDO AISLADO PARA ABATIR DEPRESIONES (INCLUYE EXCAVACIÓN, RELLENO, PRODUCTO ASFÁLTICO Y CARPETA), P.U.O.T	MB.	6,977.4	\$ 641.96	\$ 4,479,211.70
2	E.P.2	BACHEO SUPERFICIAL AISLADO, P.U.O.T	MB.	120.0	\$ 1,837.31	\$ 220,477.20
3	E.P.3	CAPA DE RODADURA DE DOS RIEGOS DE SELLO PREMEZCLADO MODIFICADO, SINCRONIZADO, P.U.O.T.	M2	106,600.0	\$ 79.03	\$ 8,424,598.00
	E.P.1	ESCARIFICADO, CONFORMAR TENDIDO Y COMPACTAR SUPERFICIE EXISTENTE Y BASE HIDRÁULICA DE 1 1/2" AFINOS, COMPACTADA AL 100% DEL BANCO QUE ELIJA EL CONTRATISTA, INCLUYE RIEGO DE IMPREGNACIÓN Y ACARREO DE MATERIAL, P.U.O.T	M3		\$ 998.31	
SEÑALAMIENTO						
4	E.P.4	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE INDICADORES DE ALINEAMIENTO (FANTASMAS) DE 1.0 M. DE ALTURA DE CONCRETO HIDRÁULICO, P.U.O.T.	PZA	410.0	\$ 200.08	\$ 82,032.80
5	E.P.5	SUMINISTRO Y APLICACIÓN DE RAYA PROVISIONAL SEPARADORA DE SENTIDO DE CIRCULACIÓN DE 15 CM. AMARILLA, ADICIONANDO MICROESFERA, P.U.O.T.	M.L	9,808.0	\$ 5.91	\$ 57,966.28
6	E.P.6	SUMINISTRO Y APLICACIÓN DE RAYA PROVISIONAL EN LA ORILLA DE LA CALZADA DE 15 CM. BLANCA, ADICIONANDO MICROESFERA, P.U.O.T.	M.L	32,800.0	\$ 5.91	\$ 193,848.00
7	E.P.7	SUMINISTRO Y APLICACIÓN DE RAYA DEFINITIVA SEPARADORA DE SENTIDO DE CIRCULACIÓN DE 15 CM. AMARILLA, ADICIONANDO MICROESFERA, P.U.O.T.	M.L	9,808.0	\$ 7.17	\$ 70,323.36
8	E.P.8	SUMINISTRO Y APLICACIÓN DE RAYA DEFINITIVA EN LA ORILLA DE LA CALZADA DE 15 CM. BLANCA ADICIONANDO MICROESFERA, P.U.O.T.	M.L	32,800.0	\$ 7.17	\$ 235,176.00
Ajuste de presupuesto						
Subtotal Accion No. 12						\$13,763,632.34

Nota. Documento proporcionado al departamento de Concursos de CIACSA S.A. de C.V. por la SCT.

3.2.4. CUANTIFICACIÓN DE VOLÚMENES DE OBRA

En concursos de precio unitario no es necesario cuantificar volúmenes de obra, ya que estos forman parte del catálogo de conceptos de obra, el cual viene incluido en las bases de licitación. Algunas veces se verifica la congruencia de los volúmenes plasmados en dicho documento; sin embargo, estos no pueden ser cambiados sin la autorización de la convocante.

Para el caso de los concursos a precio alzado, como en el catálogo de conceptos se globalizan mediante partidas varios conceptos y se cotizan por unidad de obra completa, proyecto, etc. Por ejemplo, podrían solicitarnos para el caso de una vía ferroviaria cotizar en una sola unidad:

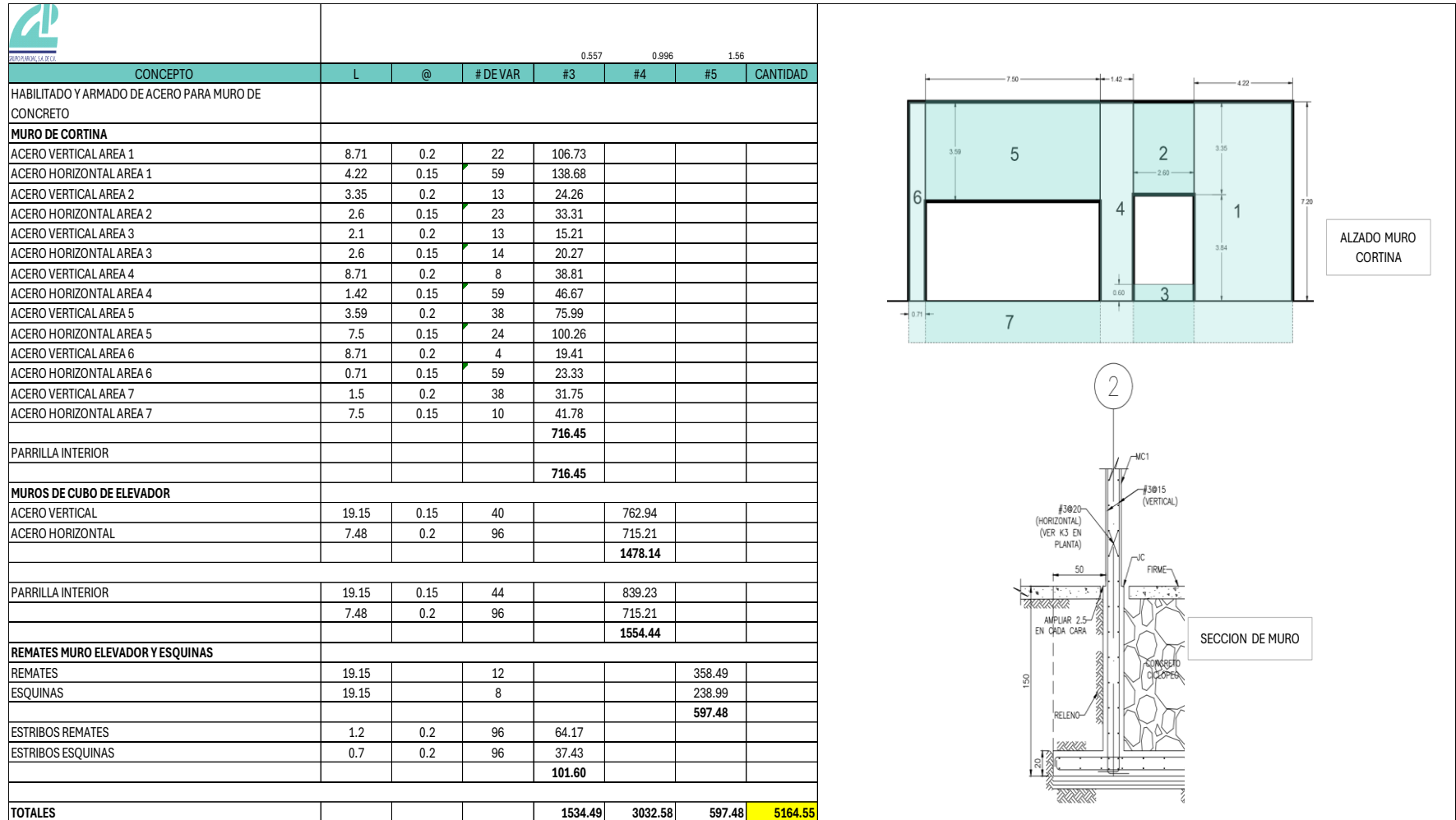
- Proyectos
- Terracerías / movimiento de tierras
- Drenaje
- Cimentaciones
- Estructuras
- Obras anexas y/o complementarias
- Obras inducidas
- Estructura de vía

Donde cada apartado de estos tendrá que desarrollarse bajo la elaboración de un catálogo de conceptos donde los volúmenes sí serán cuantificados en el proceso de licitación y serán responsabilidad del licitante. Para esto tendremos que generar los volúmenes de cada concepto mediante cálculos geométricos y/o softwares especializados, siendo tan detallados como lo requiera la certeza que deberá tener el licitante para presentar un monto total a precio alzado por el proyecto a ejecutar.

En la Figura 9 se presenta una cuantificación de volúmenes de habilitado y armado de acero para muro de concreto como ejemplo.

Figura 9

Generador para cuantificación de volúmenes de obra para casa habitación en Estado de México



Nota. Elaboración por parte del departamento de Concursos de Grupo Plarciaac.

3.2.5. ELABORACIÓN DE ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Los análisis de precios unitarios (Figura 10) determinan el costo de cada concepto por unidad de obra terminada, considerando todos los recursos necesarios para su ejecución.

Figura 10

Análisis de precios unitarios para la obra La Pera - Cuautla por Grupo Plarciaac

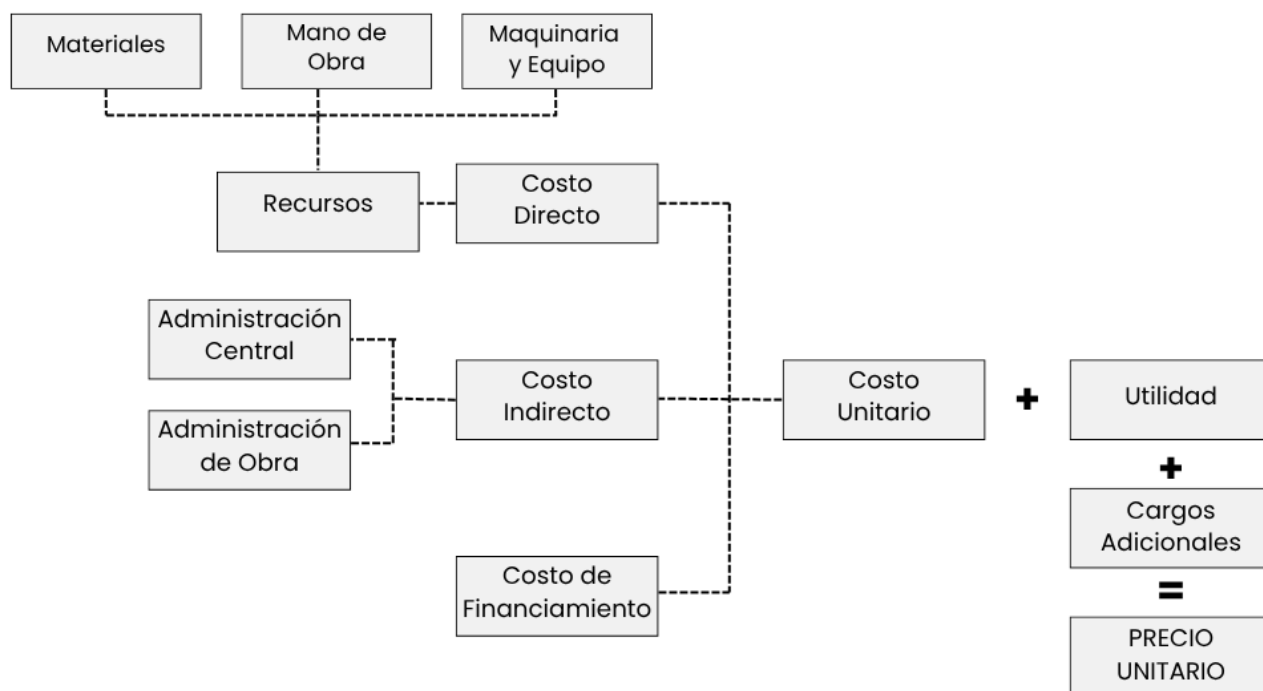
GRUPO PLARCIAC S.A. DE C.V.							
Cliente:	SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES						
Concurso No.	LO-009000999-T124-2015			Duración:	539 días naturales		
Obra:	TRABAJOS DE CONSTRUCCIÓN DE TERRACERÍAS, OBRAS DE DRENAJE, ESTRUCTURAS, ENTRONQUE SANTIAGO, PAVIMENTO DE CONCRETO ASFÁLTICO, OBRA COMPLEMENTARIA, Y SEÑALAMIENTO DE LA CARRETERA LA PERA – CUAUTLA, TRAMO KM. 9+560 AL KM. 20+700, EN EL ESTADO DE MORELOS			Fecha:	27/07/2015		
				Inicio Obra:	17/08/2015		
				Fin Obra:	05/02/2017		
				DOCUMENTO			
				ART. 45 A.1			
				RLOPySRM			
Lugar:	Tepoztlán, Morelos						
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS							
Código	Concepto	Unidad	P. Unitario	Op.	Cantidad	Importe	%
Partida:	A103003	Análisis No.:		10			
Análisis:	54		M3		29,915.0000	\$13,588,290.45	
Carpeta de concreto asfáltico compactado al noventa y cinco por ciento (95%), por unidad de obra terminada (EP 081-E.01): Del banco que elija el contratista							
MATERIALES							
ACA-001	TARIFA DE ACARREO DE MEZCLA ASFÁLTICA	M3KM	\$5.00	*	5.200000	\$26.00	6.64%
ACA-004	TARIFA ACARREO MEZCLA ASFÁLTICA 1ER KM	M3	\$7.00	*	1.300000	\$9.10	2.32%
SUBTOTAL:	MATERIALES					\$35.10	8.96%
BASICOS							
TENDIDO-CARPETA	TENDIDO DE CARPETA ASFÁLTICA	M3					
CUADO8	CUADRILLA DE 8 PEONES CON CABO (TORNILLEROS, RASTRILLEROS Y EN TENDIDO)	Jor	\$2,615.92	*	0.003029	\$7.92	
%MO001	HERRAMIENTA MENOR	%MO	\$7.92	*	0.030000	\$0.24	
03-5190	PAVIMENTADORA BARBER-GREEN COMPLETA SB-131 130 H.P.	HORA	\$1,123.81	*	0.031989	\$35.95	
EQ0022	COMPACTADOR DE RODILLOS VIBRATORIOS EN TANDEM MARCA CATERPILLAR MOD. CB534 CON UNA POTENCIA DE OPERACIÓN DE 72 H.P. CON ANCHO DE RODILLO DE 1.80 M Y PESO DE 10.80 TON.	HRS	\$644.43	*	0.027979	\$18.03	

EQ0015	BARREDORA FRONTAL MARCA ROSCO MODELO RB48 AUTOPROPULSADA MOTOR VW 1600 CC 2.20 M DE ANCHO Y VELOCIDAD DE 15 KM/H	HRS	\$340.86	*	0.039839	\$13.58	
EQ0023	COMPACTADOR DE NEUMÁTICOS MARCA CATERPILLAR MODELO PS180 CON POTENCIA DE OPERACIÓN DE 77 H.P. Y ANCHO DE RODADO DE 1.82 MTS	HRS	\$627.77	*	0.026812	\$16.83	
03-4410	CAMION PIPA DODGE DE 8000 LITROS MOTOR DIESEL 140 H.P.	HORA	\$583.44	*	0.014857	\$8.67	
	Importe:					\$101.22	
	Volumen:				1.000000	\$101.22	25.85%
BÁSICO-CARPETA ASF	FABRICACIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA	M3					
MATERT2	MATERIAL TRITURADO CARPETA ASFALTICA	M3	\$38.00	*	1.300000	\$49.40	
DIESEL	DIESEL	LTO	\$12.24	*	9.000000	\$110.16	
ACA-006	ACARREO DE MATERIAL TRITURADO 1ER KM	M3	\$7.00	*	1.300000	\$9.10	
ACA-007	ACARREO MAT TRITURADO KMSUB	M3KM	\$5.00	*	7.800000	\$39.00	
02-0020	CUADRILLA No 2 (2 PEONES)	Jor	\$653.98	*	0.002097	\$1.37	
EQ0012	PLANTA DE ASFALTO MARCA ASTEC MODELO PC 734 CON CAPACIDAD DE 240 TON/HR SERIE 92-107 QUE CONSTA DE SECADOR DOBLE BARRIL, CINCO TOLVAS PARA AGREGADOS, CAJA DE FILTROS (BAGHOUSE), COMPRESOR, TANQUE DE ASFALTO DE 120,000 L DE CAPACIDAD CON CALENTADOR DE ACEITE PARA EL ASFALTO, CRIBA, ELEVADOR DE MATERIALES, CON TOLVA DE CARGA Y CABINA DE CONTROL. INCLUYE GENERADOR DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE 1,000 KW MARCA CATERPILLAR MODELO 3,512 SERIE 5 TD01582/24Z06052	HRS	\$1,506.31	*	0.027533	\$41.47	
03-5180	CARGADOR FRONTAL DE CADENAS CATERPILLAR 973 MOTOR DIESEL 210 H.P. CON PESO DE 17 TONELADAS Y CARGA EN EL CUCHARÓN 3 M³ AL RAS	HORA	\$1,402.37	*	0.003368	\$4.72	
%MO001	HERRAMIENTA MENOR	%MO	\$1.37	*	0.030000	\$0.04	
	Importe:					\$255.26	
	Volumen:				1.000000	\$255.26	65.19%
SUBTOTAL:	BASICOS					\$356.48	91.04%
	(A) COSTO DIRECTO					\$391.58	100.00%
	<i>(B) INDIRECTO OFICINA CENTRAL</i>				4.0422%	\$15.83	
	<i>(C) INDIRECTO DE CAMPO</i>				4.2340%	\$16.58	
	<i>INDIRECTO TOTAL</i>				8.2762%	\$32.41	
	<i>(D) SUBTOTAL (A+B+C)</i>					\$423.99	
	<i>(E) FINANCIAMIENTO</i>				1.2005%	\$5.09	
	<i>(F) SUBTOTAL2 (D+E)</i>					\$429.08	
	<i>(G) UTILIDAD</i>				5.3333%	\$22.88	
	<i>(H) SUBTOTAL (F+G)</i>					\$451.96	
	CARGOS ADICIONALES						
	<i>(CA) SFP = [H / (1-0.005) - H]</i>					\$2.27	
	PRECIO UNITARIO (A+B+C+E+G+CA)					\$454.23	
	(* CUATROCIENTOS CINCUENTA Y CUATRO PESOS 23/100 M.N. *)						

Nota. Elaboración por departamento de concursos de Grupo Plarciaac.

Con lo anterior, se procede a la determinación de los costos indirectos, el financiamiento y la utilidad; es importante considerar que cada dependencia puede establecer criterios particulares para la integración de los costos directos e indirectos (Figura 11), además de cargos adicionales. Finalmente, se realiza la elaboración de la propuesta técnica y económica para su presentación conforme la convocatoria lo indique.

Figura 11
Componentes de un precio unitario



Nota. Elaboración propia.

3.2.6. INTEGRACIÓN DEL PRESUPUESTO TOTAL

El presupuesto enlista todos los conceptos a realizar en un proyecto; cada uno de estos tiene una cantidad a ejecutar y un precio unitario que, una vez multiplicados el uno por el otro, nos dan un importe de esa actividad. La suma de todos los importes nos da el presupuesto total de la obra

Tabla 7*Composición de un presupuesto*

Composición	Descripción
Costo directo	Materiales, mano de obra y maquinaria
Costos indirectos	Gastos administrativos y de operación
Financiamiento	Costo del capital
Utilidad	Beneficio esperado

Nota. Elaboración propia

3.2.7. DETERMINACIÓN DE INDIRECTOS, FINANCIAMIENTO Y UTILIDAD

Al costo directo deberemos agregar los siguientes factores, teniendo en cuenta que estos pueden incidir en la competitividad y la rentabilidad de nuestra propuesta:

- Indirectos: gastos de oficina, supervisión, seguridad, etc.
- Financiamiento: costo por flujo de efectivo durante la obra
- Utilidad: margen de ganancia

Tabla 8*Rangos típicos de indirectos, financiamiento y utilidad*

Concepto	Rango típico (%)
Indirectos	10 – 20 %
Financiamiento	1 – 5 %
Utilidad	5 – 15 %

Nota. Elaboración propia

3.2.8. PRESENTACIÓN DE LA PROPUESTA TÉCNICA Y ECONÓMICA

La última etapa consiste en la integración y entrega de la propuesta conforme a lo establecido en las bases de licitación. La correcta presentación de ambos componentes es determinante para la evaluación del concurso, ya que no solo se considera el precio, sino también la viabilidad técnica de la propuesta, la cual se divide en:

Propuesta técnica

- Metodología constructiva
- Programa de obra
- Recursos humanos y maquinaria
- Cumplimiento normativo

Propuesta económica

- Catálogo de conceptos
- Análisis de precios unitarios
- Presupuesto total
- Factores de indirectos

3.3. PROCESO DE ESTIMACIONES DURANTE LA EJECUCIÓN DE OBRA

Una estimación es el documento mediante el cual el contratista presenta a cobro los trabajos ejecutados en el desarrollo de un proyecto. Este puede ser con periodicidad semanal, quincenal o mensual, según lo establezca el contrato de obra.

Existen diferentes tipos de estimaciones:

Ordinarias – las cuales contemplan conceptos y volúmenes establecidos en el catálogo de obra.

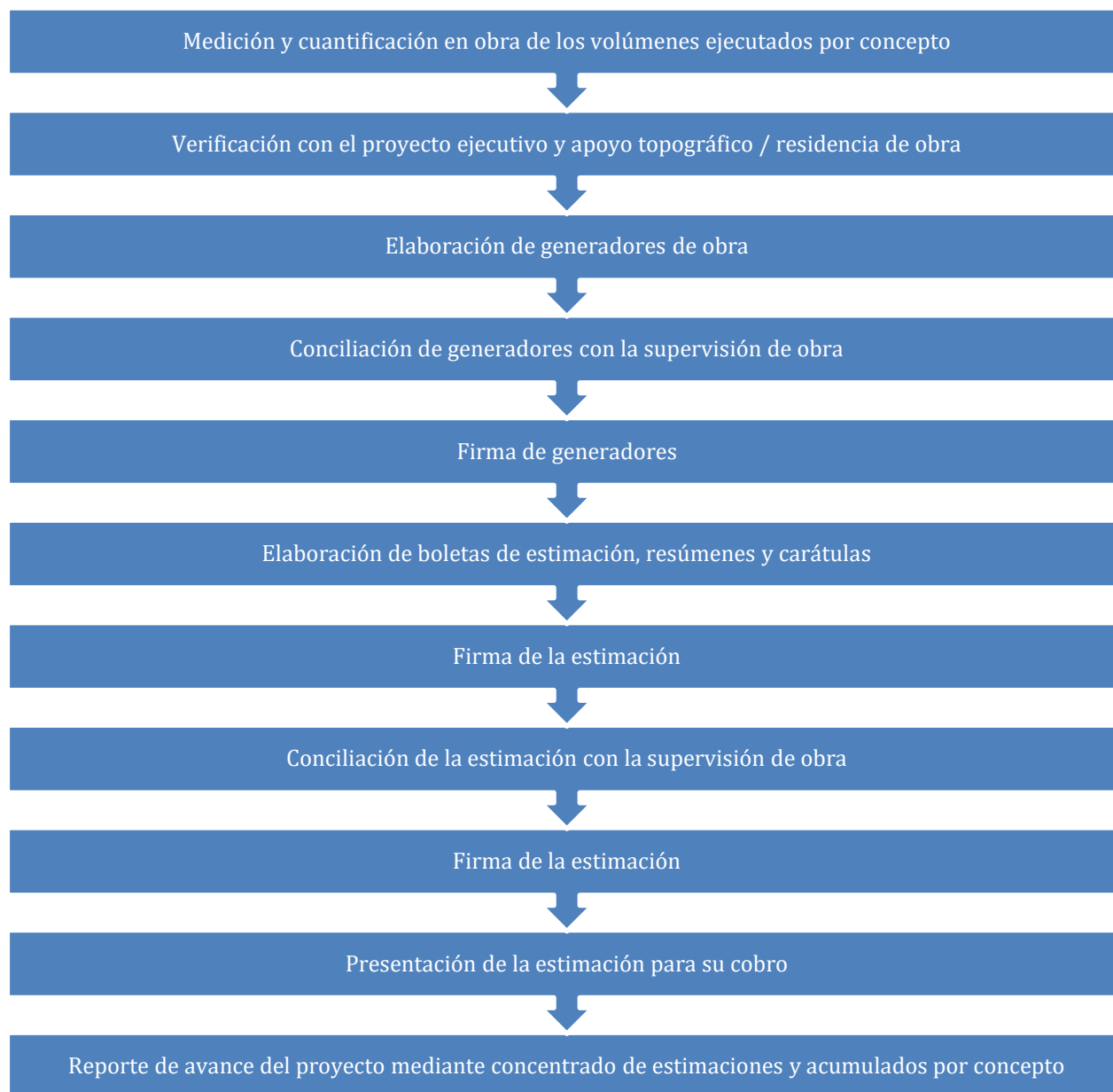
Extraordinarias – las cuales contemplan conceptos y volúmenes adicionales a los establecidos en el catálogo de obra.

Finiquito – es la estimación con la cual se cierra la obra y el contrato.

El proceso de estimaciones (Figura 12) durante la ejecución de obra constituye el mecanismo mediante el cual se cuantifican, documentan y validan los trabajos realizados en un periodo determinado, con el objetivo de gestionar el pago correspondiente al contratista. Este proceso es fundamental para el control técnico y financiero del proyecto, ya que permite dar seguimiento al avance físico de la obra y su correspondencia con el presupuesto autorizado.

Figura 12

Diagrama de flujo del proceso de estimaciones durante la ejecución de obra.



Nota. Elaboración propia.

Este proceso inicia con la medición en campo de las cantidades ejecutadas por concepto; estas pueden ser realizadas con apoyo topográfico o bien por medio de los residentes de obra, quienes verifican en todo momento que los trabajos realizados correspondan a lo establecido por el proyecto.

Se recomienda que esta actividad se realice de la mano de la supervisión de obra, ya que esta será la encargada de revisar y aprobar posteriormente las estimaciones.

Una vez se tienen las mediciones de obra, se procede a la elaboración de los generadores y posteriormente se realiza la conciliación de estos con la supervisión para validar las cantidades consideradas. Esta conciliación queda aprobada con la firma de los generadores por parte de la supervisión. Ya firmados, se lleva a cabo la elaboración de las boletas de la estimación con sus resúmenes y carátulas correspondientes.

Las estimaciones son presentadas ante la supervisión para su revisión, donde se realiza la conciliación y firma de las estimaciones siempre y cuando no existan observaciones. Una vez se tiene la firma de las estimaciones, se presentan estas para cobro. El proceso termina con el envío del reporte de avance físico financiero al departamento de control de obra a través de un concentrado de estimaciones, en el cual se registran los acumulados por concepto, lo cual permite dar seguimiento al avance físico y económico de la obra.

3.3.1. CUANTIFICACIÓN DE VOLÚMENES EJECUTADOS MEDIANTE GENERADORES DE OBRA

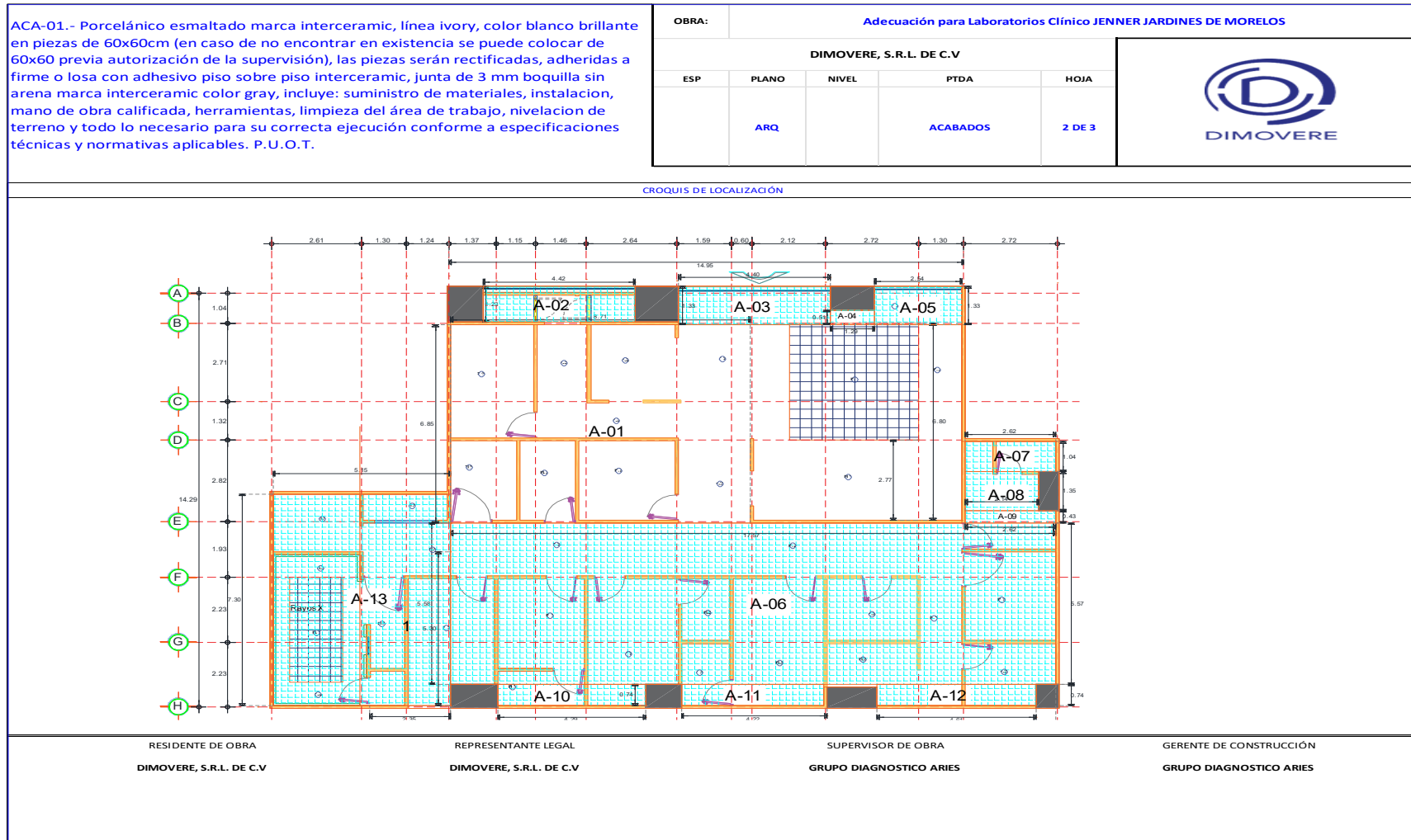
Los generadores de obra son documentos técnicos que respaldan la cuantificación de los volúmenes ejecutados en campo. Constituyen la base de las estimaciones, ya que proporcionan evidencia detallada de los trabajos realizados. Debe cumplir con métodos de medición establecidos en normas técnicas, correspondencia con el catálogo de conceptos y precisión en cálculos.

Un generador incluye:

- Croquis o planos de referencia (ver Figura 13)
- Dimensiones y cálculos (ver Figura 14)
- Ubicación del elemento
- Periodo de ejecución
- Firma de responsables

Figura 13

Página 2 de 3 de generador para la obra adecuación de laboratorios clínico donde se muestra el croquis de localización



Nota. Elaboración por departamento de residencia de obra de Dimovere, S.R.L. de C.V. Algunos datos han sido omitidos por confidencialidad.

3.3.2. INTEGRACIÓN DE ESTIMACIONES PERIÓDICAS

Las estimaciones se integran de manera periódica (generalmente mensual), agrupando los volúmenes ejecutados por concepto y multiplicándolos por sus respectivos precios unitarios.

La estimación incluye:


- Carátula de estimación (ver Figura 15)
- Resumen de conceptos ejecutados
- Generadores de obra
- Números generadores acumulados
- Soporte documental

Lo que se debe cuidar en una estimación es lo siguiente:

- Verificar la correcta cuantificación de los volúmenes y la ausencia de errores en los números generadores
- Asegurar que los volúmenes no excedan lo establecido en el contrato
- Contar con soporte técnico suficiente para cada concepto, como croquis o planos
- Anexar evidencia fotográfica adecuada de los trabajos ejecutados
- Incluir notas de bitácora y, en su caso, resultados de pruebas de laboratorio
- Realizar la amortización de anticipos cuando corresponda
- Aplicar las retenciones de ley correspondientes
- Comprobar que las fechas coincidan con los periodos de ejecución establecidos

Figura 15

Carátula de estimación presentada por Grupo Plarciaac en la obra Línea K

		CONTRATISTA: GRUPO PLARCIAC, S.A. DE C.V.		RFC GPL030530AH7.		Calle Rio Fuerte Numero 23, Colonia Vista Hermosa, en la Ciudad de Cuernavaca, Morelos, C.P. 62290				
OBRA: MOVIMIENTO DETIERRAS, DESMONTE Y DEMOLICIONES ("LOS TRABAJOS") como se detallan en el ANEXOS 3 y		No. De CONTRATO: GFS-OPU-LK-038/2024		PERIODO DE CONTRATO: 19 de febrero al 30 de abril del 2024		No. DE ESTIMACION: 2 (DOS)		PERIODO DE EJECUCIÓN: 19/03/24 al 29/03/24		
RESUMEN DE CONCEPTOS								FECHA: 10/04/2024		
PARTIDA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	SEGÚN CONTRATO	HASTA ESTIMACION ANTERIOR	ESTA ESTIMACION	TOTAL ESTIMADO	POR EJECUTAR	PRECIO UNITARIO CONTRATADO	IMPORTE
		CORTES Y EXCAVACIONES								
1.3.1.01	N-CTR-CAR-1-01-003/11	Corte abriendo cajas para desplante de terraplenes, en material tipo B, cuando el material se aproveche. P.U.O.T.	M3	25544.07	4,167.10	5,334.10	9,501.20	16,042.87	\$52.52	\$280,146.93
		TERRAPLENES								
1.3.2.02	N-CTR-CAR-1-01-009/16	Terraplén con materiales procedentes de la excavación. formación relleno y compactación de terraplenes en los cortes en que se haya ordenado excavación. para noventa y cinco por ciento (95%) incluye: materiales, mano de obra, equipo, herramienta, y demás cargos necesarios para la correcta ejecución del concepto. P.U.O.T. (No incluye siministro ni acarreos)	M3	25544.07	3,681.70	4,677.30	8,359.00	17,185.07	\$117.48	\$549,489.20
1.3.2.03	N-CTR-CAR-1-01-009/16	Suministro, Tendido y Conformación de capa de Terraplén con material procedente banco compactada al 95% de su PVSM, incluye: regalías, carga y acarreos al sitio de los trabajos, descargas, maquinaria, mano de obra, desperdicios, agua, herramienta, y todo lo necesarios para la correcta ejecución del concepto, P.U.O.T. (No incluye siministro ni acarreos)	M3	122399.29	0.00	2,133.16	2,133.16	120,266.13	\$133.08	\$283,880.93
										\$1,113,517.06
ELABORÓ		REVISÓ	Vo. Bo.		Vo. Bo.		AUTORIZÓ			
SUPER INTENDENTE GRUPO PLARCIAC S.A DE C.V.		JEFE DE ESTIMACIONES TRAMO 1	GERENTE DE ADMINISTRACIÓN Y FINANZAS TRAMO 1		GERENTE DE PRODUCCIÓN TRAMO 1		GERENTE DE TRAMO 1			

Nota. Elaboración por departamento de Residencia de Obra de Grupo Plarciaac. Algunos datos han sido omitidos por confidencialidad.

3.3.3. REVISIÓN Y VALIDACIÓN POR SUPERVISIÓN

Una vez integrada la estimación, esta es sometida a revisión por parte de la supervisión de obra, quien verifica:

- Congruencia con los trabajos ejecutados
- Cumplimiento de especificaciones técnicas
- Exactitud de los volúmenes
- Soporte documental adecuado

La validación de la estimación es indispensable para su autorización y pago, y garantiza que los recursos se asignen conforme a los trabajos efectivamente realizados.

Tabla 9

Criterios de revisión y acciones en la validación de estimaciones de obra

Criterio de revisión	Acción
Volúmenes	Validación o ajuste
Calidad	Aprobación o rechazo
Documentación	Verificación de soporte
Normativa	Cumplimiento técnico

Nota. Elaboración propia

3.3.4. CONTROL FINANCIERO DEL PROYECTO

El control financiero (Figura 16) del proyecto se basa en el seguimiento continuo de las estimaciones, permitiendo comparar el avance físico con el avance económico.

Este control incluye:

- Registro de estimaciones acumuladas
- Comparación contra presupuesto original
- Identificación de desviaciones
- Proyección de flujo de efectivo

Figura 16

Proforma para control financiero de las primeras dos semanas de un proyecto

OBRA: DESPALME DE TALLERES Y COCHERAS CANCUN				\$ 9,075,977.64		SIN IVA			
VOLUMEN A EJECUTAR:				M3	84036.83			\$ 7,639.71	
EGRESOS									
CONCEPTO	UNIDAD	DURACION	PRECIO UNITARIO	IMPORTE	IMPORTE CON IVA	PROGRAMADO	PAGADO	PROGRAMADO	PAGADO
						SEM0		SEM1	
						03 AL 09 OCTUBRE		10 AL 16 OCTUBRE	
RENTA EXCAVADORA 1	MES	25	\$ 135,000.00	\$ 337,500.00	\$ 391,500.00	\$ 156,800.00	\$ 156,800.00		
RENTA EXCAVADORA 2	MES	25	\$ 135,000.00	\$ 337,500.00	\$ 391,500.00	\$ 156,800.00	\$ 156,800.00		
FLETE EXCAVADORA 1	FLETE	1	\$ 110,000.00	\$ 110,000.00	\$ 127,800.00	\$ 127,800.00	\$ 127,800.00		
FLETE EXCAVADORA 2	FLETE	1	\$ 110,000.00	\$ 110,000.00	\$ 127,800.00	\$ 127,800.00	\$ 127,800.00		
MANUTENIMIENTO EXCAVADORA 1	LOTE	2	\$ 9,000.00	\$ 18,000.00	\$ 20,880.00				
MANUTENIMIENTO EXCAVADORA 2	LOTE	2	\$ 9,000.00	\$ 18,000.00	\$ 20,880.00				
COMBUSTIBLE EXCAVADORA 1	LT	500	\$ 360,290.00	\$ 360,290.00	\$ 417,866.80			\$ 37,808.04	\$ 24,047.50
COMBUSTIBLE EXCAVADORA 2	LT	500	\$ 360,290.00	\$ 360,290.00	\$ 417,866.80			\$ 37,808.04	\$ 9,804.50
OPERADOR EXCAVADORA 1 CON VIATICOS	SEM	11	\$ 7,000.00	\$ 77,000.00	\$ 89,320.00			\$ 8,120.00	\$ 1,900.00
OPERADOR EXCAVADORA 2 CON VIATICOS	SEM	11	\$ 7,000.00	\$ 77,000.00	\$ 89,320.00			\$ 8,120.00	\$ 1,900.00
REPARACIONES MENORES 7%	LOTE	1.5	\$ 9,400.00	\$ 14,175.00	\$ 16,443.00				
REPARACIONES MENORES 7%	LOTE	1.5	\$ 9,400.00	\$ 14,175.00	\$ 16,443.00				
IMSS OPERADORES	SEM	11	\$ 5,320.00	\$ 58,520.00	\$ 67,883.20			\$ 6,171.20	
REGALIAS BANCO DE TIRO	M3	15.38	\$ 109,287.88	\$ 1,680,736.60	\$ 1,940,654.46			\$ 177,241.31	
RENTA DE BOMBOLAO EN OPERACION	MES	15	\$ 150,000.00	\$ 2,250,000.00	\$ 2,610,000.00				
CONSUMO COMBUSTIBLE	VIAJE	3,902.00	\$ 83.76	\$ 326,831.52	\$ 378,124.56				
CAMPAMENTO OPERADORES	MES	3.00	\$ 20,000.00	\$ 60,000.00	\$ 69,600.00			\$ 29,200.00	
ACUMULADO COSTO DIRECTO				\$ 6,209,898.12	\$ 7,203,481.82	\$ 558,400.00	\$ 558,400.00	\$ 298,068.54	\$ 36,852.00
COSTO INDIRECTO DE CAMPO									
CAMIONETA DIESEL	MES	2.5	\$ 25,000.00	\$ 62,500.00	\$ 72,500.00				\$ 3,729.00
SEGURO CAMIONETA	TRIMESTRE	1	\$ 6,250.00	\$ 6,250.00	\$ 7,250.00	\$ 7,250.00	\$ 6,250.00		
SERVICIO CAMIONETA COMPLETO	LOTE	2	\$ 6,000.00	\$ 12,000.00	\$ 13,920.00	\$ 6,960.00	\$ 6,480.00		
SERVICIO CAMIONETA INTERMEDIO	LOTE	1	\$ 3,000.00	\$ 3,000.00	\$ 3,480.00				
GASOLINA CAMIONETA TRASLADO CUERNAVACA-CANCUN	LOTE	2	\$ 5,500.00	\$ 11,000.00	\$ 12,760.00	\$ 6,380.00	\$ 5,500.00		
PASAJES EDGAR XALAPA-CANCUN	LOTE	1	\$ 920.00	\$ 920.00	\$ 1,067.20	\$ 1,067.20	\$ 920.00		
CASSETAS CAMIONETA TRASLADO XALAPA-CANCUN	LOTE	2	\$ 4,000.00	\$ 8,000.00	\$ 9,280.00	\$ 4,640.00	\$ 4,000.00		
GASTOS VISITA DE OBRA HAZEL	LOTE	1	\$ 8,000.00	\$ 8,000.00	\$ 9,280.00	\$ 9,280.00			
HOSPEDAJE UNA NOCHE EN CAMPECHE Y CANCUN	LOTE	1	\$ 2,000.00	\$ 2,000.00	\$ 2,320.00	\$ 2,320.00	\$ 6,700.00		
VIATICOS TRAYECTO	LOTE	1	\$ 1,500.00	\$ 1,500.00	\$ 1,740.00	\$ 1,740.00	\$ 2,175.00		
SUELDO EDGAR con comidas	SEM	11	\$ 6,084.48	\$ 66,379.31	\$ 77,000.00			\$ 7,000.00	\$ 6,000.00
SUELDO MOZO con comidas	SEM	11	\$ 5,803.45	\$ 61,637.93	\$ 71,500.00			\$ 6,500.00	\$ 5,900.00
CAMPAMENTO RESIDENTES	MES	3	\$ 6,000.00	\$ 18,000.00	\$ 20,880.00	\$ 13,920.00			\$ 13,000.00
CAMPAMENTO OPERADORES	MES	3	\$ 4,000.00	\$ 12,000.00	\$ 13,920.00	\$ 9,280.00			\$ 9,000.00
PAPELERIA	LOTE	3	\$ 3,000.00	\$ 9,000.00	\$ 10,440.00	\$ 3,480.00			\$ 500.00
PASAJES EDGAR UNA VEZ AL MES CANCUN - XALAPA - CANCUN	LOTE	2	\$ 6,000.00	\$ 12,000.00	\$ 13,920.00				
PASAJES MOZO UNA VEZ AL MES CANCUN - CUAUTLA - CANCUN	LOTE	2	\$ 6,000.00	\$ 12,000.00	\$ 13,920.00				
GAS LUZ AGUA CAMPAMENTO RESIDENTES	MES	3	\$ 1,100.00	\$ 3,300.00	\$ 3,828.00				\$ 900.00
GAS LUZ AGUA CAMPAMENTO OPERADORES	MES	3	\$ 1,100.00	\$ 3,300.00	\$ 3,828.00				\$ 900.00
INTERNET CAMPAMENTO RESIDENTES	MES	3	\$ 950.00	\$ 2,850.00	\$ 3,306.00				\$ 900.00
VELADOR	SEM	11	\$ 2,500.00	\$ 27,500.00	\$ 31,900.00			\$ 2,800.00	
CHECADOR	SEM	11	\$ 2,000.00	\$ 22,000.00	\$ 25,200.00			\$ 2,320.00	
VIAJES SUPERVISOR INGENIERO TRIPP	IDA	4	\$ 20,000.00	\$ 80,000.00	\$ 92,800.00				
IMSS PERSONAL	SEM	11	\$ 3,300.00	\$ 41,800.00	\$ 48,488.00			\$ 4,408.00	
GASTOS VARIOS	SEM	3	\$ 10,000.00	\$ 30,000.00	\$ 34,800.00			\$ 29,200.00	\$ 22,827.00
IMPRESORA Y TONER	PZA	1	\$ 10,000.00	\$ 10,000.00	\$ 11,600.00			\$ 11,600.00	\$ 5,000.00
INDIRECTO DE MATRIZ									
COSTO GRUPO PLARCIAC SIN SERGIO Y FRANCISCO	QUINCENAL	5	\$ 70,017.74	\$ 350,088.70	\$ 406,102.89			\$ 81,220.58	\$ 81,220.58
FIANZA ANTICIPO Y CUMPLIMIENTO	1				\$ -				
ACUMULADO COSTO INDIRECTO				\$ 877,025.94	\$ 1,017,390.09	\$ 66,317.20	\$ 32,025.00	\$ 139,148.58	\$ 148,276.58
RESULTADO INGRESO MENOS EGRESO SIN IVA				\$ 1,989,053.58					
RESULTADO INGRESO MENOS EGRESO CON IVA				\$ 2,307,302.15					
PORCENTAJE DE RESULTADO				21.92%					
FLUJO INGRESO - EGRESO									
INGRESOS									
PRIMER ANTICIPO							\$ 1,000,000.00		
SEGUNDO ANTICIPO									
ESTIMACIONES QUINCENALES									
MENOS AMORTIZACION 30% ANTICIPO									
IMPORTE ESTIMACION CON IVA									
TOTAL EGRESOS							\$ 600,425.00		\$ 185,128.58
FLUJO INGRESO - EGRESO SIN IVA							\$ 399,575.00		\$ 185,128.58
SALDO FLUJO INGRESO - EGRESO CON IVA							\$ 399,575.00		\$ 214,446.42

Nota. Documento elaborado por el departamento de Control de obra y proporcionado por la Dirección de Construcción de Grupo Plarciac.

Una vez que se está ejecutando la obra, es importante verificar que los costos propuestos para llegar a los precios unitarios presentados en la propuesta económica del concurso se estén cumpliendo, para no sobrepasar el presupuesto del proyecto. En este sentido, el control de costos se lleva a cabo para checar los precios de los materiales, los rendimientos de la maquinaria y los rendimientos de la mano de obra. Es importante ir comparando los costos reales contra los costos proyectados.

El primer paso consiste en que el departamento de concursos con base en las cotizaciones obtenidas durante el proceso de licitación revisa y decide con la dirección de construcción la mejor alternativa para la estrategia a seguir en el concurso que se esté presentando. Una vez ganado el concurso, el departamento de planeación programa las compras y propone proveedores, tomando en cuenta la información proporcionada por el departamento de concursos. Esto nos dará los costos objetivo a seguir por el departamento de control de obra. Es importante comentar que el departamento de planeación debe validar la información proporcionada y realizar los ajustes en caso de detectar errores. Esto debe quedar plasmado en un presupuesto interno que será la meta que seguir.

El incremento en el presupuesto objetivo puede provenir de diferentes incidencias en los distintos insumos que componen los precios unitarios del presupuesto. A continuación, se enlistan algunos:

- Incremento en el precio de los materiales.
- Incremento en el desperdicio considerado de los materiales
- Incremento en el consumo de los materiales
- Decremento en el rendimiento considerado de la mano de obra o maquinaria
- Incremento en el precio de los combustibles de consumo de la maquinaria
- Incremento en el consumo de los combustibles de la maquinaria
- Incremento en precio o consumo del resto de los consumibles de la maquinaria
- Incremento en el porcentaje del uso de la herramienta o andamios

Por eso es importante desde el departamento de control de obra darle seguimiento a la incidencia de todos estos elementos para poder estar alertando a la residencia de obra para tomar las medidas necesarias para ajustar las medidas de control en obra. Únicamente el primer punto de la lista anterior se tiene que resolver a nivel del departamento de control de obra, checando si compras tiene otras alternativas de proveedores para evitar el incremento y si no, entonces notificar y proporcionar los

elementos al departamento de concursos para que busque una actualización de precios, todo bajo el contexto de las reglas que rigen el contrato del proyecto para el ajuste de costos.

3.4. COMPARATIVA PRESUPUESTO VS. AVANCE REAL

En el seguimiento del avance financiero y el avance físico es de suma importancia comparar ambos, desde dos perspectivas, el presupuesto de cobro contra el avance real para checar que estos no vayan muy desfasados ya que el tener un avance físico muy por encima del avance financiero incrementa el costo de financiamiento de este, y esto puede ser motivado por distintos factores, como lo son:

- Falta de capacidad del personal de la empresa en la elaboración de las estimaciones
- Falta de personal en la elaboración de las estimaciones
- Procesos complejos en la revisión y validación de las estimaciones
- Procesos lentos del cliente para el pago de las estimaciones

El primero se previene al contratar el personal que va a llevar a cabo esta actividad, se revisa que tenga los conocimientos y capacidades adecuadas para este puesto, capacitación continua de todo el personal técnico, no se trata de que todo profesionalista tenga 100% de los conocimientos ya de inicio, sino que la empresa ayude a desarrollar todo el potencial que tiene cada persona.

El segundo se previene revisando de antemano la complejidad de las estimaciones para asignar la cantidad de personal adecuada. El tercero se consensu con el cliente para su corrección ya que la falta de flujo suficiente al proyecto afecta al mismo y la responsabilidad de que este llegue a buen fin no solo es del contratista sino también de la contratante. Así se pueden revisar y hacer más eficientes los procesos de revisión y validación de estimaciones entre ambas partes.

Para el último se hace importante revisar en el contrato los plazos que el cliente tiene para realizar los pagos, esto es una obligación contractual del contratante, que deberá corregir una vez que se le demuestre que está incumpliendo con esos plazos.

CAPÍTULO IV. PROYECTOS Y ACTIVIDADES REALIZADAS

4.1. TREN QUERÉTARO – IRAPUATO

El proyecto del tren Querétaro – Irapuato se ha impulsado con la finalidad de mejorar la conectividad de la Ciudad de México, Querétaro y las principales ciudades del Bajío y centro norte del país, con el cual se busca favorecer a más de 30 mil personas de al menos 22 municipios.

Este proyecto considera la construcción de una vía doble sin electrificar para transporte de pasajeros de 108.2 km con una velocidad máxima de diseño de 200 km/h, contemplando vía sobre terraplén y sobre viaducto.

Figura 17
Mapa del proyecto ferroviario Querétaro - Irapuato



Nota. Tomado de Gobierno de México (2026), Tren Querétaro–Irapuato, https://www.proyectosmexico.gob.mx/proyecto_inversion/0961-tren-queretaro-irapuato/

Grupo Parciac participó en la licitación del tren Querétaro – Irapuato para el tramo 1, a través del consorcio conformado por Rubau México, Construcciones Rubau y Grupo González Soto, y colaboró en la preparación de la propuesta, encargándose de la partida de terracerías y obras de drenaje.

Mi participación en este proyecto consistió en apoyar al departamento de Planeación en el desarrollo de las siguientes actividades.

4.1.1. ELABORACIÓN DE PRESUPUESTO A PRECIO ALZADO

Para la elaboración de un presupuesto a precio alzado es necesario cuantificar los volúmenes de los conceptos en base a la ingeniería básica o al desarrollo de la ingeniería conceptual previo al proyecto ejecutivo. La diferencia con un presupuesto a precio unitario es que en este último se tiene el proyecto ejecutivo terminado y un catálogo de conceptos con volúmenes, mientras que en el de precio alzado al no existir el proyecto ejecutivo y ser su desarrollo parte de los conceptos a ejecutar, se tiene que cuantificar los volúmenes de los conceptos con la ingeniería básica o ingeniería conceptual como ya se dijo.

Las actividades que se presentan a continuación son parte de mi trabajo realizado para Grupo Plarcia que se utilizaron para la elaboración del presupuesto a precio alzado en el rubro de terracerías y ODTs.

4.1.2. DETERMINACIÓN DE DISTANCIA DE ACARREOS

El acarreo de materiales consiste en transportar del lugar de excavación hasta el destino, ya sea el banco de materiales o la zona de tiro, y presenta importancia para la planificación financiera de la obra, ya que influye directamente en los costos y la duración del proyecto.

En esta etapa mi trabajo consistió en determinar las distancias promedio de acarreo de material de banco a la traza. Se calcularon estas distancias para los materiales de terraplén, subrasante, subbalasto y balasto. Para cada material se analizaron entre tres y seis opciones de bancos al igual que se tomaron en cuenta diferentes posibilidades de accesos a la traza. Se crearon tablas en las cuales se plasmaron las varias alternativas que existían para atacar cada tramo y se tomó la mejor opción. En las tablas se toma primero el cadenamamiento de intersección con la traza, por medio de un sistema de información geográfica (SIG) se tomó la distancia desde banco a la traza, se determinan los cadenamamientos máximos y mínimos sobre la traza hasta los cuales habría acarreo y con ellos se obtienen las distancias promedio de acarreo a mayores y a menores.

Figura 18

Acarreo de materiales de obra



Nota. Fotografía proporcionada por el departamento de Residencia de Obra de Grupo Plarcia.

Posteriormente se calculó para todos los materiales la distancia promedio para todo el tramo, siguiendo la siguiente metodología: De las secciones proporcionadas por nuestra ingeniería de diseño se sacaron volúmenes para cada subtramo en que se dividió el tramo total según su distancia de acarreo, en la tabla (ver Tabla 10) se muestra el cálculo de acarreo de material de terraplén. Posteriormente, multiplicamos el volumen de cada subtramo por su distancia para obtener m^3/km de acarreo para ese subtramo, con la suma de los volúmenes de m^3/km de los subtramos dividida entre el volumen total del terraplén de todos los subtramos, se obtuvo el acarreo promedio para los terraplenes resultando en un acarreo de 8.58 km para los terraplenes.

Se realizó el mismo proceso para la subrasante, el subbalasto y el balasto, los cuales tienen un espesor constante a través del tramo. Finalmente se creó un gráfico para cada material en el cual se indicaban los accesos al tramo, de qué banco se surtiría ese tramo y la distancia de acarreo promedio.

Tabla 10*Cálculo de acarreo de material de terraplén*

NOMBRE BANCO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
BANCO LA ESTANCIA ACCESO 2	31.5	5.1	33.86	8	7	26.5	11	9	6,602.50	-	46,217.50	-
BANCO LA ESTANCIA ACCESO 3	32.6	5.8	33.86	8	7	26.5	12	9	-	36,504.03	-	328,536.27
BANCO 3 TERRAPLEN	26	8.23	26.5	9	9	23	12	11	25,445.18	105,507.36	229,006.62	1,160,580.96
BANCO TERRACERÍAS 9	16.15	4.73	23	12	9	11.15	10	8	85,651.71	134,816.89	770,865.39	1,078,535.12
BANCO TERRACERÍAS 7	8.9	5.17	11.15	8	7	6	9	8	77,375.85	182,400.53	541,630.95	1,459,204.24

VOLUMEN TOTAL	654,304.05	M3/KM TOTALES	5,614,577.05
---------------	------------	------------------	--------------

DISTANCIA DE ACARREO PROMEDIO	8.58
-------------------------------	------

Nota. Elaboración propia

En la Tabla 10 se presenta el cálculo promedio del material de terraplén modificado para su presentación como ejemplo en este documento. En la tabla 11 se presenta la simbología referente a la Tabla 10.

Tabla 11

Simbología de las columnas de la Tabla 10.

COLUMNA	NOMBRE
1	CADENAMIENTO DE INTERSECCIÓN CON LA TRAZA
2	DISTANCIA BANCO A TRAZA
3	CADENAMIENTO DE PUNTO MÁXIMO DE ACARREO A MAYORES SOBRE TRAZA
4	DISTANCIA MÁXIMA A MAYORES
5	ACARREO PROMEDIO A MAYORES
6	CADENAMIENTO DE PUNTO MÁXIMO DE ACARREO A MENORES SOBRE TRAZA
7	DISTANCIA MÁXIMA A MENORES
8	ACARREO PROMEDIO A MENORES
9	VOLUMEN TERRAPLEN A MAYORES
10	VOLUMEN TERRAPLEN A MENORES
11	M3/KM A MAYORES
12	M3/KM A MENORES

Nota. Elaboración propia.

En el Anexo A se presentan los documentos reales realizados para esta actividad.

4.1.3. REVISIÓN DE SECCIÓN HIDRÁULICA DE ODTS

Una obra de drenaje transversal (ODT) es una estructura, conformada generalmente por cajones o tubos prefabricados o también alcantarillas construidas in situ a partir de muros coronados con una losa de concreto armado, la cual permite el paso de corrientes permanentes o temporales de agua por debajo de infraestructura carretera o ferroviaria para así proteger la estructura de la vía.

Figura 19

Ejemplo de cajón de concreto prefabricado.



Nota. Tomado de Tubocreto (s.f.), Cajones de concreto, <https://www.tubocreto.com/cajones>

Para esta actividad se trabajó con dos tipos de ODT: cajones y tubos. Para estos se contaba con un primer cálculo, proporcionado por la ingeniería básica, el cual fue revisado y se realizaron comentarios para mejoras en cuestiones de capacidad hidráulica y dimensionamiento, para eficientar las secciones a utilizar y buscar economías. A través de un desglose de todas las ODT, sus dimensiones y sus características, las ODT fueron revisadas para observar su capacidad hidráulica,

de ahí se propusieron cambios a las ODT que se encontraban subutilizadas y que se consideraba que generaban un costo innecesario, se propusieron cambios de cajones a tubos o a cajones con dimensiones menores según fuera el caso.

La ingeniería básica nos brindó una tabla resumen de las ODT a través de todo el tramo. En estas se presentaban los datos de entrada como el cadenamamiento en el que se ubicaba cada una, la pendiente, la n de Manning y el gasto máximo en metros cúbicos por segundo a los que estarían sujetas las ODT. Posteriormente se presentaban las características hidráulicas como el tipo de sección, ya fuera cuadrada o circular, el número de piezas, el ancho y la altura, el tirante, el área hidráulica, el perímetro mojado, el radio hidráulico, la velocidad y finalmente la eficiencia.

Mi trabajo consistió en revisar la eficiencia para poder presentar nuevas propuestas. El primer paso fue revisar la eficiencia actual de las propuestas, con esto noté que existían diversas ODT que estaban sobradas, existiendo casos con una eficiencia alrededor del 10%. Probé diversas opciones cambiando el tipo de sección, el número de piezas, el ancho y la altura, siempre manteniendo constantes los datos de entrada, con todos estos datos se calculaba el nuevo tirante hidráulico para obtener la nueva eficiencia de la ODT.

Era importante tener en cuenta que la licitación hacía claro que la eficiencia no podía rebasar el 80%, por lo que se buscaba incrementar la eficiencia en todas sin rebasar esta limitante. Otro obstáculo se presentaba con las dimensiones de los cajones o tubos a la hora de cotizar; esto se hablará más a fondo en el punto 4.1.4 COTIZACIÓN DE MATERIALES PARA LICITACIÓN.

De las 40 ODT existentes, se encontró la manera de eficientar 36, en algunos casos reduciendo la cantidad previamente propuesta, cambiando las dimensiones por menores y cambiando todas las de tubos por cajones con características más adecuadas para el proyecto.

Finalmente se realizaron dos tablas con las modificaciones para las nuevas propuestas, en las que se resaltaron los cambios modificados de la ingeniería básica y las nuevas eficiencias obtenidas por las modificaciones.

En las Tablas 12 y 13 se presentan algunos cambios realizados como ejemplo.

Tabla 12*Propuestas de cambio a los cajones*

DATOS DE ENTRADA				CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS					REVISIÓN
PK	Pendiente	n de Manning	Qmax	Sección Tipo	No. Piezas	Ancho	Altura	Tirante	Eficiencia
	Adim.	-	m3/seg	-	-	m	m	m	%
17+795	0.01	0.012	29.46	Cuadrada	2	2	2	1.11	56%
19+750	0.01	0.012	33.32	Cuadrada	3	2	2	0.87	44%
20+702	0.013	0.012	11.84	Cuadrada	2	2	1	0.55	55%
20+974	0.009	0.012	24.03	Cuadrada	2	2	2	1	50%
21+464	0.016	0.012	10.22	Cuadrada	2	2	1	0.46	46%
21+677	0.007	0.012	24.45	Cuadrada	2	2	2	1.1	55%
23+865	0.012	0.012	14.78	Cuadrada	2	2	1	0.65	65%
24+806	0.003	0.012	8.18	Cuadrada	1	2	2	1.31	66%
26+528	0.01	0.012	16.61	Cuadrada	2	2	1	0.75	75%
26+757	0.009	0.012	5.53	Cuadrada	1	2	1	0.65	65%
27+213	0.009	0.012	20.71	Cuadrada	2	2	2	0.9	45%
28+130	0.015	0.012	11.71	Cuadrada	2	2	1	0.52	52%
28+353	0.025	0.012	7.47	Cuadrada	2	2	1	0.33	33%
28+502	0.02	0.012	8.42	Cuadrada	2	2	1	0.38	38%
33+266	0.015	0.012	14.16	Cuadrada	3	2	1	0.44	44%

Nota. Elaboración propia a partir de información proporcionada por la ingeniería básica. Modificada para la presentación en este apartado.

Tabla 13*Propuestas de cambio a los tubos*

DATOS DE ENTRADA				CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS				REVISIÓN	
PK	Pendiente	n de Manning	Qmax	Sección Tipo	No. Piezas	Ancho	Altura	Tirante	Eficiencia
	Adim.	-	m3/seg	-	-	m	m	m	%
17+427	0.01	0.012	8.35	Cuadrada	2	2	1	0.47	47%
22+456	0.035	0.012	2.5	Cuadrada	1	2	1	0.24	24%
23+148	0.013	0.012	2.6	Cuadrada	1	2	1	0.34	34%
24+106	0.01	0.012	6.06	Cuadrada	1	2	1	0.67	67%
26+291	0.004	0.012	2.96	Cuadrada	1	2	1	0.56	56%
26+424	0.01	0.012	7.92	Cuadrada	2	2	1	0.46	46%
26+914	0.009	0.012	5.53	Cuadrada	1	2	1	0.65	65%
27+093	0.009	0.012	10.75	Cuadrada	2	2	1	0.58	58%
27+672	0.005	0.012	5.53	Cuadrada	2	2	1	0.45	45%
29+832	0.008	0.012	14.33	Cuadrada	2	2	1	0.73	73%
30+157	0.008	0.012	3.36	Cuadrada	1	2	1	0.48	48%
30+240	0.03	0.012	2.87	Cuadrada	1	2	1	0.28	28%
32+443	0.015	0.012	3.7	Cuadrada	1	2	1	0.41	41%
36+555	0.01	0.012	11.39	Cuadrada	2	2	1	0.58	58%

Nota. Elaboración propia a partir de información proporcionada por la ingeniería básica. Modificada para la presentación en este apartado.

4.1.4. COTIZACIÓN DE MATERIALES PARA LICITACIÓN

Una cotización de materiales para licitación consiste en un documento que detalla unidades, cantidades, precios unitarios, importe, condiciones de pago y entrega, y también contiene fichas técnicas con especificaciones y normas que cumplen el material o el equipo.

Las cotizaciones para el desarrollo de un proyecto son de suma importancia ya que permiten comparar a diferentes proveedores y encontrar la opción más viable, la cual nos llevará a proponer el mejor costo.

En esta etapa mi trabajo fue solicitar las cotizaciones de forma directa con los proveedores, por vía telefónica o correo electrónico. Una vez recibidas las diferentes cotizaciones, se realizaba un comparativo en función de sus características y precios para optar por la mejor opción. Se realizaron cotizaciones referentes a las ODT que se requerían para la obra.

Las cotizaciones para las ODT comenzaron contactando por correo electrónico a uno de los mejores fabricantes de la República Mexicana con la cantidad necesaria y las especificaciones que se buscaban para el proyecto. El fabricante contestó brindándonos la cotización y haciendo algunas aclaraciones. En las aclaraciones el fabricante nos comentó que las dimensiones de los cajones que nosotros buscábamos no las manejaban, pero podían fabricarlas, solo que sería más costoso (pues implicaba fabricar cimbras nuevas que tendrían que ser prorrateadas en el volumen de nuestra compra). Por lo que pedimos una lista de las dimensiones que el fabricante manejaba y con ellas se hicieron los cálculos para determinar la mejor alternativa. Una vez elegidos los cajones, se solicitó una cotización definitiva de estos.

En las Figuras 20 y 21, se adjunta la cotización final, la cual fue usada para la presupuestación.

Figura 20
Cotización de Tubocreto página 1



Tubos y productos de concretos industriales de México S.A. de C.V.
 Carretera Lagos de Moreno - La Unión de San Antonio #3500.
 Lagos de Moreno, Jalisco. México. C.P. 47533.
 TPC140220UC3

Cotización
 B-MGF-144-25-A
 3 de julio de 2025

Empresa: Grupo Plarcia, S.A. de C.V
 Contacto: Octavio Tripp
 Teléfono:
 Email: octavio.tripp@grupoplarciac.com
 Dir.entrega: Municipio: Querétaro , Estado : Querétaro
 Licitacion: --
 Obra: TREN QUERETARO-IRAPUATO, Qro. Qro

Cantidad	Unidad	Producto	Norma	Precio	Importe
477.75	Metro	Cajón de concreto reforzado de 2.00x1.00x1.75 m (Base x Altura x Longitud, al interior). Carga Cooper E80. Relleno de 0.80 a 3.60 m sobre el cajón. Tráfico paralelo al claro del cajón. Junta macho-hembra. Junta bituminosa. AREMA (2017).	NMX-C-499-	24,912.00	11,901,708.00
462.00	Metro	Cajón de concreto reforzado de 3.00x1.50x1.75 m (Base x Altura x Longitud, al interior). Carga Cooper E80. Relleno de 0.80 a 3.60 m sobre el cajón. Tráfico paralelo al claro del cajón. Junta macho-hembra. Junta bituminosa. AREMA (2017).	NMX-C-499-	48,705.00	22,501,710.00
57.75	Metro	Cajón de concreto reforzado de 3.00x2.00x1.75 m (Base x Altura x Longitud, al interior). Carga Cooper E80. Relleno de 0.80 a 3.60 m sobre el cajón. Tráfico paralelo al claro del cajón. Junta macho-hembra. Junta bituminosa. AREMA (2017).	NMX-C-499-	48,409.00	2,795,619.75

Nota. Cotización elaborada por la empresa Tubocreto y proporcionada a Grupo Plarcia; presentada con fines académicos. Algunos datos han sido omitidos por confidencialidad.

Figura 21

Cotización de Tubocreto página 2



Tubos y productos de concretos industriales de México S.A. de C.V.
Carretera Lagos de Moreno - La Unión de San Antonio #3500.
Lagos de Moreno, Jalisco. México. C.P. 47533.
TPC140220UC3

Cotización
B-MGF-144-25-A
3 de julio de 2025

Empresa: Grupo Plarciac, S.A. de C.V
Contacto: Octavio Tripp
Teléfono:
Email: octavio.tripp@grupoplarciac.com
Dir.entrega: Municipio: Querétaro , Estado : Querétaro
Licitacion: --
Obra: TREN QUERETARO-IRAPUATO, Qro. Qro

Subtotal:	37,199,037.75
IVA:	5,951,846.04
Total:	43,150,883.79

- BBVA Bancomer. Cuenta: CLABE:
- Favor de enviar su comprobante de pago a cobranza@tubocreto.com
- Cambio en cantidades, tipo de transporte o lugar de entrega puede modificar el precio.
- Descarga, almacenamiento e instalación por cuenta del cliente.
- Precios sujetos a cambio sin previo aviso.

Atentamente

T. 800 212 9442
ventas@tubocreto.com



Nota. Cotización elaborada por la empresa Tubocreto y proporcionada a Grupo Plarciac; presentada con fines académicos. Algunos datos han sido omitidos por confidencialidad.

Adicionalmente, en las Figuras 22, 23 y 24 se muestran las fichas técnicas de los cajones definitivos que se presentaron junto con la cotización.

Figura 22

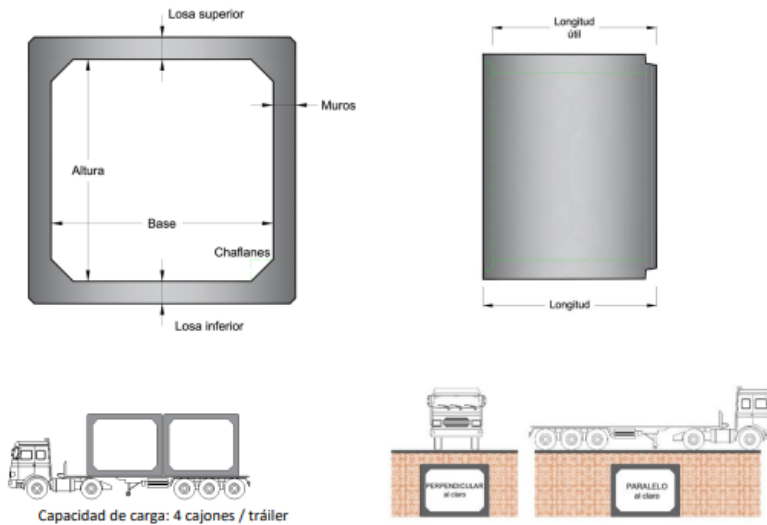
Ficha técnica de cotización de Tubocreto, Cajón 2.00 m x 1.00 m



T. 800 212 9442
ventas@tubocreto.com

Ficha técnica

Cajón prefabricado de concreto reforzado
2.00 m de base interior x 1.00 m de altura interior



Capacidad de carga: 4 cajones / tráiler

Base (cm)	200 (-2.00/+2.00)	Carga viva	Cooper E80
Altura (cm)	100 (-1.00/+1.00)	Sentido del tráfico	Paralelo al claro
Losa superior (cm)	25 (-1.25/+1.25)	Profundidad de relleno (m)	De 0.80 a 3.60
Losa inferior (cm)	25 (-1.25/+1.25)	Concreto (kg/cm ²)	350
Muros (cm)	25 (-1.25/+1.25)	Acero de refuerzo (kg/cm ²)	6,000
Chañanes (cm)	11 o 15	Recub. sobre el acero (cm)	5.0
Longitud (cm)	180 (-1.80/+1.80)	Plantilla de concreto simple de 10 cm o superior	
Longitud útil (cm)	175 (-1.75/+1.75)	Para suelos con capacidad de carga $\geq 30 \text{ ton/m}^2$	
Peso aprox. (ton)	7.70	Relleno tipo base compactado al 95% Proctor	
Norma	NMX-C-499-ONNCCE-2015		
Especificación diseño	AREMA (2017)		

03 julio 2025 Rev. 00

Planta Bajío
Lagos de Moreno, Jalisco

Planta Centro
Yautepec, Morelos

Planta Sureste
Teapa, Tabasco

Nota. Ficha técnica elaborada por la empresa Tubocreto y proporcionada a Grupo Plarcia, presentada con fines académicos.

Figura 23

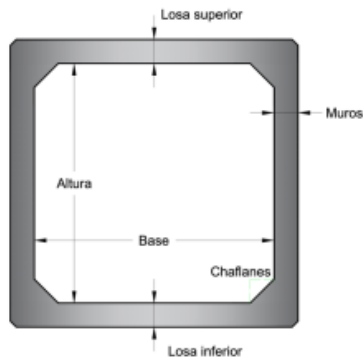
Ficha técnica de cotización de Tubocreto, Cajón 3.00 m x 1.50 m



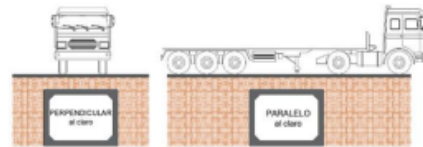
T. 800 212 9442
ventas@tubocreto.com

Ficha técnica

Cajón prefabricado de concreto reforzado
3.00 m de base interior x 1.50 m de altura interior



Capacidad de carga: 2 cajones / tráiler



Base (cm)	300 (-3.00/+3.00)	Carga viva	Cooper E80
Altura (cm)	150 (-1.50/+1.50)	Sentido del tráfico	Paralelo al claro
Losa superior (cm)	35 (-1.75/+1.75)	Profundidad de relleno (m)	De 0.80 a 3.60
Losa inferior (cm)	35 (-1.75/+1.75)	Concreto (kg/cm ²)	350
Muros (cm)	25 (-1.25/+1.25)	Acero de refuerzo (kg/cm ²)	6,000
Chañanes (cm)	11 o 15	Recub. sobre el acero (cm)	5.0
Longitud (cm)	180 (-1.80/+1.80)	Plantilla de concreto simple de 10 cm o superior	
Longitud útil (cm)	175 (-1.75/+1.75)	Para suelos con capacidad de carga ≥ 30 ton/m ²	
Peso aprox. (ton)	13.70	Relleno tipo base compactado al 95% Proctor	
Norma	NMX-C-499-ONNCCE-2015		
Especificación diseño	AREMA (2017)		

03 julio 2025 Rev. 01

Planta Bajío
Lagos de Moreno, Jalisco

Planta Centro
Yautepec, Morelos

Planta Sureste
Teapa, Tabasco

Nota. Ficha técnica elaborada por la empresa Tubocreto y proporcionada a Grupo Plarcia, presentada con fines académicos.

Figura 24

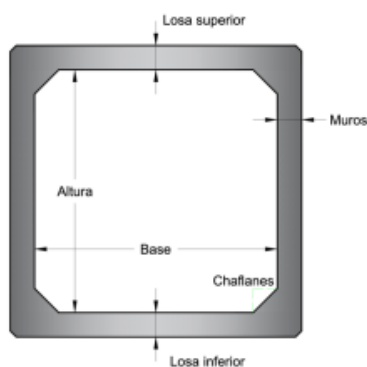
Ficha técnica de cotización de Tubocreto, Cajón 3.00 m x 2.00 m



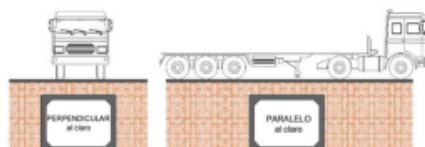
T. 800 212 9442
ventas@tubocreto.com

Ficha técnica

Cajón prefabricado de concreto reforzado
3.00 m de base interior x 2.00 m de altura interior



Capacidad de carga: 2 cajones / tráiler



Base (cm)	300 (-3.00/+3.00)	Carga viva	Cooper E80
Altura (cm)	200 (-2.00/+2.00)	Sentido del tráfico	Paralelo al claro
Losa superior (cm)	35 (-1.75/+1.75)	Profundidad de relleno (m)	De 0.80 a 3.60
Losa inferior (cm)	35 (-1.75/+1.75)	Concreto (kg/cm ²)	350
Muros (cm)	25 (-1.25/+1.25)	Acero de refuerzo (kg/cm ²)	6,000
Chañanes (cm)	20	Recub. sobre el acero (cm)	5.0
Longitud (cm)	185 (-1.85/+1.85)	Plantilla de concreto simple de 10 cm o superior	
Longitud útil (cm)	175 (-1.75/+1.75)	Para suelos con capacidad de carga ≥ 30 ton/m ²	
Peso aprox. (ton)	14.90	Relleno tipo base compactado al 95% Proctor	
Norma	NMX-C-499-ONNCCE-2015		
Especificación diseño	AREMA (2017)		

03 julio 2025 Rev. 01

Planta Bajío
Lagos de Moreno, Jalisco

Planta Centro
Yautepec, Morelos

Planta Sureste
Teapa, Tabasco

Nota. Ficha técnica elaborada por la empresa Tubocreto y proporcionada a Grupo Plarcia, presentada con fines académicos.

Adicional a este proceso, normalmente se realizan cuadros comparativos entre los diferentes proveedores, en los cuales se presentan diferentes datos obtenidos de las cotizaciones para observar rápidamente las diferencias. Estos cuadros comparativos presentan datos como:

- El número de concepto.
- La descripción del concepto cotizado a comparar.
- La cantidad necesaria del proyecto.
- La unidad en la que se mide el concepto.
- El precio del concepto de cada cotizante y el importe tomando en cuenta la cantidad.
- Subtotal.
- Total, con IVA incluido.

Adicionalmente a esta información presentada en el cuadro comparativo, estos documentos cuentan con datos adicionales importantes como lo son el número de la cotización, el tipo de pago, el tiempo de entrega, la última fecha de actualización de la cotización, un número de contacto, un enlace directo a la cotización.

Estos documentos presentan una suma importancia en este procedimiento ya que sirven tanto para cuando se va a planear como para cuando se va a realizar la compra. Para el caso de este proyecto, no se me requirió crear una tabla comparativa ya que para las ODT se había trabajado previamente con el fabricante y estaban seguros de que la alternativa era ellos.

En la Figura 25 se presenta un ejemplo de un cuadro comparativo de la cotización de otro proyecto.

Figura 25

Cuadro comparativo de cotizaciones presentada como ejemplo

PARTIDA	DESCRIPCION DEL CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	HESTIA MIA CONSTRUCTORA Y MATERIALES SA DE CV		FRENTUBO Y CONSTRUCCIONES SA S		FIBREMEX	
				PRECIO	IMPORTE	PRECIO	IMPORTE	PRECIO	IMPORTE
1	Tritubo PAD liso color verde sin cinta sin conductor 40 x 34 mm prelubricado interior para fibra óptica. Rollo flejadas en 500.	322,802.00	METROS LINEALES	\$ 3.16	\$ 1,020,054.32	\$ 2.88	\$ 929,609.76	\$ 3.51	\$ 1,133,035.02
2	Ducto PAD liso color negro con cinta sin conductor 1 1/4" RD 11.	11,845.00	METROS LINEALES	\$ 1.56	\$ 18,478.20	\$ 1.08	\$ 12,792.60	\$ 1.82	\$ 21,534.21
Subtotal en Dolares				Subtotal	\$ 1,038,532.52	Subtotal en Dolares	\$ 942,462.36	Subtotal en Dolares	\$ 1,154,569.23
IVA				IVA	\$ 166,165.20	IVA	\$ 150,793.98	IVA	\$ 184,791.08
Total en Dolares				Total	\$ 1,204,697.72	Total en Dolares	\$ 1,093,256.34	Total en Dolares	\$ 1,339,300.31

Subtotal en Pesos	\$ 22,328,449.18	Subtotal en Pesos	\$ 20,262,940.74	Subtotal en Pesos	\$ 24,823,238.45
IVA	\$ 3,572,551.87	IVA	\$ 3,242,070.52	IVA	\$ 3,971,718.15
Total en Pesos	\$ 25,901,001.05	Total en Pesos	\$ 23,505,011.26	Total en Pesos	\$ 28,794,956.60

SUMINISTRO Y ENTREGA		SUMINISTRO Y ENTREGA		SUMINISTRO Y ENTREGA	
TIPO PAGO:	50% DE ANTICIPO Y 50% CONTRA AVISO DE ENTREGA	TIPO PAGO:	100% DE ANTICIPO	TIPO PAGO:	PAGO INMEDIATO
TIEMPO ENTREGA:	22 DÍAS POR CONFIRMAR A PARTIR DEL ANTICIPO	TIEMPO ENTREGA:	90 DÍAS APARTIR DEL ANTICIPO	TIEMPO ENTREGA:	El tiempo de embarque para el resto será de 25 kms de tritubo semanales, 10 días después de confirmada la orden de compra. Se requerirá de un 40% de anticipo y el pago total de la diferencia por adelantado para cada liberación de embarque.
NOTAS ADICIONALES	NO SE INCLUYEN MANIOBRAS DE DESCARGA	NOTAS ADICIONALES	NO SE INCLUYEN MANIOBRAS DE DESCARGA. L.A.B. ITSMO DE T. PHILANTOPIC. EXISTE UNA INCONGRUENCIA EN LA COTIZACIÓN DONDE EN LAS CONDICIONES SE PIDE 50% DE ANTICIPO Y 50% CONTRA AVISO DE ENTREGA PERO EN LAS CONDICIONES DE PAGO SE PIDE 100% DE ANTICIPO.	NOTAS ADICIONALES	El tiempo de embarque para el resto será de 25 kms de tritubo semanales, 10 días después de confirmada la orden de compra. Se requerirá de un 40% de anticipo y el pago total de la diferencia por adelantado para cada liberación de embarque.
FECHA DE ACTUALIZACIÓN	2023	FECHA DE ACTUALIZACIÓN	2023	FECHA DE ACTUALIZACIÓN	15/07/2024

Nota. Elaboración propia.

4.1.5. CUANTIFICACIÓN DE CAMINOS PARALELOS PARA SU REUBICACIÓN

Debido a que el proyecto del tren incluía la ampliación del derecho de vía existente para alojar una vía doble adicional a la ya existente, pues en la vía doble existente transitarán los trenes de carga y en la vía doble nueva los trenes de pasajeros.

La ingeniería básica brindó un documento con una tabla en la que se enlistaban los caminos a reubicar con sus dimensiones, características y cualquier observación necesaria, de la cual mi trabajo fue verificar cada uno de estos caminos. La metodología para esto fue revisar los datos de la tabla contra el trazo de la vía propuesto montado sobre un sistema de información geográfica, a través de un recorrido virtual con apoyo de recorrido en tierra. Se detectó que la tabla presentaba diversos errores, por lo que se determinó realizar una tabla corregida con las dimensiones y especificaciones correctas.

En la Tabla 14 se presenta la tabla corregida con los siguientes datos:

- Cadenamiento en el cual empieza el camino a reubicar.
- Coordenadas geográficas en X y Y de la ubicación del camino.
- El tipo de camino que se presenta.
- El tipo de material del cual está formado el camino.
- Número de las fotos para ubicación en el reporte fotográfico.
- Longitud del camino en metros.
- Ancho del camino en metros.
- Área total del camino en metros cuadrados.
- Observaciones adicionales.

Tabla 14

Tabla modificada de los caminos a reubicar

km	X	Y	ELEM.	MAT.	No. Foto	L[m]	A[m]	Area(m2)	OBSERVACIONES
6+134	347,301.76	2,278,479.98	CM	T	205-208	200	5	1,000.00	CAMINO PARALELO RESTITUIR
6+651	346,788.39	2,278,410.99	CM	T	361-364	350	4	1,400.00	CAMINO PARALELO QUE NO DA ACCESO A NADA (SUSTITUIR POR OTRO CAMINO DE TERRACERIA NUEVO)
7+566	345,893.85	2,278,220.49	CM	T	225-228	915	3	2,745.00	CAMINO PARALELO QUE NO DA ACCESO A NADA (SUSTITUIR POR OTRO CAMINO DE TERRACERIA NUEVO)
9+315	344,176.33	2,277,885.24	C.T	T	57-60	200	3.5	700.00	SUSTITUCION DE CAMINO DE TERRACERIA
9+467	344,027.13	2,277,869.26	C.T	T	249-252	-	3.5	-	AREA INCLUIDA EN EL ANTERIOR
11+095	342,434.78	2,277,516.94	CAR	NA	277-280	-	7	-	NO EXISTEN ESTE CADENAMIENTO
11+789	341,797.32	2,277,262.81	CA	-	241-244	-	-	-	NO EXISTEN ESTE CADENAMIENTO
11+799	341,787.19	2,277,261.25	CAR	NA	281-284	-	7	-	NO EXISTEN ESTE CADENAMIENTO
12+130	341,462.55	2,277,172.72	C.T	T	229-232	240	4.5	1,080.00	
12+375	341,242.51	2,277,065.17	C.T	T	161-164	245	3.5	857.50	
12+926	340,783.15	2,276,748.33	CM	T	105-108	505	8	4,040.00	
13+431	340,322.18	2,276,540.43	CM	T	121-124	134	6	804.00	
13+565	340,161.92	2,276,567.49	C.T	T	361-364	120	3.5	420.00	
13+920	339,879.02	2,276,333.04	CM	NA	137-140	-	6	-	NO EXISTE
14+409	339,438.42	2,276,120.88	CM	NA	-	-	6	-	NO EXISTE
14+944	338,954.50	2,275,894.41	CM	NA	181-184	-	7	-	NO EXISTE
16+212	337,794.54	2,275,383.35	CM	NA	105-108	-	-	-	NO EXISTE
16+268	337,748.77	2,275,350.90	CM	AS	145-148	-	10	-	NO EXISTE
16+360	337,678.56	2,275,291.57	CM	NA	199-196	-	7	-	NO EXISTE
16+461	337,593.20	2,275,240.02	CM	NA	225-228	-	8	-	NO EXISTE
7+300-17+720			CM	T		420	4.5	1,890.00	
18+092	336,101.84	2,274,571.93	CM	TERR	157-160	125	3.5	437.50	
19+115	335,157.88	2,274,193.35	CM	TERR	1-4	610	4	2,440.00	
20+019	334,286.14	2,273,954.94	CM	T	117-120	-	-	-	NO QUEDA DENTRO DEL DERECHO DE VIA AFECTAR
20+154	334,161.63	2,273,900.03	CM	T	117-120	400	4.5	1,800.00	
20+717	333,603.17	2,273,893.39	C.T	T	5-8	-	-	-	AREA INCLUIDA EN EL ANTERIOR
21+565	332,767.40	2,273,986.31	C.T	T	21-24	35	5	-	PASO A DESNIVEL
21+894	332,443.25	2,274,042.08	C.T	T	33-36	35	4	-	PASO A DESNIVEL
23+164	331,191.58	2,274,192.74	CM	TERR	49-52	400	4.5	1,800.00	
23+170			CM	TERR		175	4	700.00	
24+907	329,581.66	2,273,875.45	CM	TERR	65-68	35	3	-	PASO A DESNIVEL
25+979	328,443.54	2,273,602.03	CM	TERR	78-81	35	5	-	PASO A DESNIVEL
27+200			CM	T		75	4.5	337.50	
27+742	326,811.75	2,272,973.21	CM	TERR	124-127	-	-	-	CAMINO NO AFECTADO
27+941	326,645.97	2,272,963.30	CM	TERR	132-135	-	-	-	CAMINO NO AFECTADO
29+275			CM	T		220	5	1,100.00	
29+280	325,502.27	2,272,179.60	CAR	NA	25-28	-	6	-	PASO A DESNIVEL
29+285			CM	T		120	5.5	660.00	
29+282	325,498.52	2,272,190.27	CM	AS	156-159	70	7	-	PASO A DESNIVEL
30+038	324,744.08	2,272,209.31	CAR	EMPEDRADO	649-652	75	3.5	262.50	
30+244	324,537.71	2,272,190.40	CAR	EMPEDRADO	241-244	435	4	1,740.00	
ACCESO			CM	AS		1100	7	7,700.00	ACCESO NUEVO A COLONIA E INSTITUTO
30+501	324,281.11	2,272,226.26	CAR	NA	745-748	-	-	-	NO EXISTE
30+694	324,087.78	2,272,218.63	CAR	NA	829-832	-	7	-	PASO A DESNIVEL
30+699	324,082.58	2,272,199.64	CM	TERR	341-344	-	-	-	PASO A DESNIVEL
30+974	323,807.22	2,272,206.25	CAR	NA	389-392	-	-	-	PASO A DESNIVEL
31+153	323,628.98	2,272,205.00	C.T	T	481-484	410	6	2,460.00	
31+325	323,457.05	2,272,209.66	C.T	T	1001-1004	-	-	-	AREA INCLUIDA EN EL ANTERIOR
31+474	323,308.30	2,272,236.44	CAR	NA	865-868	-	12	-	PASO A DESNIVEL
31+523	323,259.52	2,272,239.17	CAR	NA	881-884	-	4	-	
34+683	320,114.99	2,271,941.92	CM	T	1-4	70	4	280.00	
34+709	320,089.69	2,271,919.52	C.T	T	67-70	70	4	280.00	
34+843	319,955.17	2,271,981.91	C.T	T	75-78	70	3.5	245.00	
35+119	319,678.21	2,271,985.50	C.T	T	79-82	70	4	280.00	
35+135	319,662.92	2,271,989.54	CM	NA	83-86	70	3	210.00	
35+602	318,197.43	2,271,966.51	CM	NA	95-98	70	3	210.00	
35+928	318,872.53	2,271,963.32	CAR	NA	33-36	-	0.6	-	
35+946	318,855.10	2,271,952.77	CM	TERR	221-224	-	4	-	
35+956	318,843.67	2,271,976.25	CAR	NA	45-48	-	0.6	-	

Nota. Elaboración propia a partir de la verificación y corrección de datos proporcionados por la ingeniería básica del proyecto.

Con estas correcciones se cuantificó un área de 37,879 metros cuadrados de caminos de diferentes materiales. En la Tabla 15 se muestra una tabla resumen de la distribución de caminos por su tipo de material.

Tabla 15

Tabla resumen del material de los caminos a reubicar

RESUMEN	
MATERIAL	AREA (M2)
TERRACERIA	28,176.50
ASFALTO	7,700.00
EMPEDRADO	2,002.50

Nota. Elaboración propia.

Adicionalmente, se creó un reporte que fue enviado a la ingeniería interna para que estos pudieran darle valor a esa partida. Se presenta este reporte en el Anexo B.

4.2. AUTOPISTA “ENTRONQUE 75 D – MATEHUALA”

El proyecto contempla el diseño, construcción, operación, conservación, mantenimiento y explotación de una autopista en San Luis Potosí entre las poblaciones de Peyote y Matehuala. Este proyecto está a cargo de CONSORCIO CONSTRUCTOR TMEC, S. de R.L. de C.V.

La autopista tiene una longitud de 108.4 KM; es tipo A4 con una sección de 23 metros y se divide en cinco subtramos que fueron licitados independientemente; el tramo que corresponde a este trabajo es el subtramo 4 del KM 85+000 al KM 116+500, que a su vez se dividió en 6 subtramos.

Grupo Plarciac participó en esta obra con la planeación para posteriormente ejecutar las terracerías de un tramo de 5 km con una plaza de cobro, denominado subtramo 6 abarcando del KM 110+000 al 116+500, donde la plaza de cobro va del 112+338 y un paso inferior vehicular (PIV) ubicado en el cadenamiento 115+100

4.2.1. PLANEACIÓN DE OBRA

Antes de iniciar la ejecución de las obras, es importante que, una vez que se ha obtenido la asignación de estas, se planifiquen las distintas actividades a desarrollar para llevar a buen término en tiempo y costo el proyecto. Los recursos que componen una obra (humanos, materiales, maquinaria y financieros) deben organizarse y coordinarse para estar preparados como empresa para ejecutar un proyecto. Las principales herramientas que se utilizan para esto son diagramas de Gantt o redes de

ruta crítica, a través de programas como Project o el programa del paquete de precios unitarios que maneje la empresa.

Algunos componentes clave para una buena planeación de obra son:

- Tener dividido el proyecto en actividades que tengan tareas específicas y por frentes de trabajo
- Contar con un programa de tiempo para la ejecución del proyecto
- Elaborar el presupuesto a costo directo de los trabajos a ejecutar y desglosarlo de la manera más cercana a como se va a ejercer
- Elaborar el presupuesto del costo indirecto de campo necesario para la dirección y supervisión de trabajos
- Planificar el uso de los recursos teniendo en cuenta los rendimientos esperados
- Anticipar inconvenientes que nos ocasionen costos extraordinarios, como son clima, terreno, problemáticas sociales y de logística, para definir planes de contingencia

Mi participación en la planeación de este proyecto se basó en apoyar a la Dirección de Construcción en el desarrollo de las siguientes actividades por parte del Departamento de Planeación.

4.2.2. REVISIÓN DE RENDIMIENTOS DE MAQUINARIA

Las terracerías de este proyecto contemplan ejecutar las siguientes actividades

- Desmante
- Despalme
- Excavaciones en cortes
- Formación y bandeo de terraplenes con material no compactable
- Formación de terraplenes con material de banco o material producto de excavación
- Formación y compactación de subyacente
- Formación y compactación de subrasante
- Arrope de taludes

Mi trabajo en esta actividad consistió en revisar los rendimientos que se utilizaron en la elaboración de los precios unitarios para integrar el presupuesto para los conceptos antes descritos, por lo cual realicé la Tabla 16 con lo recibido.

Tabla 16

Tabla de tipo de maquinaria con su rendimiento para las actividades a realizar

ACTIVIDAD	Equipos propuestos según programa de costos	Unidad	Rendimiento por hora
Desmante, cualquiera que sea su tipo y características en carreteras, sin trasplante de especies vegetales; incluye acarreo, por unidad de obra terminada.	Tractor CAT D8T	Ha	0.3
Despalme, el material producto del despalme se utilizará para el recubrimiento de los taludes en terraplenes o se desperdiciará, incluye carga a unidades de transporte, retiro a Banco de Desperdicio, por unidad de obra terminada.	Tractor CAT D8T	m3	85
Excavación de cortes, de cajas si fueran necesarias y adicionales, escalones de liga, cualquiera que sea su clasificación en terreno natural, el material producto del corte se aprovecha o se desperdicia, P.U.O.T.	Excavadora CAT336D	m3	60
Formación y Bandeado de terraplenes adicionales con sus cuñas de sobreebanco, contruidos con material NO COMPACTABLE procedente de CORTE, incluye: carga a unidades de transporte, acarreo al lugar de utilización, compactación de terreno natural al 90% y compactación de cama de cortes al 95%, separación de sobretamaños, formación de escalones de liga, por unidad de obra terminada.	Tractor CAT D8T	m3	100
Formación y compactación de capa SUBRASANTE compactado al 100% de su PVSM, adicionados con sus cuñas de sobreebanco, contruidos con material procedente de préstamos de banco, utilizando material compactable. Incluye: carga a unidades de transporte, acarreo a al lugar de utilización, compactación del terreno natural en el área de desplante de la subrasante formación y compactación de escalones de liga. P.U.O.T.	MOTOCONFORMADORA CAT 140 H	m3	60
	VIBROCOMPACTADOR HAMM	m3	60
	PIPA 20,000 LTS	m3	13.49

	EXCAVADORA CAT 336D	m3	40
Formación y compactación de capa SUBYACENTE compactado al 95% de su PVSM, adicionados con sus cuñas de sobreancho, construidos con material procedente de préstamos de banco, utilizando material compactable. Incluye: carga a unidades de transporte, acarreo al lugar de utilización, compactación del terreno natural en el área de desplante de la subyacente, formación y compactación de escalones de liga, P.U.O.T.	MOTOCONFORMADORA CAT 140 H	m3	60
	VIBROCOMPACTADOR HAMM	m3	50
	PIPA 20,000 LTS	m3	13.49
	EXCAVADORA CAT 336D	m3	60
Formación y compactación de terraplenes adicionados con sus cuñas de sobreancho, construidos con material procedente de préstamos de BANCO, para noventa y cinco por ciento (95%) en capa de terraplén utilizando material compactable. Incluye: compactación del terreno natural al 90% y compactación de cama de cortes al 95%, acarreo, cuña de sobreancho y cuña de afinamiento en capa de terraplén, formación y compactación de escalones de liga, carga a unidades de transporte y acarreo al lugar de utilización, P.U.O.T.	TRACTOCOMPACTADOR CAT 815	m3	150
	MOTOCONFORMADORA CAT 140 H	m3	150
	VIBROCOMPACTADOR HAMM	m3	150
	PIPA 20,000 LTS	m3	13.49
	EXCAVADORA CAT 336D	m3	60
Formación y compactación de Terraplenes adicionados con sus cuñas de sobreancho, para noventa y cinco por ciento (95%) utilizando material compactable producto de CORTE, incluye: compactación del terreno natural al 90% y compactación de cama de cortes al 95%, acarreo, cuña de sobreancho y cuña de afinamiento en capa de terraplén, formación y compactación de escalones de liga, carga a unidades de transporte y acarreo al lugar de utilización, P.U.O.T.	TRACTOCOMPACTADOR CAT 815	m3	150
	MOTOCONFORMADORA CAT 140 H	m3	70
	VIBROCOMPACTADOR HAMM	m3	150
	PIPA 20,000 LTS	m3	13.49
Arrope del talud con material producto del despalme, incluye: todo lo necesario para su correcta ejecución.	EXCAVADORA CAT 336D	m3	100

Nota. Elaboración propia a partir de los precios unitarios.

Desmante

En el desmante se revisó el rendimiento del tractor CAT D8T; este concepto depende del tipo de vegetación y su densidad, así como de la altura de esta; esto va a determinar la velocidad de avance del tractor y la forma de ataque de este. Para este caso, el resultado de la inspección de campo determinó que se trata de una zona de vegetación semiárida con arbustos y matorrales de 1 a 2 metros de altura en promedio; es aislada, pero es el tipo de vegetación predominante. Solamente en un 8% del área total a desmontar se encuentran árboles (mezquites) con alturas de 2 a 4 metros, así como también algunas cactáceas. Por lo cual se considera un volumen de materia vegetal a extraer de alrededor de 300 metros cúbicos en cada hectárea.

Figura 26

Vegetación semidesértica de la obra autopista “Entronque 75 D – Matehuala”



Nota. Fotografía proporcionada por el departamento de Planeación de Grupo Plarcia.

Con esta información y usando el Manual de Rendimientos de Caterpillar, se utilizó la fórmula siguiente para determinar el rendimiento:

$$\frac{\text{Ancho de corte (m)} \times \text{velocidad (km/h)}}{10} = \text{ha/h}$$

Donde el ancho del corte es igual al ancho de la cuchilla, que para el caso del tractor a utilizar es de 3.93 metros. Se utilizó una velocidad de operación de 4 km/h, la usual para este tipo de trabajos. Finalmente se aplicó un factor de eficiencia de trabajo y operación del 80% por hora.

Con esto se determinó un rendimiento real de 1.26 ha/h. Al comparar el resultado con el rendimiento propuesto en la licitación, se observa una gran diferencia, ya que al armar el precio no se contaba con información tan precisa sobre el tipo y la densidad de vegetación, por lo que se utilizó un rendimiento conservador.

Despalme

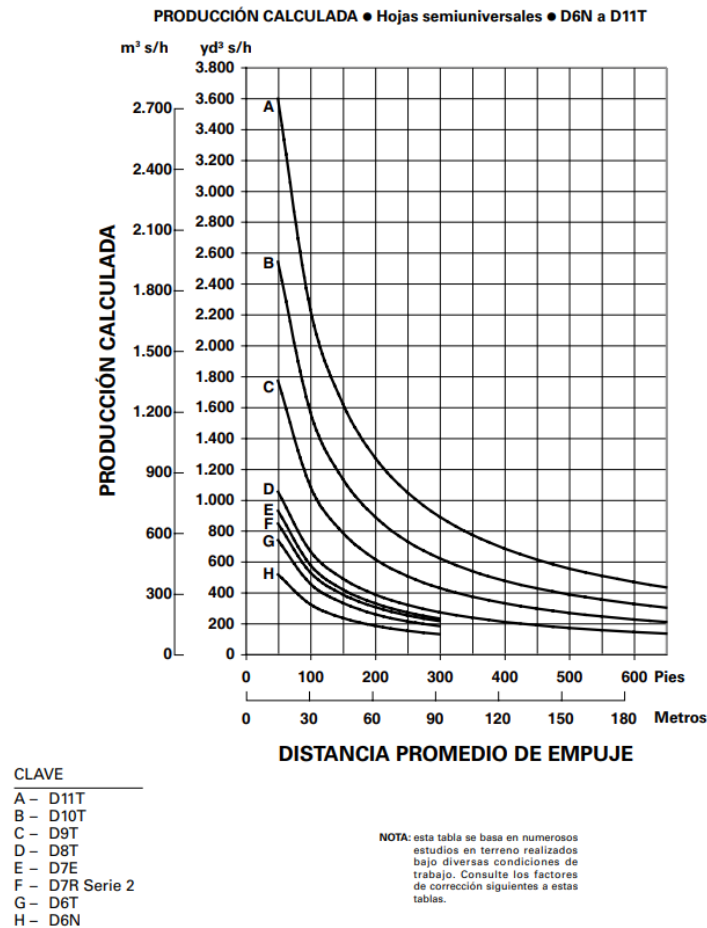
El despalme fue considerado para ejecutarse de igual manera con un tractor CAT D8T; para esta actividad se revisó el rendimiento frente al obtenido mediante las tablas y gráficos del fabricante, propuestos en el manual de rendimientos de CAT. Es importante al utilizar estas tablas tener en cuenta todos los factores que afectan el rendimiento, como es el peso volumétrico del material, pues a mayor peso se puede mover menor volumen ya que la potencia de la máquina tiene una capacidad de empuje y corte, la habilidad del operador para ejecutar el trabajo, el tipo de material para saber que tan difícil es de cortarse, a mayor dureza del material el tractor necesitará más tiempo para aflojar el material, disminuyendo su productividad, la eficiencia del trabajo la cual considera el tiempo efectivo trabajado por hora, ya que la operación depende de un factor humano y por lo tanto no es continuo durante toda la jornada y el efecto de la pendiente a favor o en contra en la línea de trabajo, normalmente mientras es posible se trabaja con pendiente a favor para mejorar el rendimiento, sin embargo a veces no es posible y se tiene que trabajar contra pendiente resultando en un decremento de la producción, todos estos factores fueron los que consideré para este caso en revisión.

Las condiciones climáticas pueden afectar la visibilidad del operador o hacer que el material que se está cortando o empujando cambie sus propiedades y afecte su manejabilidad, y el tipo de hoja

topadora, ya que existen diferentes tipos y algunas están hechas para trabajos específicos, y en este tipo de trabajos comunes pueden disminuir el rendimiento. Para el cálculo de nuestro rendimiento no se usó el efecto del ripper, ya que el material a cortar para el despalme es tipo A por ser la capa vegetal.

Como se mencionó previamente, se utilizaron las tablas y gráficas del manual para la obtención del rendimiento. El proceso consistió en lo siguiente: Primero se determinó el rendimiento máximo a partir del modelo de tractor a utilizar, haciendo uso de la siguiente gráfica de producción en metros cúbicos sueltos por hora contra la distancia promedio de empuje con tractor D8T con hoja semiuniversal:

Figura 27
Gráfico de rendimientos por distancia promedio de empuje de un tractor CAT



Nota. Tomado de Caterpillar Performance Handbook (42nd ed., p. 1-53), por Caterpillar Inc., 2012 (versión en español).

Con esta gráfica se determinó un rendimiento máximo de 550 metros cúbicos sueltos para un empuje de 30 metros. Este rendimiento se corrigió contra las condiciones previamente mencionadas, las cuales tienen un factor asociado que se presenta en la siguiente tabla del manual:

Tabla 17

Factores de corrección de rendimiento según las condiciones de trabajo para tractores de cadena

OPERADOR	
<i>Excelente</i>	1.00
<i>De fragmentación mediana</i>	0.75
<i>Mal fragmentada</i>	0.60
MATERIAL	
<i>Suelto y amontonado</i>	1.20
<i>Difícil de cortar; congelado — con cilindro de inclinación</i>	0.80
<i>sin cilindro de inclinación</i>	0.70
<i>Difícil de acarrear; material seco, no cohesivo o material muy pegajoso</i>	0.80
<i>Rocas desgarradas o de voladura</i>	0.60 a 0.80
<i>Corte en zanja</i>	1.20
CON DOS TRACTORES JUNTOS	1.15 a 1.25
VISIBILIDAD	
<i>Polvo, lluvia, nieve, niebla, oscuridad</i>	0.80
EFICIENCIA DEL TRABAJO	
<i>50 min/h</i>	0.83
<i>40 min/h</i>	0.67

Nota. Elaboración propia adaptada de Caterpillar Performance Handbook (42nd ed., p. 1-56), por Caterpillar Inc., 2012 (versión en español).

Para este caso se utilizó un peso volumétrico del material de 1,451 kg/m³, un operador promedio (0.75), una eficiencia del trabajo del 70%, un factor por tipo de material de 0.8 ya que para los meses en los que se ejecutará la obra se prevé que las lluvias afecten las propiedades del material a empujar, al igual que un factor de 0.90 por la pendiente ya que tiene una pendiente negativa del 5%. Esto resultó en un rendimiento de 196 metros cúbicos sueltos por hora, al que se le aplicó un último factor de abundamiento de 1.30 para convertirlo a volumen compacto, obteniéndose un rendimiento de 150 metros cúbicos compactos por hora.

Excavaciones en cortes

En la excavación en cortes se revisó el rendimiento con una excavadora CAT336D, para determinar el rendimiento es necesario medir el tiempo total del ciclo, el cual para este caso consiste en la suma de los tiempos que tarda en excavar y cargar con el cucharón el material, giro de la máquina con la carga, descarga del material en los vehículos de transporte y giro de la máquina sin la carga, para reiniciar el ciclo de nuevo. Los factores que afectan el rendimiento son: el tipo de suelo a excavar, ya que dependiendo de la dureza de este tomará más o menos tiempo el cargar y aflojar el material, el tamaño del cucharón, lo cual permitirá la carga de más material por ciclo, el factor de llenado, el cual indica qué tan sobrecargado puede estar el cucharón dependiendo del material, y finalmente el factor de eficiencia de tiempo trabajado.

Figura 28

Excavadora CAT 336D realizando corte



Nota. Fotografía proporcionada por el departamento de Residencia de Obra de Grupo Plarcia.

Para la revisión del rendimiento utilicé la información de la maquinaria a utilizar en el manual de rendimientos CAT, el cual indica una capacidad del cucharón de 2.15 metros cúbicos, un factor de llenado de 0.9 ya que se determinó que el material a cargar será tepetate y finalmente se hizo un análisis para determinar el tiempo total de ciclo, en el cual se tomó en cuenta que la maquinaria realizará un giro de 180° para cargar y descargar el material, resultando en un tiempo total de un ciclo de 0.48 min o bien de 29 segundos.

Con el tiempo total de un ciclo, determiné el número de ciclos que se realizan en una hora, obteniendo un total de 125 ciclos. El número de ciclos por hora multiplicado por la capacidad del cucharón y por el factor de llenado me dio los metros cúbicos sueltos por hora, a lo que se le aplicó un factor de eficiencia de trabajo del 80% y un factor de abundamiento de 1.3 para convertirlo a material compacto, obteniendo con esto un rendimiento de 149 metros cúbicos compactos por hora efectiva.

Comparando con el rendimiento brindado por el departamento de concursos, se observa que el rendimiento obtenido por ellos es muy conservador; la causa puede ser no haber analizado detalladamente la información geotécnica del tipo de material a excavar. Al analizar a detalle, resulta que el material a excavar es material tipo B.

Formación y bandeo de terraplenes con material no compactable

Este trabajo fue considerado para ejecutarse con un tractor CAT D8T, por lo que se consideró el rendimiento obtenido en el despalde con esa maquinaria para la obtención de este rendimiento. En este caso, ya que el trabajo a realizar en esta actividad requiere menos dificultad que el del despalde, se le aplicó un factor adicional de 1.2, dando como resultado 181 metros cúbicos compactos por hora. La justificación para aplicar este factor que incrementa el rendimiento del despalde es que la formación y el bandeo de terraplenes con material no compactable implican extender empujando montones de material descargados por los vehículos de transporte, es decir, material suelto, para, una vez extendido este material, pasar el tractor sobre la capa formada, a manera de compactador, para conseguir el acomodo del material. Todo esto resulta en una actividad más sencilla que la del despalde.

Figura 29

Tractor CAT D8T realizando el bandeo de la capa de terraplén de material no compactable en obra



Nota. Fotografía proporcionada por el departamento de Residencia de Obra de Grupo Plarciaac.

Formación de terraplenes con material de banco o material producto de excavación

Para estas actividades, el proceso se determinó usando las siguientes maquinarias: un tractocompactor CAT 815, una motoconformadora CAT 140H, un vibrocompactador Hamm HC160, una pipa de 20,000 litros y para el caso de terraplén procedente de banco se tomó en cuenta una excavadora CAT 336D.

El rendimiento de esta actividad depende del obtenido por el tractocompactor. Para la determinación de este utilicé el manual de rendimientos de CAT, de donde obtuve la fórmula para determinar los metros cúbicos sueltos por hora, la cual se presenta a continuación:

$$m^3_{compactos} = \frac{A * V * C}{P}$$

Donde:

A = Ancho en m de compactación por pasada. (Con los compactadores Cat se recomienda que el valor de A sea el doble del ancho de una rueda).

V = Promedio de velocidad en km/h.

C = Espesor en milímetros de la capa apisonada.

P = Número de pasadas de la máquina para obtener la compactación especificada (sólo puede determinarse probando en la obra la densidad del material compactado en la obra).

El número de pasadas para conseguir la compactación de la capa, como podemos observar, es inversamente proporcional a la producción; esto hace que este dato sea muy importante, aunque el manual marca el número de pasadas a utilizar según el modelo del equipo, la fórmula misma señala que es importante hacer un tramo de prueba en campo para determinar el número real de pasadas. El ancho utilizado es el ancho de un tambor (rueda) del tractocompactor, multiplicado por dos; en este caso, 0.991 metros multiplicado por 2 es igual a 1.982 metros.

Para sacar el rendimiento se multiplica el ancho en metros por la velocidad promedio en km/h, en este caso 3.5 km/h, por el espesor de la capa en milímetros, 200 milímetros para el caso, todo esto dividido entre el número de pasadas, 6 obtenidas del manual, resultando un total de 231.23 metros cúbicos compactos por hora, el cual afectaremos por un factor de eficiencia de trabajo del 80%, obteniendo 185 metros cúbicos por hora.

Figura 30

Tractocompactor CAT 815 realizando trabajos de formación y compactación de terraplenes



Nota. Fotografía proporcionada por el departamento de Residencia de Obra de Grupo Plarciaac.

Formación y compactación de subyacente y de subrasante

Para el caso de estas dos actividades se tomaron en cuenta las mismas maquinarias realizando los mismos trabajos, por lo cual los rendimientos calculados son los mismos. Para ambos casos se

consideraron las siguientes maquinarias: una motoconformadora CAT 140H, un vibrocompactador Hamm HC160, una pipa de 20,000 litros y una excavadora CAT 336D.

Para el rendimiento de la motoconformadora partí de revisar el rendimiento por hora propuesto en el paquete de precios unitarios, el cual es de 60 metros cúbicos por hora, cuadrándolo a algo práctico que son la cantidad de viajes a tender en una jornada, se propuso 45 viajes de 14 metros cúbicos, que es igual a 630 metros cúbicos sueltos y al aplicarle el factor de abundamiento resulta en 485 metros cúbicos compactos, para ese volumen se propuso un ancho y un espesor de capa para extenderlos, el espesor igual a 20 cm y el ancho igual a 7 metros, dividiendo 485 m³ entre estas dos cantidades, resulta en una longitud de 346.15 , que correspondería a la longitud del tramo a extender.

Con esta información necesitamos conocer el tiempo que nos tomará ejecutar las siguientes actividades: mezclado y homogenizado de material, la cual consiste en formar un camellón con el material y moverlo a lo ancho del tramo varias veces mientras se le incorpora agua, para conseguir que tenga la humedad óptima según el porcentaje de compactación deseado, tendido y armado del tramo de subrasante o subyacente (en esta actividad se trata de dejar el espesor del material lo más cercano a los 20 cm para que la siguiente actividad la nivelación no se dificulte de más), afine y nivelación de la superficie (esta actividad requiere del apoyo de la topografía para colocar los niveles), adicional a estas actividades debemos tomar en cuenta los tiempos de retorno que le tomará a la motoconformadora regresar.

Cada una de estas actividades requiere de una cierta cantidad de pasadas y una velocidad distinta con la que se realiza. Una pasada consiste en realizar la actividad a lo ancho y largo del tramo una vez, de todas las que sean necesarias. Una pasada requiere que la cuchilla cubra todo el ancho del tramo. Para hacer esto posible, necesitamos que dentro de cada pasada la motoconformadora recorra varias veces todo el tramo. Para esto es necesario conocer la longitud efectiva de la cuchilla, la cual depende del ángulo en que se posicione esta con respecto al eje de la carretera. Normalmente, en estas actividades se requiere un ángulo entre 10° y 35°. Para la moto de este análisis el largo de cuchilla es de 3.66 m y la longitud efectiva tomando en cuenta los ángulos previos va de 3.60 a 2.99 metros, a este largo se le debe restar el ancho de superposición que para esta máquina se considera 0.60 metros quedando un ancho disponible de entre 3 y 2.39 metros, dividiendo los 7 metros del ancho del tramo entre el ancho de la cuchilla nos da las veces que tendrá que recorrer la

motoconformadora el tramo para completar una pasada. Para el caso de nuestras tres actividades resulta que se necesitan tres recorridos para completar una pasada. El número de pasadas y la velocidad promedio que se acostumbra para cada actividad se demuestran en la Tabla 18.

Tabla 18

Tabla de promedio de pasadas y velocidad por actividad

Actividad	Pasadas	Velocidad
Mezclado	3 – 5 pasadas	2 – 6 km/h
Tendido	2 – 3 pasadas	3 – 6 km/h
Afine	1 – 2 pasadas	3 – 6 km/h

Nota. Elaboración propia con base en información proporcionada por Grupo Plarciaac.

Para este ejercicio se me recomendó utilizar 4 pasadas para el mezclado, 2 para el tendido y 2 para el afine y las siguientes velocidades: 2 km/h para el mezclado, 3 km/h para el tendido y 3 km/h para el afine. Multiplicando el número de pasadas por los recorridos para cada pasada por la longitud del tramo, obtenemos la distancia total a recorrer para cada actividad. Este último dato, dividido entre la velocidad promedio, nos da el tiempo para cada actividad; a este se le aplica un factor de eficiencia de operación que, para este caso, fue de 0.62, que depende de las condiciones de trabajo, la habilidad del operador y la interrelación de esta actividad con otras (trazado de línea, colocación de niveles, verificación de niveles y revisión de la compactación por el laboratorio) para su correcta ejecución.

Con todo esto, obtenemos 3.35 horas para el mezclado, 1.12 horas para el tendido, 1.12 horas para el afine y se calculó el tiempo de los retornos con una velocidad de 8 km/h, obteniendo un tiempo de 1.67 horas. Todo este tiempo sumado resulta en 7.26 horas, justificando que el rendimiento propuesto se puede efectuar en el turno de 8 horas.

Figura 31

Motoconformadora CAT 140H realizando la nivelación de la capa de subrasante



Nota. Fotografía proporcionada por el departamento de Residencia de Obra de Grupo Plarciaac.

Para el caso de rendimiento del vibrocompactador Hamm HC160, es importante considerar que está condicionado al rendimiento de la motoconformadora, por lo que revisaremos el tiempo que le toma compactar el volumen tendido por la misma.

El trabajo del vibrocompactador para esta actividad consiste en esperar a que la motoconformadora termine de tender o armar la capa de subrasante o subyacente para que se suba a la misma a darle las primeras cerradas sin llevar el material a su máxima compactación. Posteriormente, una vez que la motoconformadora afinó la capa y fue recibida por topografía, el vibrocompactador termina las cerradas hasta alcanzar el nivel de compactación del proyecto. Una cerrada consiste en pasar el rodillo del vibrocompactador a todo lo ancho y largo del tramo. La cantidad de cerradas que requiere un tramo dependerá del tramo de muestra que se realice en campo y confirme que alcanzamos la

compactación deseada. Para este ejercicio se me dio la cantidad de cerradas a considerar según la experiencia de la empresa.

Figura 32

Vibrocompactador Dynapac CA250 realizando la compactación de la capa de subrasante



Nota. Fotografía proporcionada por el departamento de Residencia de Obra de Grupo Plarciaac.

La motoconformadora deberá rendir 485 metros cúbicos por turno, en un tramo de 7 metros de ancho, 346.15 metros de largo y 20 cm de espesor.

Necesitamos ver cuántos recorridos hace la máquina para una cerrada, esto depende del ancho del rodillo, que para la máquina propuesta es de 2.14 metros, a esto le aplicamos un factor por la sobreposición de un recorrido con el siguiente, ese factor será de 0.90, lo cual significa que un 10% del ancho del rodillo lo sobrepondremos obteniendo un ancho efectivo de 1.92 metros, dividiendo el ancho de 7 metros entre el ancho efectivo obtenemos 4 recorridos para dar una cerrada. Las cerradas a considerar en este caso son 8, que al multiplicarlas por los recorridos de cada una dan 32,

que, multiplicado por la longitud del tramo de 346.15 metros, nos arroja un resultado de 11,076 metros como recorrido total para levantar la compactación.

En la Tabla 19 se presentan las cerradas propuestas por la empresa y las velocidades típicas de operación de este equipo.

Tabla 19

Tabla de cerradas promedio y velocidades típicas según la actividad a realizar

Actividad	Cerradas	Velocidad típica
Compactación inicial (alta amplitud)	2	3 – 4 km/h
Compactación intermedia	4	4 – 5 km/h
Sellado / acabado	2	5 – 6 km/h

Nota. Elaboración propia con base en información proporcionada por Grupo Plarcia.

La velocidad promedio que se utilizó para este caso fue de 5 km/h.

El recorrido total, a partir de la velocidad promedio, nos da el tiempo total en horas, que es de 2.22. Como podemos observar, la motoconformadora para esta actividad necesitó 7.26 horas y el vibrocompactador 2.22 horas, pero es importante observar que, de las 8 cerradas, las primeras 6 se ejecutan dentro de las 7.26 horas de la motoconformadora y solamente las dos cerradas finales se realizan después de ese tiempo. Las actividades que se realizan en paralelo en una y otra máquina se realizan porque se trata de un tren de trabajo compuesto por una motoconformadora, un vibrocompactador y las pipas necesarias.

Para los rendimientos de las pipas de 20,000 litros se determinaron las distancias promedio de una pipa desde el banco de agua hasta el lugar de descarga, así como los tiempos promedio del recorrido por ciclo, que incluían la carga de la pipa, la ida del banco al lugar de descarga, la descarga de agua y el regreso de la pipa. Para este caso se obtuvo un tiempo total para un ciclo de 63 minutos, lo cual es igual a 7 ciclos en una jornada. Con los 7 ciclos y sabiendo que las pipas tienen capacidad de 20 metros cúbicos de agua, obtuve un total de 140 metros cúbicos por jornada. Finalmente, a este rendimiento le apliqué un factor de eficiencia de trabajo del 80% para así obtener un rendimiento de 112 metros cúbicos de agua por jornada, o lo que es igual a 11 metros cúbicos de agua por hora.

Más adelante en el punto 4.2.4 PROGRAMA DE EJECUCIÓN DE OBRA PARA DETERMINACIÓN DE NÚMEROS DE EQUIPO, se obtendrá la cantidad de pipas necesarias para esta actividad.

Este concepto contempla la excavación de banco de préstamo del material de subrasante o subyacente necesario para su ejecución. La excavadora para utilizar en esto tiene un rendimiento previamente obtenido de 149 metros cúbicos compactos por hora.

Arrope de taludes

El rendimiento del arrope de taludes se propuso con una excavadora CAT 336D y se revisó contra lo propuesto por el manual de rendimientos CAT, el cual menciona que es un trabajo especializado donde la precisión en el detallado del afine del material con que se está cubriendo los taludes generados por el cuerpo de la autopista, genera que la duración del ciclo tome en cuenta esta parte, ya que no es solamente vaciar el material contenido en el cucharón sobre un vehículo de transporte si no esparcirlo y detallarlo cubriendo toda la cara del talud. Independientemente, el rendimiento en esta actividad depende de la capacidad del cucharón, el factor de llenado del cucharón, el tiempo de un ciclo y la eficiencia de trabajo.

Para la revisión utilicé la capacidad de cucharón de 2.15 metros cúbicos, un factor de llenado de 0.8 propuesto por el manual, un tiempo por ciclo promedio de 30 segundos y un factor de eficiencia de trabajo del 80% por hora. Con esto se obtuvo un rendimiento de 165 metros cúbicos sueltos por hora. Finalmente, como indica el manual, se le aplicó un factor de reducción por tipo de trabajo realizado (ya mencionado en las líneas anteriores) de 0.6, para obtener un rendimiento real de 99 metros cúbicos sueltos por hora.

4.2.3. DETERMINACIÓN DE UBICACIÓN DE BANCOS

En la construcción de terracerías para vías de comunicación es importante, en la medida de lo posible, ubicar bancos de préstamo cercanos a la traza para no tener acarreos largos. Los volúmenes en terracerías son los de mayor magnitud en un proyecto de este tipo, el tener acarreos cortos conduce a economías, comúnmente se busca que los bancos de préstamo para terraplenes, subyacentes, y subrasantes no estén a más de 10 km, en la medida de lo posible, es decir el material que se utilizó en la construcción de estas tres capas debe ser el de la región salvo que este no cumpla con la normatividad aplicable para estos trabajos.

En el proyecto que nos ocupa se realizó una campaña geotécnica que se nombró geotecnia de contacto, es decir, sobre la traza del camino se hicieron pozos a cielo abierto cada 500 metros para revisar las características del suelo de desplante para la estructura de la autopista. Este suelo analizado en la traza del camino (la carretera tiene un derecho de vía de 50 metros mínimo) será muy similar al que se encuentre a los lados del derecho de vía, que es donde normalmente se ubican los bancos de préstamo.

En la Tabla 20 se muestra una tabla con las características del material, estratigrafía, coeficientes de variación volumétrica y la identificación del material para su uso, obtenida de los estudios realizados en el pozo a cielo abierto 103.

Tabla 20

Estudio geotécnico de pozo a cielo abierto – 103

IDENTIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	PCA-103	PCA-103	PCA-103
		ESTACIÓN (km)	111+300	111+300
ESTRATIGRAFÍA PROFUNDIDAD (m)	DESPALME	0.60		
	ESTRATO 1	0.90		
	ESTRATO 2		1.90	
	ESTRATO 3			IN DEF
	ESTRATO 4			
	NAF			
CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL	TAMAÑO MÁXIMO (mm)	9.50	50.80	ROCA DE ORIGEN SEDIMENTARIO IDENTIFICADO COMO LUTITA PRESENTA FISIBILIDAD CON ESTRATOS QUE VAN DE LOS 15 A 20 CM, MEDIANAMENTE INTEMPERIZADA
	GRAVA (%)	13.70	53.10	
	ARENA (%)	19.00	24.60	
	FINOS (%)	67.30	22.30	
	LÍMITE LÍQUIDO (%)	35.30	41.50	
	LÍMITE PLÁSTICO (%)	28.30	28.20	
	ÍNDICE PLÁSTICO (%)	7.00	13.20	
	MASA VOLUMÉTRICA NATURAL SECA (KG/M ³)	1318.00	1,420.00	
	MASA VOLUMÉTRICA SUELTA (KG/M ³)	1196	1,359.00	
	MASA VOLUMÉTRICA SECA MÁXIMA (KG/M ³)	1520.00	1,710.00	
	HUMEDAD ÓPTIMA (%)	24.50	17.40	
	HUMEDAD NATURAL (%)	2.20	3.10	
	COMPACTACIÓN DEL LUGAR (%)	0.87	0.83	
	C.B.R. (%)	9.20	23.90	
	CONTRACCIÓN LINEAL (%)	2.30	2.10	
EXPANSIÓN (%)	2.10	1.30		

	CLASIFICACIÓN SUCS	ML	GM
COEF. VARIACIÓN VOLUMÉTRICA (CVV)	CVV 90%	0.96	0.92
	CVV 95%	0.91	0.87
	CVV 100%	0.87	0.83
	ABUNDAMIENTO %	1.10	1.04
MODIFICADOS	MATERIAL PARA CAPA DE	Terraplén	Subyacente
	CURVA DE PROYECTO	A, B, D, J	A, B, E, G, I

Nota. Elaboración propia a partir del estudio geotécnico proporcionado por la empresa Rubau a Grupo Plarcia.

En la Tabla 20 se puede observar la información relevante proporcionada por el estudio geotécnico. En este se muestran la capa de despalme y 3 estratos diferentes. La información presentada en el estudio, la cual es la más relevante para determinar si la zona puede usarse para un banco, es la siguiente: altura del estrato, tamaño máximo en milímetros del material, límite líquido, límite plástico, índice plástico, porcentaje de humedad óptima, humedad natural y la relación de soporte de California (por sus siglas en inglés, C.B.R.). Finalmente, el estudio proporciona una clasificación preliminar de en qué capa puede ser utilizado el material, ya sea terraplén, subyacente o subrasante. Mi trabajo dentro de esta actividad consistió en revisar cada uno de estos estudios a través del subtramo y elaborar una tabla resumen gráfica con los datos a tomar en cuenta para determinar la posible ubicación de los bancos de préstamo para terracerías. El subtramo analizado es del km 110+000 al km 117+900. Esta tabla resumen se muestra en la Tabla 21.

Tabla 21*Resumen de estudios geotécnicos para ubicación de bancos*

SIMBOLOGIA	
MATERIAL CALIDAD TERRAPLÉN	
MATERIAL CALIDAD SUBYACENTE	
MATERIAL CALIDAD SUBRASANTE	
MATERIAL CALIDAD SUBRASANTE CON TRATAMIENTO	

TRAMO	ESTRATO 1			ESTRATO 2			ESTRATO 3		
	ALTURA	UTILIDAD	CBR	ALTURA	UTILIDAD	CBR	ALTURA	UTILIDAD	CBR
110+000 al 110+600	1.2	T	6.1	1.5	SY	12.4	3	SR	38.6
110+600 al 111+080	0.8	SY	32.9	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
111+080 al 111+640	0.9	T	9.2	1.9	SY	23.9	S/D	S/D	S/D
111+640 al 112+120	0.5	SY	16.3	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
112+120 al 112+560	1.4	SY	18.7	1.2	SY	24.8	0.8	SY	20
112+560 al 113+000	1.4	SY	18.7	1.2	SY	24.8	0.8	SY	20
113+000 al 114+160	1.4	SY	18.7	1.2	SY	24.8	0.8	SY	20
114+160 al 114+600	2.2	SR	29.8	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
114+600 al 115+000	1.3	SR	21.1	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
115+000 al 115+600	3	SY	12.9	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
115+600 al 116+120	1.5	SR	28.6	3	SY	12.1	S/D	S/D	S/D
116+120 al 116+660	1.9	SY	12.2	2.4	SY	39.8	S/D	S/D	S/D
116+660 al 117+100	1.6	T	8.5	3	T	6.6	S/D	S/D	S/D
117+100 al 117+420	3	SY	13.2	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
117+420 al 117+560	2.25	SY	10.2	1.95	SR	44.3	S/D	S/D	S/D
117+560 al 117+900	2.25	SY	10.2	1.95	SR	44.3	S/D	S/D	S/D

Nota. Elaboración propia con base en información proporcionada por Rubau.

En la Tabla 21 se presenta primero una simbología para el tipo de material identificándolo con colores, siendo los siguientes:

- Material calidad terraplén (amarillo)
- Material calidad subyacente (anaranjado)
- Material calidad subrasante (verde)
- Material calidad subrasante con tratamiento (anaranjado con verde)

Posteriormente se presenta la tabla resumen, la cual se divide por tramos de un cadenamiento a otro. Para cada tramo se presentan después los estratos que existen en esa zona, para los cuales se presenta la siguiente información: altura del estrato, clasificación preliminar para uso de capa y su C.B.R. A partir de este resumen se determinaron las posibles ubicaciones de un banco de préstamo para las cuales realicé una propuesta. Esta fue tener un único banco de préstamo en el tramo del cadenamiento 112+560 al cadenamiento 113+500.

En las Tablas 22 y 23 se puede observar que en los resultados obtenidos en los pozos 106 y 107 respectivamente.

Tabla 22

Estudio geotécnico PCA-106

IDENTIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	PCA-106	PCA-106
		ESTACIÓN (km)	112+800
ESTRATIGRAFÍA PROFUNDIDAD (m)	DESPALME	0.40	
	ESTRATO 1	1.20	
	ESTRATO 2		IN DEF
	ESTRATO 3		
	ESTRATO 4		
	NAF		
CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL	TAMAÑO MÁXIMO (mm)	95.00	LUTITA DE COLOR CAFÉ CLARO, FRACTURADA Y CON FISIBILIDAD CON ESTRATOS QUE VAN DE LOS 10 A 20 CM MEDIANAMENTE INTEMPERIZADA
	GRAVA (%)	40.20	
	ARENA (%)	27.10	
	FINOS (%)	32.70	
	LÍMITE LÍQUIDO (%)	36.40	
	LÍMITE PLÁSTICO (%)	25.50	
	ÍNDICE PLÁSTICO (%)	10.90	
	MASA VOLUMÉTRICA NATURAL SECA (KG/M ³)	1,326.00	
MASA VOLUMÉTRICA SUELTA (KG/M ³)	1,198.00		

	MASA VOLUMÉTRICA SECA MÁXIMA (KG/M ³)	1,515.00
	HUMEDAD ÓPTIMA (%)	23.40
	HUMEDAD NATURAL (%)	5.20
	COMPACTACIÓN DEL LUGAR (%)	0.88
	C.B.R. (%)	24.80
	CONTRACCIÓN LINEAL (%)	1.70
	EXPANSIÓN (%)	1.60
	CLASIFICACIÓN SUCS	GM
COEF. VARIACIÓN VOLUMÉTRICA (CVV)	CVV 90%	0.97
	CVV 95%	0.92
	CVV 100%	0.88
	ABUNDAMIENTO %	1.11
MODIFICADOS	MATERIAL PARA CAPA DE	Subyacente
	CURVA DE PROYECTO	A, B, E, G, I

Nota. Elaboración propia a partir del estudio geotécnico proporcionado por la empresa Rubau a Grupo Plarcia.

Tabla 23

Estudio geotécnico PCA-107

IDENTIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	PCA-107	PCA-107
	ESTACIÓN (km)	113+300	113+300
ESTRATIGRAFÍA PROFUNDIDAD (m)	DESPALME	0.30	
	ESTRATO 1	0.8	
	ESTRATO 2		IN DEF
	ESTRATO 3		
	ESTRATO 4		
	NAF		
CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL	TAMAÑO MÁXIMO (mm)	76.2	LUTITA DE COLOR CAFÉ CLARO, FRACTURADA Y CON FISIBILIDAD CON ESTRATOS QUE VAN DE LOS 10 A 20 CM MEDIANAMENTE INTEMPERIZADA
	GRAVA (%)	85.4	
	ARENA (%)	7.5	
	FINOS (%)	7.1	
	LÍMITE LÍQUIDO (%)	28.6	
	LÍMITE PLÁSTICO (%)	24.4	
	ÍNDICE PLÁSTICO (%)	4.2	
	MASA VOLUMÉTRICA NATURAL SECA (KG/M ³)	1,270.00	
	MASA VOLUMÉTRICA SUELTA (KG/M ³)	1,174.00	
MASA VOLUMÉTRICA SECA MÁXIMA (KG/M ³)	1,463.00		

	HUMEDAD ÓPTIMA (%)	26.1
	HUMEDAD NATURAL (%)	4.6
	COMPACTACIÓN DEL LUGAR (%)	0.87
	C.B.R. (%)	20
	CONTRACCIÓN LINEAL (%)	1.1
	EXPANSIÓN (%)	0.7
	CLASIFICACIÓN SUCS	GP-GM
COEF. VARIACIÓN VOLUMÉTRICA (CVV)	CVV 90%	0.96
	CVV 95%	0.91
	CVV 100%	0.87
	ABUNDAMIENTO %	1.08
MODIFICADOS	MATERIAL PARA CAPA DE	Subyacente
	CURVA DE PROYECTO	A, B, E, G, I

Nota. Elaboración propia a partir del estudio geotécnico proporcionado por la empresa Rubau a Grupo Plarcia.

El material de los dos estratos se clasificó para uso de subyacente, sin embargo, revisando contra las normas de la SCT mostradas en las Tablas 24, 25 y 26.

Tabla 24

Requisitos de calidad de materiales para terraplén

Característica	Valor
Límite líquido; %, máximo	50
Valor Soporte de California (CBR) ^[1] ; %, mínimo	5
Expansión; %, máxima	5
Grado de compactación ^[2] ; %	90 ± 2

Nota. Tomado de la Tabla 1 de la Norma N·CMT·1·01/21, Materiales para terraplén, Instituto Mexicano del Transporte (2021), <https://normas.imt.mx/storage/normativa/N-CMT-1-01-21.pdf>

Tabla 25

Requisitos de calidad de materiales para subyacente

Característica	Valor
Tamaño máximo y granulometría	Que sea compactable ^[1]
Límite líquido; %, máximo	50
Valor Soporte de California (CBR) ^[2] ; %, mínimo	10
Expansión; %, máxima	3
Grado de compactación ^[3] ; %	95 ± 2

Nota. Tomado de la Tabla 1 de la Norma N·CMT·1·02/21, Materiales para subyacente, Instituto Mexicano del Transporte (2021), <https://normas.imt.mx/storage/normativa/N-CMT-1-02-21.pdf>

Tabla 26

Requisitos de calidad de materiales para subrasante

Característica	Valor
Tamaño máximo; mm	76
Límite líquido; %, máximo	40
Índice plástico; %, máximo	12
Valor Soporte de California (CBR) ^[1] ; %, mínimo	20
Expansión máxima; %	2
Grado de compactación ^[2] ; %	100 ± 2

Nota. Tomado de la Tabla 1 de la Norma N·CMT·1·03/21, Materiales para subrasante, Instituto Mexicano del Transporte (2021), <https://normas.imt.mx/storage/normativa/N-CMT-1-03-21.pdf>

Podemos observar que el PCA-106 cumple con todos los valores requeridos para una subrasante excepto en el tamaño máximo, el cual es de 95.00 mm, pero lo clasifiqué como subyacente subrasante pues con un tratamiento de cribado puede entrar como subrasante. Es importante, mas no obligatorio, que el banco de préstamo tenga las tres calidades de material que necesitamos para las terracerías, pues nos evitará abrir más bancos por cada subtramo. En este caso, el PCA-107 cumple con todos los valores requeridos excepto el valor de tamaño máximo, el cual fue excedido en 0.20 mm, lo cual puede entrar en la tolerancia; por lo tanto, entra como subrasante.

Con esta información, nuestra área de exploración para determinar el banco de préstamo físicamente en campo deberá estar entre el PCA-106 y el PCA-107 en el lado izquierdo o el lado derecho de la traza y lo más cercano posible a esta. Pues para determinar la extensión y ubicación exacta del banco de préstamo tendrán que hacerse estudios geotécnicos más a fondo que nos determinarán su potencial. Pero en esta etapa de planificación ya hemos conseguido una ubicación bastante precisa de dónde se tiene que ubicar el banco de préstamo.

4.2.4. PROGRAMA DE EJECUCIÓN DE OBRA PARA DETERMINACIÓN DE NÚMEROS DE EQUIPO

En los trabajos de terracería, el insumo principal es la maquinaria, ya que los trabajos son totalmente mecanizados. Entonces, en la etapa de planeación, es de suma importancia saber la cantidad y el tipo de equipo a utilizar, teniendo en cuenta los volúmenes a ejecutar y el tiempo para realizar las

actividades. Para la planeación total de la autopista, donde intervienen una gran cantidad de actividades y que además fue dividida en 6 subtramos, se utilizó el programa Project con el cual se obtuvo una ruta crítica ligada a un programa de obra, la cual no se presenta por no ser motivo de este trabajo; sin embargo, como los datos del programa para determinar el número de equipos surgieron de aquel, es importante mencionarlo.

A través del catálogo de conceptos, de los volúmenes de cada concepto y, ya con los rendimientos establecidos, y contemplando los tiempos establecidos por el programa general de la autopista, se nos dieron 6 meses para ejecutar el subtramo 6 que nos corresponde. Con esto se pudo calcular el número de máquinas que se necesitarían mensualmente, desglosadas por tipo, así como una suma total.

En la Tabla 27 se presenta la tabla de resultados de la cantidad de material por mes.

Tabla 27

Programa de cantidad de maquinaria mensual

		JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV
		1	2	3	4	5	6
TRONCAL	TRACTOR D8T	2	1	0	0	0	0
	EXCAVADORA 336D	6	5	0	2	2	6
	TRACTO COMPACTADOR	6	6	6	4	0	0
	MOTOCONFORMADORA 140 H	2	2	6	7	7	4
	VIBRO	2	2	5	6	5	3
	PIPA DE AGUA DE 20,000	16	16	22	19	10	6
	CAMIONES	55	57	114	67	28	20
BANCOS PRÉSTAMO	TRACTOR D8T	0	1	1	0	0	0
	EXCAVADORA 336D	4	5	12	10	5	3
EXCAVADORAS TRAMO Y BANCO		10	10	12	12	7	9
MAQUINARIA TOTAL TRAMO INCLUYENDO PIPA		38	38	52	48	29	22

Nota. Elaboración propia.

El programa se dividió en las tres partidas en las que consiste el proyecto, el subtramo 6, la plaza de cobro dentro de este tramo y el P.I.V. también dentro de este tramo. Se enlistan las actividades a realizarse para llevar a cabo los trabajos de terracerías de cada una de las partidas, las cuales son las mismas; sin embargo, la diferencia recae en los volúmenes de cada actividad para la diferente partida. Cada actividad (concepto) es ampliamente descrita, mencionando todo lo que esta incluye.

Además de los volúmenes, la tabla presenta las unidades en las que se miden los volúmenes de cada concepto, el tipo de maquinaria y modelo que se usará para cada actividad y los rendimientos obtenidos previamente en el punto 4.2.2 REVISIÓN DE RENDIMIENTOS DE MAQUINARIA. A partir de esta información se realizó un plan de ataque para determinar el número de equipos que se requerirá para cada actividad para lograr que, como se mencionó previamente, la obra se complete exitosamente en los 6 meses previstos.

Mi trabajo en el desarrollo de esta actividad consistió en aplicar, para cada equipo, el siguiente proceso con el fin de determinar la cantidad correspondiente. Primero se calculaba la duración en días que tomaría realizar la actividad completa, dividiendo el volumen entre el rendimiento. Esto nos daba el tiempo que se tardaría en realizar la actividad con solo un equipo o un tren (a un tren se le denomina a un grupo de máquinas que realizan una actividad). A partir de esto, se analizaba el resultado para tomar decisiones usando criterio propio, tomando en cuenta las siguientes cuestiones:

- La influencia de este equipo en otros
- La dependencia de otros equipos en este
- El impacto que representa la actividad sobre la obra completa
- Cantidad de maquinarias razonable para la actividad
- Seleccionar en cada tren de trabajo qué equipo es el principal
- Usar de guía el programa original para inicios y terminaciones de las actividades y orden de estas

En las actividades que dependen de una sola máquina, como son:

- Despalme
- Excavación de cortes
- Formación y bandeo de terraplenes con material no compactable
- Arrope de taludes

Se sacaba una duración inicial dividiendo el volumen entre el rendimiento; con esto se obtenía la duración en días que tardaría un equipo en realizar toda la actividad.

Posteriormente, se revisaron las actividades que dependen de un tren de maquinaria. Para ello, primero analicé en cada actividad cuál era el equipo principal, es decir, aquel del que depende la duración. Como ejemplo, se presenta la actividad de formación y compactación de la subrasante, en la que intervienen una motoconformadora, un vibrocompactador, una pipa de agua, una excavadora y un camión de acarreo. Es necesario analizar la actividad completa para identificar el equipo que marcará el ritmo del tren. En este caso, la motoconformadora es el equipo principal, ya que realiza la homogeneización y mezcla del material, el tendido y la nivelación, por lo que concentra la mayor parte del tiempo de trabajo.

Una vez identificado el equipo líder, se obtiene su duración de la misma forma que en actividades con una sola maquinaria, dividiendo el volumen entre el rendimiento. Posteriormente, se calcula la duración de la maquinaria secundaria, como el vibrocompactador, aplicando el mismo procedimiento. Es importante que esta duración sea menor que la del equipo principal, para mantener el ritmo del tren y no afectar los rendimientos.

Con las duraciones iniciales de toda la maquinaria, se obtiene una duración preliminar de la obra considerando un solo equipo por tipo. A partir de esto, se ajusta la cantidad de equipos para reducir la duración total a un valor acorde con el tiempo establecido.

Para entender la importancia de este proceso, en la Tabla 28 se muestra el cálculo de días de una motoconformadora en la actividad de formación y compactación de la subrasante. Al ser el equipo principal, cualquier ajuste en su tiempo impacta directamente en la duración de la actividad.

Tabla 28*Cálculo de duración en días para la formación y compactación de subrasante con sola motoconformadora*

CONCEPTO	UNIDAD	TOTALES	RENDIMIENTOS	U	EQUIPO	CANTIDAD	DURACION
Formación y compactación de capa SUBRASANTE compactada al 100% de su PVSM, adicionada con sus cuñas de sobreancho, construidas con material procedente de préstamos de banco, utilizando material compactable. Incluye: carga a unidades de transporte, acarreo al lugar de utilización, compactación del terreno natural en el área de desplante de la subrasante, formación y compactación de escalones de liga. P.U.O.T.	m3	67,220.67	480.00	M3/JOR	MOTO 140 H	1	140.04

Nota. Elaboración propia.

Igualmente, en la Tabla 29 se muestra la duración en días después de un ajuste de maquinaria para el mismo equipo realizando el mismo trabajo en la misma actividad.

Tabla 29

Cálculo de duración en días para la formación y compactación de subrasante después del balance de equipos

CONCEPTO	UNIDAD	TOTALES	RENDIMIENTOS	U	EQUIPO	CANTIDAD	DURACION
Formación y compactación de capa SUBRASANTE compactada al 100% de su PVSM, adicionada con sus cuñas de sobreebanco, construidas con material procedente de préstamos de banco, utilizando material compactable. Incluye: carga a unidades de transporte, acarreo al lugar de utilización, compactación del terreno natural en el área de desplante de la subrasante, formación y compactación de escalones de liga. P.U.O.T.	m3	67,220.67	480.00	M3/JOR	MOTO 140 H	3	46.68

Nota. Elaboración propia.

Después de este ajuste, observamos cómo se redujo el número de días en una tercera parte.

La segunda parte para actividades ejecutadas con un tren es revisar cuántas máquinas secundarias necesitamos para alcanzar la producción del tren con tres motoconformadoras (en este caso); no necesariamente por cada motoconformadora que adicionemos al tren se requerirá igual número de equipos secundarios de cada tipo. Entonces en este punto es importante tener en cuenta los rendimientos reales de cada equipo secundario sin depender de la motoconformadora. Con esto evitaremos tener equipos ociosos o limitar el rendimiento de los equipos principales.

Continuando con el ejemplo de este tren, seguiría revisar los tiempos de la pipa, esta depende de la cantidad de agua que se requiere para los conceptos que llevan compactación, sabemos que cada material tiene una humedad óptima para alcanzar un grado de compactación igual a 100% pero también sabemos que el material tiene una humedad natural, que dependerá de las condiciones climáticas (época de lluvias, sequía, nivel de aguas freáticas, etc.). En la etapa de planeación es necesario considerar valores promedio para la cantidad de agua necesaria a incorporar al material para que alcance un determinado grado de compactación. Para el trabajo que realicé me dieron los siguientes valores: 0.20 para terraplenes, 0.23 para subyacente y 0.25 para subrasante. Estos valores multiplicados por el volumen a ejecutar en cada concepto nos dan el volumen de agua para conseguir esa compactación. Este volumen se dividió entre el rendimiento por turno de una pipa de 20 metros cúbicos y se obtuvo la duración unitaria, la cual se ajustará a la cantidad de pipas para respetar la duración necesaria de la actividad.

Figura 33

Pipa realizando trabajo de incorporación de agua en capa de subbalasto en obra



Nota. Fotografía proporcionada por el departamento de Residencia de Obra de Grupo Plarcia.

La excavadora en este concepto (como en todos los que incluyen el suministro de material de banco de préstamo) tiene que producirnos el material que requiera el tren por turno; por lo tanto, tres motoconformadoras requieren 1,440 metros cúbicos compactos. Tenemos que determinar cuántas excavadoras son necesarias para proporcionar este volumen por día. Esta actividad, al asignar el número de excavadoras preferentemente, deberá terminar antes de la formación de la subrasante, ya que es el suministro del material para realizar esta actividad.

Para el caso de las actividades en las que se incluye acarreo de material, se consideraron camiones de 14 metros cúbicos, en el caso del desmonte se me dio un volumen a considerar de producto de desmonte por hectárea el cual fue de 195 m³/hectárea, en todos los demás casos el volumen compacto de la actividad, donde se requirió uso de camiones, solo se multiplicó por el factor de abundamiento, 1.3 para obtener el volumen suelto de cada actividad. En el renglón donde aparece el acarreo se señala la distancia de este. Con base en eso y dependiendo del tipo de camino, que en este caso son terracerías, se me dio una cantidad de viajes esperados a realizar por los camiones en un turno.

Figura 34

Descarga de material con camión en cuerpo de terraplén



Nota. Fotografía proporcionada por el departamento de Residencia de Obra de Grupo Plarciac.

Una vez realizado el programa con la cantidad determinada del equipo, se elaboró una tabla resumen del equipo, por mes, de cada tipo que se necesitaba en los tres frentes. Este resumen ayuda a realizar un balance de maquinaria mensual, para evitar picos abruptos, por lo que se realiza una nivelación de recursos (máquinas), intentando, en lo más grande posible, que el requerimiento de la maquinaria vaya en ascenso conforme inicia el programa de obra y descienda conforme termine. Esto se logra aprovechando holguras entre actividades consecuentes que ocupan el mismo equipo, así como revisando las duraciones de las actividades y alargando o encogiéndolo su duración con una reasignación de equipo y, por último, moviendo equipos de un frente a otro.

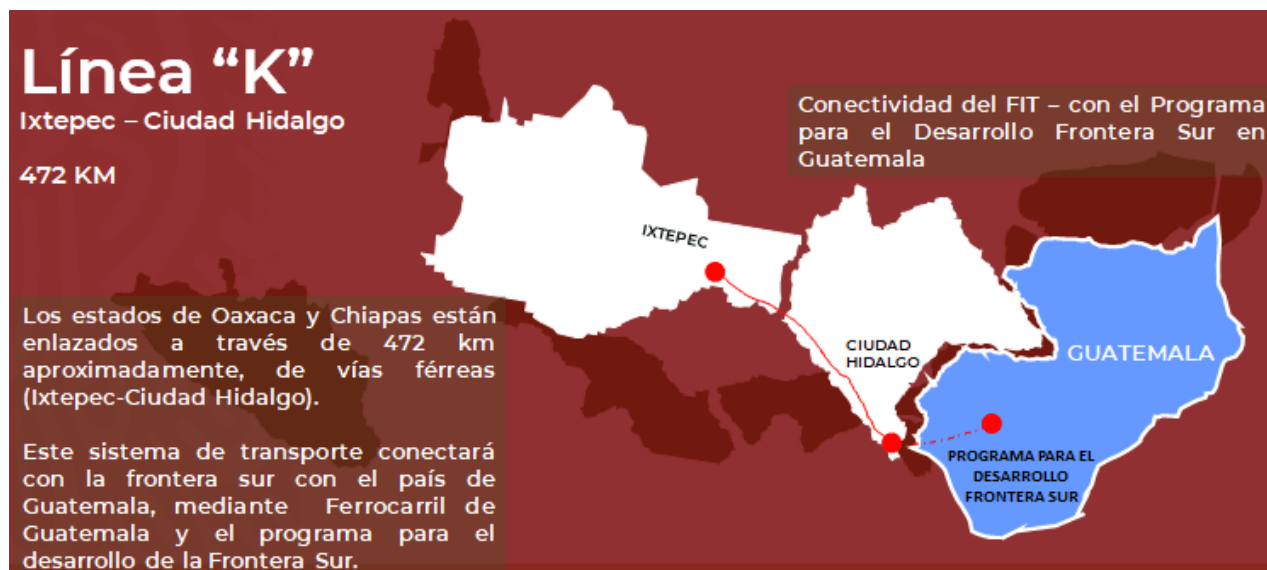
Este programa ayuda a planificar la movilización de la maquinaria, observar el comportamiento de cantidad de maquinaria y realizar cambios al ataque de la obra si es necesario, ya que en esta se puede observar si habrá maquinaria parada durante algún periodo de tiempo, ayuda también a determinar cuándo se deben realizar los fletes de cada maquinaria a la obra y fuera de la obra, el cual tiene un peso importante en los costos indirectos. En resumen, ayuda a optimizar la utilización del equipo.

4.3. TREN INTEROCEÁNICO LÍNEA K

El corredor Interoceánico del Istmo de Tehuantepec une cuatro puertos en el sureste del país que son: Coatzacoalcos, Salina Cruz, Dos Bocas y Puerto Chiapas, a través de tres líneas de ferrocarril de carga y pasajeros. Estas tres líneas son: Línea Z con una extensión de 308 km y que corre de Coatzacoalcos, Veracruz, a Salina Cruz pasando por Ciudad Ixtepec y por la estación Roberto Ayala; Línea FA con 304.4 km y que va de Estación Roberto Ayala a Palenque; Línea K con 472 km que va de Ciudad Ixtepec a Puerto Chiapas.

Figura 35

Marco de operación del ferrocarril del Istmo, Línea K



Nota. Tomado de Gobierno de México (s.f.), Corredor Interoceánico del Istmo de Tehuantepec, <https://interoceanico.mx/>

En la Línea K, Grupo Plarciaac participó en la construcción de terracerías y explotación de bancos, teniendo los tramos a continuación descritos:

- Movimiento de tierras, desmonte y demoliciones en el Tramo 1 de la línea ferroviaria denominada Línea K, de los PK's comprendidos del PK 85+000 al PK 100+000.
- Extracción, acarreo interno y carga en el banco Piedras Blancas.
- Movimiento de tierras, terraplenes, superestructura del PK 249+400 al PK 254+680.

Mi trabajo fue participar en la supervisión de la obra por parte de la dirección de obras de Grupo Plarciaac, desarrollando las siguientes actividades.

4.3.1. ALCANCE DE LA RESIDENCIA DE OBRA

La función de la residencia de obra de una empresa es el representar técnica y administrativamente a la misma ante el cliente o contratante para ejecutar, controlar y supervisar los trabajos de construcción de la infraestructura ferroviaria, esto con el fin de asegurar que los trabajos cumplan con el proyecto ejecutivo, las especificaciones técnicas, control de calidad, normas de seguridad y

normatividad vigente, en terracerías, balasto, durmientes, rieles y estructuras. En nuestro caso fue un contrato de terracerías.

Sus funciones incluyen dirigir la construcción de terracerías revisando que la topografía de la empresa controle la geometría de la vía y el laboratorio de la empresa controle la calidad de los materiales, así como la compactación de las capas. En la parte administrativa se encargará de realizar estimaciones de obra ejecutada, llevar la bitácora por parte de la empresa con el cliente, programar actividades con base en la planeación hecha de la obra, gestionar el expediente de obra, controlar volúmenes ejecutados y por ejecutar, tramitar ampliaciones de plazo al contrato y reclamaciones ante el cliente por costos adicionales incurridos por la empresa sin responsabilidad de esta.

Mi trabajo fue revisar que todas estas funciones se estuvieran cumpliendo en tiempo y forma, teniendo acceso a los documentos de la residencia y realizando visitas periódicas.

4.3.2. SUPERVISIÓN DE PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS

La importancia de este tema tiene dos aspectos a cuidar, el primero que durante la ejecución de una actividad, esta cumpla con la normatividad aplicable a ella, pero el segundo es que debe cumplir con nuestra planeación, donde como recordaremos definimos tipo de máquina, características de la misma y cantidad, con las que tenemos que alcanzar un rendimiento que va directamente ligado al costo por unidad de cada actividad este segundo aspecto nos lleva a cumplir con las metas en tiempo y costo planteadas en nuestra planeación tema fundamental en todo proyecto de construcción. Para ello es importante verificar los rendimientos en campo con los establecidos en la planeación.

4.3.3. CONTROL DE CALIDAD DE MATERIALES Y PROCEDIMIENTOS

El control de calidad se lleva a cabo a través de un laboratorio de geotecnia en campo que deberá contar con el equipo mínimo para realizar las siguientes pruebas:

- Pruebas de compactación por cada capa y elaboración de su informe.
- Pruebas de calidad de los materiales de los préstamos de banco, tantas como sea necesario durante el proceso de explotación de este. Estas pruebas serán importantes para determinar las características del material, ya que, por los volúmenes a explotar en cada banco, el material puede cambiar sus características de un frente de ataque a otro.

Figura 36


Prueba de compactación de la capa de subrasante en la Línea K



Nota. Fotografía proporcionada por el departamento de Residencia de Obra de Grupo Plarciac

Mi trabajo consistió en revisar que, en todo momento, se mantuviera el expediente actualizado con los reportes o informes de campo de nuestro laboratorio y con las autorizaciones de la supervisión externa del cliente para la liberación de capas y el uso de los materiales. Dado que todo esto es necesario, presentarlo como soporte de las estimaciones. En las Figuras 37 y 38, se presentan pruebas de laboratorio, las cuales se me entregaron en su momento.

Figura 37
Prueba de laboratorio de calidad de material



LAMACO
CONTROL Y CALIDAD S.C.

INFORME DE ENSAYE DE MATERIALES PARA TERRACERIAS
 (N-CMT-1-01/21) - (N-CMT-1-02/21) - (N-CMT-1-03/21)

CLIENTE: GRUPO PLARCIAC S.A. DE C.V.

IDENTIFICACION DE OBRA: LCC-0000/2024

CODIGO: CAL-TERR-00001

NOMBRE Y LOCALIZACIÓN DE OBRA: "REHABILITACIÓN DE LA VÍA FÉRREA DE LA LINEA "K " DEL KM. 0+000 AL KM. 447+286 Y LINEA "KA " KM. 0+000 AL KM. 13+860 (VÍAS, CENTROS DE ABASTO, TERRACERÍAS, OBRAS DE DRENAJE, PATIOS, TALLERES, LADEROS Y ESTACIONES).

FECHA DE MUESTREO: 2025-04-15

FECHA DE INFORME: 2025-04-23

TIPO DE MATERIAL: TERRAPLÉN

CLASIFICACION: GM

LUGAR DE MUESTREO: PK. 249+420 (MATERIAL HOMOGENIZADO PARA Y LA CAPA DE TERRAPLEN LADO DER. EN PLATAFORMA DE VÍA.)

UBICACIÓN: EN CANALON Y CUARTEO

NUM DE ENSAYE: 00001

PARÁMETROS GENERALES					
(N-CMT-1-01/21) - (N-CMT-1-02/21) - (N-CMT-1-03/21)					
MUESTREO BASADO EN			ESPECIFICACIONES		
M.MMP.1.01/03			CUERPO DE TERRAPLEN	SUBYACENTE	SUBRASANTE
TAMAÑO MÁXIMO (mm)	145.0		-	-	76,2 mm MAXIMO
RETENIDO EN MALLA DE 75,0 mm (%)	8.5		-	-	-
MALLA		% QUE PASA LA MALLA			
PULGADAS (in)	MILIMETROS (mm)				
No. 4	4.760	48.8	-	-	-
No. 40	0.420	31.9	-	-	-
No. 200	0.074	7.9	-	-	-
LÍMITES DE CONSISTENCIA					
LÍMITE LÍQUIDO (%)	NA		50 % MAXIMO	50 % MAXIMO	40 % MAXIMO
LÍMITE PLÁSTICO (%)	NA		-	-	-
ÍNDICE PLÁSTICO (%)	NA		-	-	12 % MAXIMO
M.V.S.M - HUMEDAD ÓPTIMA					
MASA VOLUMÉTRICA SECA SUELTA (Kg/m ³)	1765.0		-	-	-
MASA VOLUMÉTRICA SECA MÁXIMA (Kg/m ³)	1845.0		-	-	-
HUMEDAD ÓPTIMA (%)	6.2		-	-	-
VALOR SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR) (%)	47.35		5 % MINIMO	10 % MINIMO	20 % MINIMO
EXPANSIÓN (%)	0.2%		5 % MAXIMO	3 % MAXIMO	2 % MAXIMO
GRADO DE COMPACTACIÓN (%)			90 ± 2 %	95 ± 2 %	100 ± 2 %
CLASIFICACIÓN DE LA MUESTRA					
SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (S.U.C.S.):	EL MATERIAL ANALIZADO SE CLASIFICA COMO (GM) GRAVAS LIMOSAS, MEZCLA DE GRAVAS, ARENAS Y LIMO.				
OBSERVACIONES	EL MATERIAL ANALIZADO CUMPLE PARA SER EMPLEADO MECANICAMENTE COMO TERRAPLÉN.				
RECOMENDACIÓN :	SE RECOMIENDA QUE EL MATERIAL MUESTREADO EXISTENTE EN OBRA SE HIDRATE Y HOMOGENICE PARA EMPLEARSE ADECUADAMENTE.				

ELABORÓ

TÉCNICO LABORATORISTA

REVISÓ / AUTORIZÓ

JEFE DE LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD

RECIBIDO DEL CLIENTE

GRUPO PLARCIAC S.A. DE C.V.

Nota. Elaboración por parte de LAMACO. Algunos datos han sido omitidos por confidencialidad.

4.3.4. CONTROL DE AVANCES FÍSICOS Y VOLUMETRÍA

Para esta actividad se llevaba un larguillo de todo el tramo, del cual estuve encargado de ir revisando las actualizaciones diarias a medida que se realizaban los avances del tramo. Este larguillo representaba el avance de cada capa de las terracerías. El larguillo se dividió en dos partes, lado izquierdo y lado derecho; esto se debió a que en el campo se dividió el ancho del tramo de la misma manera. El larguillo se desglosaba por cada cadenamamiento a cada 20 m y en cada uno se llevaba registro de la capa más avanzada en cada tramo de las siguientes capas:

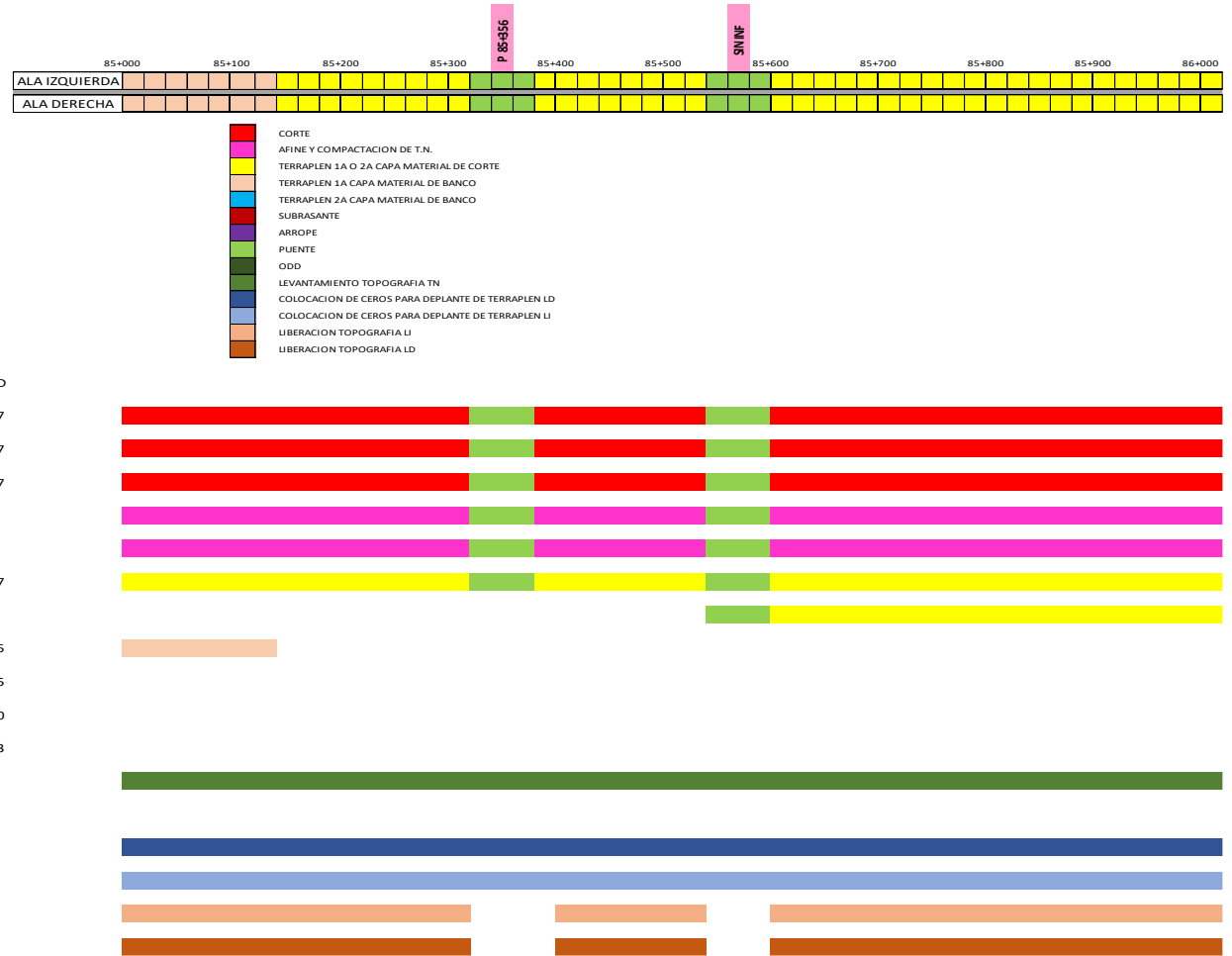
- Corte
- Afine y compactación de T.N.
- Terraplén 1.^a capa material de corte
- Terraplén 2.^a capa material de banco
- Terraplén 3.^a capa
- Subrasante
- Arrope
- Puente
- ODT
- Levantamiento de topografía T.N.
- Colocación de ceros para desplante de terraplén LD
- Colocación de ceros para desplante de terraplén LI
- Liberación topografía LI
- Liberación topografía LD

Este larguillo se me entregaba cada día para revisar el avance real diario. Este informe es una manera muy gráfica de visualizar el avance en vías terrestres, por otra parte, facilita la verificación en campo en las visitas de supervisión con un simple recorrido.

En la Figura 39 se presenta una parte del larguillo que se me presentaba.

Figura 39

Larguillo de tramos con estado de capas de terracerías del KM 85+000 al KM 95+000



Nota. Elaboración por parte de la Residencia de Obra de Grupo Plarciac.

Además de que se llevaba el avance de las capas a través del larguillo, también se llevaba registro del suministro de los materiales a través del tramo. De manera semanal se me proporcionaban tablas en las cuales se anotaba para cada material lo siguiente:

- Fecha de suministro
- Cantidad de camiones según su capacidad
- Total de viajes realizados por los camiones
- Total de metros cúbicos suministrados por día
- Total de metros cúbicos de la semana
- Observaciones adicionales

En la figura 40 se muestra la tabla referente al suministro de material subrasante.

Figura 40

Suministro de material subrasante de la semana del 14 al 20 de octubre de 2024 para el Tramo 1

SUMINISTRO DE MATERIAL A PLATAFORMA DE VIA TRAMO 90+000 AL 95+000												
MATERIAL SUBRASANTE												
SEMANA DEL 14 AL 20 DE OCTUBRE DE 2024												
FECHA	CAPACIDAD DE CAMION MB								TOTAL DE VIA.ES	VOLUMEN	U	OBSERVACIONES
	7	11	12	13	14	15	16	17				
14/10/2024	9		3		18	4	4		38	475.00	MB	
15/10/2024									0	-	MB	NO SE SOLICITO
16/10/2024			1	1	37				39	543.00	MB	
16/10/2024		1	1		6				8	107.00	MB	
17/10/2024	1		1		9		4		15	209.00	MB	
17/10/2024	5	1	2	1	14	3	2		28	356.00	MB	
17/10/2024	5				9	1	1		16	192.00	MB	
17/10/2024	6	1	1		13	1	2		24	294.00	MB	
17/10/2024	5	1			12	15	2		35	471.00	MB	
18/10/2024									0	-	MB	SIN ACARREO BLOQUEO PUEBLO
19/10/2024									0	-	MB	SIN ACARREO BLOQUEO PUEBLO
TOTAL SUMINISTRADO										2,647.00	MB	

Nota. Elaboración de la residencia de obra de Grupo Plarciaac.

De este reporte se pueden sacar distintas conclusiones:

Si vemos el volumen suministrado diario y lo comparamos contra el rendimiento planeado del tren de equipo asignado para este concepto de obra podemos ver si se está alcanzando la meta o no, en este caso se tenía asignado un tren con dos motoconformadoras, dos vibrocompactadores y tres pipas de agua de 10 metros cúbicos, el cual tenía que alcanzar un rendimiento de 960 m³ y como observamos el día 14 el suministro permitió trabajar al 49% del rendimiento, el día 16 al 68% del rendimiento y el día 17 al 159% del rendimiento. También podemos ver que el día 15 no se solicitó material; al revisar los reportes de campo, fue por no tener tramo donde depositar sobre la plataforma. En los días 18 y 19 no hubo camiones debido a un bloqueo en el pueblo aledaño.

Lo mismo se realizaba para la explotación de bancos, la cual se presenta en la Figura 41.

Figura 41

Explotación de bancos para la semana del 14 al 20 de octubre de 2024

GRUPO PLARCIAC, S.A. DE C.V.		CONTROL DE CARGA BANCO PIEDRAS BLANCAS										NO. DE UNIDADES	TOTAL VIA.ES	VOLUMEN	U				
		SEMANA DEL 14 AL 20 DE OCTUBRE 2024																	
FECHA		CAPACIDAD DEL CAMION M3									7	9	11	12	13	14	15	16	17
		7	9	11	12	13	14	15	16	17									
LUNES	14 DE OCTUBRE DE 2024	7		1	2	1	25	5	7	2	47	50	668.00	M3					
MARTES	15 DE OCTUBRE DE 2024	4		4	4		43				12	55	722.00	M3					
MIERCOLES	16 DE OCTUBRE DE 2024	10		2	6	5	119	15	17	6	51	180	2,494.00	M3					
JUEVES	17 DE OCTUBRE DE 2024	24		4	5	3	182	7	10		56	235	3,124.00	M3					
VIERNES	18 DE OCTUBRE DE 2024	4	3			5	172	8	10	14	40	216	3,046.00	M3					
SABADO	19 DE OCTUBRE DE 2024						40				24	40	560.00	M3					
DOMINGO	20 DE OCTUBRE DE 2024						19				28	19	266.00	M3					
											TOTAL CARGADO	10,880.00	M3						

Nota. Elaboración de la residencia de obra de Grupo Plarciaac.

En este informe aparte de checar rendimientos de la misma manera que en el anterior, solo con la diferencia que aquí se trató de un tren de dos excavadoras 336D en el cual se esperaba un rendimiento de 2,400 m³ por turno y para cual se puede hacer lo mismo que en la figura anterior y verificar el porcentaje al que se está trabajando, podemos notar que hay una columna con la cantidad de unidades asignadas a cargar el material producido en el banco y otra columna con el total de viajes acarreados en ese turno del cual al comparar las dos columnas podemos ver el promedio de viajes por camión efectuados. Al dividir el número total de viajes entre el número de unidades, obteníamos el resultado. Para el día 14 obtenemos 1.06 viajes por turno; para el 15, 4.58; para el 16, 3.53; para el 17, 4.19; para el 18, 5.4; para el 19, 1.67; y para el 20, 0.68.

Analizando esto podemos ver que el primer día aunque hubo suficientes camiones (47) no permanecieron en el banco todo el turno e hicieron una sola vuelta, el segundo día hubo (12) pero si hicieron entre 4 y 5 vueltas durante todo el turno consiguiendo un volumen mayor al día anterior, los días 3, 4 y 5 con un número de alrededor de 50 camiones trabajando todo el turno se obtuvieron entre 3-4, 4-5 y 5-6 vueltas por camión respectivamente siendo estos los únicos tres días de la semana en los que se cumplió o supero la meta establecida del rendimiento diario, el sexto día con 24 camiones dieron entre 1-2 vueltas pero por ser sábado se trabaja medio turno, el séptimo día (domingo) en horario extra llegaron 28 camiones pero solo 19 se cargaron, como era día no hábil se decidió en campo solamente trabajar con una excavadora en lugar de dos y desafortunadamente esta tuvo una descompostura y ya no se pudo continuar con la carga.

4.3.5. COORDINACIÓN CON PERSONAL

Este punto es de suma importancia en cualquier obra para garantizar el cumplimiento de los objetivos técnicos y administrativos del proyecto. Para este proyecto en concreto era esencial llevar a cabo una buena coordinación y comunicación con todos los involucrados, ya que se necesita la participación de diferentes frentes, distintos equipos de trabajo y diferentes niveles del personal.

Algo importante que se realizó previamente al inicio de la obra fue establecer claramente la estructura jerárquica, en la cual se definieron las responsabilidades de cada individuo. Esto permitió que todas las indicaciones, observaciones y lineamientos emitidos desde la dirección de obra se transmitieran de manera ordenada, evitando interferencias en la operación y conflictos de autoridad.

Como ya se había mencionado, yo participé como supervisor de la residencia de obra por parte de la dirección de obra, y yo tenía comunicación directa con el siguiente personal:

- Residente de obra
- Administrador de obra
- Residente de estimaciones
- Ingeniero ambiental y de seguridad en obra
- Sobrestante
- Jefe de topógrafos
- Jefe de laboratorio de control de calidad
- Jefe de mecánicos

Cada uno de ellos desarrollaba un papel específico en el proceso constructivo, por lo que era esencial tener una buena coordinación con cada uno de ellos para el desarrollo correcto del proyecto. La comunicación con estos se llevó a cabo mediante el intercambio continuo de información y documentación diaria, con la cual se daba seguimiento a los avances físicos, se verificaba el cumplimiento de las especificaciones del proyecto y se atendían las situaciones que surgían, las cuales podían impactar en el desarrollo de la obra. Si en algún momento existía alguna observación o indicación a alguna persona con la cual yo no tuviera contacto, esta se realizaba a través del personal que estaba encargado de esto, sin omitir la línea de los niveles de autoridad, lo cual es muy importante al coordinar personal.

4.3.6. SEGURIDAD E HIGIENE EN OBRA

Este punto conlleva una gran responsabilidad dentro de una obra como esta por el uso de maquinaria pesada, manejo de residuos contaminantes producidos por la misma y trabajo en condiciones variables del terreno. Para el correcto cumplimiento de la seguridad en obra, es importante dar seguimiento a la normativa vigente referente a esta, a la aplicación de medidas preventivas y al seguimiento continuo de las condiciones de trabajo.

Mi trabajo como supervisor toma una especial relevancia aquí, ya que es mi responsabilidad que se esté llevando a cabo el cumplimiento de todo esto y el fallo de cualquiera de estas puede resultar en una afectación a la integridad física del personal. Adicionalmente, existen supervisores externos, los

cuales están encargados de la revisión de la seguridad e higiene en campo y en caso de detectar incumplimientos, pueden imponer sanciones a la empresa responsable.

Un factor importante para el correcto desarrollo de estas áreas es la capacitación correcta del personal. Esta ayuda a los trabajadores a hacer uso correcto del equipo y a protegerse de los peligros que puede conllevar este, al igual que a no generar desperdicios de más y a que sean depositados en el contenedor correspondiente para evitar la falta de limpieza en la obra o contaminación de áreas naturales. Esto se logra con pláticas periódicas dadas por el personal de seguridad e higiene durante la ejecución de los trabajos.

Figura 42
Plática de seguridad e higiene en la obra Línea K



Nota. Fotografía proporcionada por el departamento de Residencia de Obra de Grupo Plarciaac.

Para la seguridad en obra, es importante el uso adecuado de equipo de protección personal (EPP), el cual es obligatorio para todo el personal que se encuentre en campo. La función de este equipo consiste en reducir significativamente la probabilidad de accidentes. Este equipo consiste en:

- Casco de seguridad
- chaleco reflejante
- Botas de seguridad con casquillo
- Accesorios para trabajos específicos como: guantes de protección, lentes de seguridad, protección auditiva y/o protección respiratoria.

Figura 43

Carpa para centro de hidratación con información de seguridad en la obra Línea K



Nota. Fotografía proporcionada por el departamento de Residencia de Obra de Grupo Plarciaac.

En cuanto a la maquinaria pesada, es fundamental verificar que los equipos cumplan con todo lo necesario para su correcta operación como lo son:

- Cabina de protección para el operador
- Alarmas de reversa
- Luces de trabajo y señalización
- Espejos y sistemas de visibilidad
- Cinturón de seguridad
- Extintor
- Sistemas de frenos en buen estado
- Claxon o alarma sonora

Para el caso de la higiene y salud en obra, es importante mantener las condiciones adecuadas para un correcto desarrollo de esta, que consisten en lo siguiente:

- Disposición de contenedores para residuos
- Correcta recolección, manejo y retiro de desechos según su tipo
- Limpieza de las áreas de trabajo
- Disponibilidad de servicios sanitarios para personal
- Centros de hidratación
- Botiquín de primeros auxilios con todo lo necesario para cada caso específico de la obra

Durante las visitas periódicas a la obra se verificaba que se estuviera cumpliendo cada uno de estos rubros. Sin embargo, era fundamental que estas condiciones se desarrollaran de manera continua. Por esto, se realizaba un seguimiento diario de la mano del personal en campo para así poder asegurar la correcta aplicación de las medidas de seguridad e higiene correspondientes y que tuvieran sus reportes al día.

CAPÍTULO V. APORTACIONES Y RECOMENDACIONES A TRABAJOS FUTUROS

5.1. APORTACIONES EN MI FORMACIÓN PROFESIONAL

Las actividades realizadas durante este trabajo de titulación me aportaron principalmente la oportunidad de observar directamente los procesos en campo, lo que me permitió entender de mejor manera cómo se llevan a cabo en la práctica los conceptos aprendidos en la escuela. Esto me ayudó a desarrollar un criterio propio al momento de analizar situaciones reales, así como a identificar

diferencias importantes entre lo planeado y lo ejecutado. Además, en el ámbito personal, fortalecí habilidades como la responsabilidad, el orden y la disciplina. De igual forma, el trabajo conjunto con distintas áreas involucradas en los proyectos contribuyó al desarrollo de habilidades de trabajo en equipo, entendiendo la importancia de la coordinación para el cumplimiento de los objetivos.

Uno de los principales retos a los que me enfrenté fue la diferencia entre el enfoque teórico adquirido en la formación académica y la forma en que se abordan muchas situaciones en campo. En general, en el trabajo existe una mayor inclinación por lo práctico, resultado de la experiencia, cayendo continuamente en el desuso de lo teórico. Al no contar con experiencia en campo, tuve que aprender a integrar ambos para obtener mejores resultados. En muchas ocasiones la información que se me proporcionaba era incompleta o limitada, por lo que me exigía capacidad de análisis para resolver y continuar con las actividades.

5.2. RECOMENDACIONES PARA LA FORMACIÓN DE INGENIEROS CIVILES

Con base en mi experiencia, considero importante recomendar que los estudiantes que quieran desarrollarse en este tipo de proyectos pongan especial atención a materias como movimiento de tierras, recursos de la construcción, programación y presupuestación, preparación de concursos de obra pública y planeación. En mi caso, estas materias fueron clave para poder entender mejor lo que veía en campo, por lo que no solo es importante cursarlas, sino realmente comprender cómo se aplican en la práctica.

También recomiendo profundizar más en temas como precios unitarios, ruta crítica, determinación de rendimientos, tiempos de ciclo y procesos constructivos. Es importante entender las funciones que ejecuta cada tipo de maquinaria, es decir, conocer qué hace cada equipo y cómo afecta a los rendimientos de cada actividad, lo cual a su vez influirá en el cumplimiento del programa del proyecto general.

Finalmente, considero fundamental aprovechar todas las visitas a obra que se presenten durante la formación académica, ya que es en campo donde realmente se pueden entender muchos de los conceptos vistos en clase. Desde mi punto de vista, estas experiencias son de las más valiosas, porque permiten observar directamente los procesos constructivos y comenzar a desarrollar criterio propio desde etapas tempranas.

5.3. RECOMENDACIONES TÉCNICAS PARA PROYECTOS SIMILARES

Es recomendable elaborar cuidadosamente el presupuesto y los precios unitarios que componen el proyecto, mismos que se presentarán en la licitación o cotización ante el cliente. Es fundamental revisar meticulosamente la documentación proporcionada por la dependencia, ya que cualquier omisión puede resultar determinante durante la evaluación de la propuesta.

Durante la etapa de la planeación es indispensable definir los procedimientos constructivos viables para la ejecución del proyecto y verificar los rendimientos propuestos en la fase anterior para validarlos o corregirlos de ser necesario, debido a lo limitados que suelen ser los tiempos de preparación de concursos. Una vez obtenido el costo objetivo del proyecto, es necesario generar un cronograma de obra que contenga los costos directos e indirectos correspondientes.

Para la tercera etapa, nuestra planeación nos proporcionará los elementos para llevar bajo el control de obra, cuidando que cumplamos las metas en tiempo y costo.

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES

6.1. CONCLUSIONES TÉCNICAS DERIVADAS DE LA PREPARACIÓN DE CONCURSOS

A partir de mi participación en la preparación de concursos de obra pública, puedo concluir que esta etapa tiene un impacto mucho mayor del que normalmente se percibe, ya que en ella se definen las bases con las que el proyecto se va a ejecutar. Realizar adecuadamente los trabajos del análisis de precios unitarios, la estimación de rendimientos y la elaboración de programas de obra no solo nos ayudará a conseguir la licitación, sino que estos pueden indicarnos la viabilidad del proyecto desde un principio.

Basado en mi experiencia, limitarse a cumplir esta etapa con el único objetivo de ganar el contrato sería un error, ya que el nivel de involucramiento y detalle que pongamos se verá reflejado directamente en las etapas posteriores. Por ello, considero que la preparación de concursos no debe verse solo como un trámite, sino como una etapa clave para el desarrollo del proyecto.

6.2. CONCLUSIONES SOBRE LA RESIDENCIA, SUPERVISIÓN Y CONTROL DE OBRA

Con base en la experiencia adquirida en la supervisión y control de obra, puedo concluir que la correcta ejecución de un proyecto depende en gran medida de la organización, la coordinación y el seguimiento de las actividades en campo. Al realizar un trabajo de supervisión efectivo, podremos identificar deficiencias y así intervenir tomando medidas para asegurar que se cumplan las metas establecidas.

Algo que he podido observar en mi experiencia laboral es el gran impacto que tiene la planeación en los proyectos. Existen obras que se ejecutan sin una planeación o con fallas en esta, ya sea por falta de recursos, de tiempo o por la forma en la que se desarrollan los procesos; sin embargo, la carencia de esta generará problemas durante la etapa de ejecución de la obra, pudiendo afectar los tiempos, costos y/o calidad de los trabajos.

Desde mi punto de vista, la planeación no solo es una etapa previa al inicio de la obra, sino un elemento fundamental que influye directamente en todo el desarrollo del proyecto. Cuando no se cuenta con una planeación adecuada, las consecuencias terminan reflejándose en algún punto del proceso, lo que confirma la importancia de integrar de manera efectiva tanto la planeación como el control y la supervisión para lograr mejores resultados.

REFERENCIAS

- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (2025). *Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas* (Última reforma 14-11-2025) [PDF]. Gobierno de México. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LOPSRM.pdf>
- Caterpillar Inc. (2012). *Caterpillar performance handbook* (42nd ed.). Caterpillar Inc.
- Gobierno de México. (2026). *Tren Querétaro–Irapuato*.
https://www.proyectosmexico.gob.mx/proyecto_inversion/0961-tren-queretaro-irapuato/
- Gobierno de México. (s. f.). *Corredor Interoceánico del Istmo de Tehuantepec*.
<https://interoceanico.mx/>
- Grupo Plarcia. (s. f.). *Sitio web oficial*. <https://grupoplarcia.com/>
- Infopedia Jurídica. (s. f.). *Contrato de ejecución de obra*. ConceptosJurídicos.com.
<https://www.conceptosjuridicos.com/mx/contrato-de-ejecucion-de-obra/>
- Infotools. (2022, 20 de mayo). *Cotización de materiales de construcción: Consejos para mejorar el proceso*. <https://www.infotools.mx/blog/blog-infotools-1/cotizacion-de-materiales-de-construccion-106>
- Instituto Mexicano del Transporte. (2021). *N-CMT-1-01/21, Materiales para terraplén*.
<https://normas.imt.mx/storage/normativa/N-CMT-1-01-21.pdf>
- Instituto Mexicano del Transporte. (2021). *N-CMT-1-02/21, Materiales para subyacente*.
<https://normas.imt.mx/storage/normativa/N-CMT-1-02-21.pdf>
- Instituto Mexicano del Transporte. (2021). *N-CMT-1-03/21, Materiales para subrasante*.
<https://normas.imt.mx/storage/normativa/N-CMT-1-03-21.pdf>
- Tubocreto. (2025). *Cotización de suministro de tubería para obra* [Documento interno].

Tubocreto. (s. f.). *Cajones de concreto*. <https://www.tubocreto.com/cajones>

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Balasto:

Grava graduada (de diferentes medidas) utilizada para soportar los durmientes de una vía férrea.

Banco de préstamo:

Sitio para excavar y obtener los materiales de terracerías de una vía de comunicación.

Coefficiente de Manning:

Es un coeficiente empírico el cual representa la rugosidad de una superficie sobre la cual existe un flujo de agua.

Costo indirecto:

Gasto que no está incluido en el costo de materiales, mano de obra, maquinaria y equipo. Por ejemplo: gastos administrativos, gastos operativos, financiamiento, etc.

Derecho de vía:

Franja de terreno que se requiere para la construcción de carreteras o vías férreas.

SICT (Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes):

Es una de las veintiuna secretarías de Estado, la cual se encarga de diseñar, planear, ejecutar y supervisar proyectos de obra pública en el sector de transporte.

Subbalasto:

Capa inferior al balasto de una vía férrea formada con material granular compactado.

Subrasante:

Capa superior de terracerías sobre la cual se apoya la estructura del pavimento o de rodamiento según sea el caso.

Subyacente:

Capa inferior a la subrasante, que también es la capa superior al terraplén.

Terraplén:

La primera capa de terracería que se usa para rellenar o elevar la superficie de rodamiento de un camino.

Terracerías:

Conjunto de capas formadas a través del movimiento de tierras para la construcción de vías de comunicación

ANEXOS

Anexo A. Tablas y gráficos de promedio de acarreo de materiales

TERRAPLEN

NOMBRE BANCO	CADENAMIENTO DE INTERSECCION CON LA TRAZA	DISTANCIA BANCO A TRAZA	CADENAMIENTO DE PUNTO MAXIMO DE ACARREO A MAYORES SOBRE TRAZA	DISTANCIA MAXIMA A MAYORES	ACARREO PROMEDIO A MAYORES	CADENAMIENTO DE PUNTO MAXIMO DE ACARREO A MENORES SOBRE TRAZA	DISTANCIA MAXIMA A MENORES	ACARREO PROMEDIO A MENORES	VOLUMEN TERRAPLEN A MAYORES	VOLUMEN TERRAPLEN A MENORES	M3/KM A MAYORES	M3/KM AMENORES
LA ESTANCIA ACCESO 2	31.5	5.1	33.86	8	7	26.5	11	9	6,602.50	-	46,217.50	-
LA ESTANCIA ACCESO 3	32.6	5.8	33.86	8	7	26.5	12	9	-	36,504.03	-	328,536.27
3 TERRAPLEN	26	8.23	26.5	9	9	23	12	11	25,445.18	105,507.36	229,006.62	1,160,580.96
TERRACERIAS 9	16.15	4.73	23	12	9	11.15	10	8	85,651.71	134,816.89	770,865.39	1,078,535.12
TERRACERIAS 7	8.9	5.17	11.15	8	7	6	9	8	77,375.85	182,400.53	541,630.95	1,459,204.24

VOLUMEN TOTAL	654,304.05	M3/KM TOTALES	5,614,577.05
---------------	------------	---------------	--------------

DISTANCIA DE ACARREO PROMEDIO	8.580990825
-------------------------------	-------------



BANCO DE SUMINISTRO	BANCO TERRACERIAS 7 POR ACCESO EN 8+900	BANCO TERRACERIAS 7 POR ACCESO EN 8+900	BANCO TERRACERIAS 9 POR ACCESO EN 16+150	BANCO TERRACERIAS 9 POR ACCESO EN 16+150	BANCO 3 TERRAPLEN POR ACCESO EN 26+000	BANCO 3 TERRAPLEN POR ACCESO EN 26+000	BANCO LA ESTANCIA POR ACCESO EN 32+600	BANCO LA ESTANCIA POR ACCESO 32+600
DISTANCIA PROMEDIO A TRAMO	8	7	8	9	11	9	9	7

SUBRASANTE

NOMBRE BANCO	CADENAMIENTO DE INTERSECCION CON LA TRAZA	DISTANCIA BANCO A TRAZA	CADENAMIENTO DE PUNTO MAXIMO DE ACARREO A MAYORES SOBRE TRAZA	DISTANCIA MAXIMA A MAYORES	ACARREO PROMEDIO A MAYORES	CADENAMIENTO DE PUNTO MAXIMO DE ACARREO A MENORES SOBRE TRAZA	DISTANCIA MAXIMA A MENORES	ACARREO PROMEDIO A MENORES	VOLUMEN SUBRASANTE A MAYORES	VOLUMEN SUBRASANTE A MENORES	M3/KM A MAYORES	M3/KM AMENORES
TLACOTE	6	12.9	8	15	14	6	13	13	7,350.00	-	102,900.00	-
2 SUBRASANTE	20.14	6.1	23.16	10	9	8	19	13	-	36,061.69	-	468,801.97
1 SUBRASANTE ACCESO 2	29.3	8.6	33.86	14	12	28.16	10	10	16,476.78	3,653.80	197,721.36	36,538.00
1 SUBRASANTE ACCESO 1	23.16	4.37	28.16	10	8	20.14	8	7	18,347.56	10,993.82	146,780.48	76,956.74

VOLUMEN TOTAL	92,883.65	M3/KM TOTALES	1,029,698.55
---------------	-----------	---------------	--------------

DISTANCIA DE ACARREO PROMEDIO	11.08589671
-------------------------------	-------------



BANCO DE SUMINISTRO	BANCO TLACOTE POR ACCESO EN 6+000	BANCO 2 SUBRASANTE POR ACCESO EN 20+140	BANCO 1 SUBRASANTE POR ACCESO EN 23+160	BANCO 1 SUBRASANTE POR ACCESO EN 23+160	BANCO 1 SUBRASANTE POR ACCESO EN 29+300	BANCO 1 SUBRASANTE POR ACCESO EN 29+300
DISTANCIA PROMEDIO A TRAMO	14	13	7	8	10	12

SUBBALASTO

NOMBRE BANCO	CADENAMIENTO DE INTERSECCION CON LA TRAZA	DISTANCIA BANCO A TRAZA	CADENAMIENTO DE PUNTO MAXIMO DE ACARREO A MAYORES SOBRE TRAZA	DISTANCIA MAXIMA A MAYORES	ACARREO PROMEDIO A MAYORES	CADENAMIENTO DE PUNTO MAXIMO DE ACARREO A MENORES SOBRE TRAZA	DISTANCIA MAXIMA A MENORES	ACARREO PROMEDIO A MENORES	VOLUMEN SUBBALASTO A MAYORES	VOLUMEN SUBBALASTO A MENORES	M3/KM A MAYORES	M3/KM AMENORES
BANCO MATERIALES	6	26.9	8.69	30	29	6	27	27	-	-	-	-
BANCO AGC	6	19.3	8.69	22	21	6	20	20	-	-	-	-
BCO. TLACOTE VOLCANICO ACCESO 1	6	12.9	16.15	24	19	6	13	13	-	-	-	-
BCO. TLACOTE VOLCANICO ACCESO 2	16.15	21.7	36.3	42	32	16.15	22	22	-	-	-	-
TRITURADOS GRAKO ACCESO 1	8.69	11.9	12.52	16	14	6	15	14	13,620.00	10,215.00	190,680.00	143,010.00
TRITURADOS GRAKO ACCESO 2	16.15	14.3	18.875	18	17	12.52	18	17	4,864.92	8,206.05	82,703.64	139,502.85
LAS BRUJAS ACCESO 1	21.6	14.3	21.6	15	15	18.875	18	17		10,289.27	-	174,917.59
LAS BRUJAS ACCESO 2	29.3	4.32	36.3	12	9	21.6	13	9	15,334.33	23,950.85	138,008.97	215,557.65

VOLUMEN TOTAL	86,480.42	M3/KM TOTALES	1,084,380.70
---------------	-----------	---------------	--------------

DISTANCIA DE ACARREO PROMEDIO	12.53903138
-------------------------------	-------------



BANCO DE SUMINISTRO

BCO. TLACOTE VOLCANICO POR ACCESO EN 6+000

BCO. TLACOTE VOLCANICO POR ACCESO EN 16+150

DISTANCIA PROMEDIO A TRAMO

19	32
----	----

BALASTO

NOMBRE BANCO	CADENAMIENTO DE INTERSECCION CON LA TRAZA	DISTANCIA BANCO A TRAZA	CADENAMIENTO DE PUNTO MAXIMO DE ACARREO A MAYORES SOBRE TRAZA	DISTANCIA MAXIMA A MAYORES	ACARREO PROMEDIO A MAYORES	CADENAMIENTO DE PUNTO MAXIMO DE ACARREO A MENORES SOBRE TRAZA	DISTANCIA MAXIMA A MENORES	ACARREO PROMEDIO A MENORES	VOLUMEN BALASTO A MAYORES	VOLUMEN BALASTO A MENORES	M3/KM A MAYORES	M3/KM AMENORES
MATERIALES	6	26.9	8.69	30	29	6	27	27	-	-	-	-
AGC 2	6	23.5	8.69	27	26	6	24	24	-	-	-	-
EL MARQUES EBSA	6	26.8	8.69	30	29	6	27	27	-	-	-	-
AGC	6	19.3	8.69	22	21	6	20	20	-	-	-	-
GRAKO ACCESO 1	8.69	11.9	12.52	16	14	6	15	14	17,556.57	12,330.85	245,791.94	172,631.93
GRAKO ACCESO 2	16.15	14.3	18.875	18	17	12.52	18	17	12,491.29	16,639.77	212,351.95	282,876.17
LAS BRUJAS ACCESO 1	21.6	14.3	21.6	15	15	18.875	18	17	-	12,491.29	-	212,351.95
LAS BRUJAS ACCESO 2	29.3	4.32	36.3	12	9	21.6	13	9	32,087.72	35,296.49	288,789.48	317,668.43

VOLUMEN TOTAL	138,893.99	M3/KM TOTALES	1,732,461.84
---------------	------------	---------------	--------------

DISTANCIA DE ACARREO PROMEDIO	12.47326733
-------------------------------	-------------



BANCO DE SUMINISTRO	TRITURADOS GRAKO POR ACCESO EN 8+690	TRITURADOS GRAKO POR ACCESO 8+690	TRITURADOS GRAKO POR ACCESO 16+150	TRITURADOS GRAKO POR ACCESO 16+150	TRITURADOS GRAKO POR ACCESO 16+150	LAS BRUJAS POR ACCESO 21+600	LAS BRUJAS POR ACCESO 29+300	LAS BRUJAS POR ACCESO 29+300
DISTANCIA PROMEDIO A TRAMO	14	14	17	17	17	9	9	9

Anexo B. Importe Reporte enviado a ingeniería interna para la valuación de la partida de caminos a reubicar

Del documento Interferencias y Canalizaciones Transversales, se ubicó el documento Reposición de Carreteras y Caminos Existentes, donde se encuentran los siguientes documentos:

- Reporte fotográfico
- TQI-QIS1-ANE-ICT-INV-4501.pdf

De estos dos documentos, una vez revisados, se encontró lo siguiente:

1. En el cadenamiento 6+134, con coordenadas 347,301.76, 2,278,479.98

Camino de terracería paralelo al proyecto (fotos 205 – 208)

L [m]	A [m]	Area(m2)
200	5	1,000.00

Camino paralelo cancelado, da acceso a un predio de un depósito de camiones. Tendría que reubicarse el acceso y quizás hacer trabajos adicionales en los caminos de terracería existentes que dan acceso a la zona.

2. En el cadenamiento 6+651 con coordenadas 346,788.39, 2,278,410.99

Camino de terracería paralelo al proyecto (fotos 361 – 364)

L [m]	A [m]	Area(m2)
350	4	1,400.00

Camino paralelo que no da acceso a nada, sustituir por otro camino de terracería.

3. En el cadenamiento 7+566 con coordenadas 345,893.85, 2,278,220.49

Termina camino de terracería (fotos 225 – 228)

L [m]	A [m]	Area(m2)
-------	-------	----------

915	3	2,745.00
-----	---	----------

Camino paralelo que no da acceso a nada, sustituir por otro camino de terracería.

4. En el cadenamiento 9+315 con coordenadas 344,176.33, 2,277,885.24
Camino de terracería paralelo al eje. (fotos 57 – 60)

L [m]	A [m]	Area(m2)
200	3.5	700.00

Sustitución de camino de terracería.

5. En el cadenamiento 11+095 con coordenadas 342,434.78, 2,277,516.94
Camino paralelo al eje de 2 carriles, ambos sentidos. (fotos 277 – 280) Esto es lo que menciona el documento TQI-QIS1-ANE-ICT-INV-4501.pdf: las fotos no se encontraron.
No existe en este cadenamiento.
6. En el cadenamiento 11+789 con coordenadas 341,797.32, 2,277,262.81
Transversal a carretera desagüe en canal. (fotos 241 – 244) Esto es lo que menciona el documento TQI-QIS1-ANE-ICT-INV-4501.pdf: las fotos no se encontraron.
No existe en este cadenamiento.
7. En el cadenamiento 11+799 con coordenadas 341,787.19, 2,277,261.25
Camino de terracería a camino de terracería. (fotos 281 – 284) Esto es lo que menciona el documento TQI-QIS1-ANE-ICT-INV-4501.pdf: las fotos no se encontraron.
No existe en este cadenamiento.
8. En el cadenamiento 12+130 con coordenadas 341,462.55, 2,277,172.72

Camino de terracerías paralelo al eje. (229 – 232)

L [m]	A [m]	Area(m2)
240	4.5	1,080.00

Camino de servicio a terrenos agrícolas del rancho Santa Patricia.

9. En el cadenamiento 12+375 con coordenadas 341,242.51, 2,277,065.17
Camino de terracería paralelo al eje. (161 - 164)

L [m]	A [m]	Area(m2)
245	3.5	857.50

Camino de servicio a terrenos agrícolas del rancho Santa Patricia.

10. En el cadenamiento 12+926 con coordenadas 340,783.15, 2,276,748.33
Camino de terracería, paralelo al eje de proyecto. (fotos 105 – 108)

L [m]	A [m]	Area(m2)
505	8	4,040.00

Camino de servicio a terrenos agrícolas del rancho Santa Patricia.

11. En el cadenamiento 13+431 con coordenadas 340,322.18, 2,276,540.43
Camino de terracería, paralelo al eje de proyecto. (fotos 121 – 124)

L [m]	A [m]	Área(m2)
134	6	804.00

Camino de servicio a terrenos agrícolas del rancho Santa Patricia.

12. En el cadenamiento 13+565 con coordenadas 340,161.92, 2,276,567.49
Paralelo al eje y a las vías existentes. (fotos 361 – 364)

L [m]	A [m]	Área(m2)
120	3.5	420.00

Camino de servicio a terrenos agrícolas del rancho Santa Patricia.

13. En el cadenamiento 13+920 con coordenadas 339,879.02, 2,276,333.04

Camino de terracería, paralelo al eje de proyecto. (fotos 137 – 140)

Las fotos corresponden a un camino ubicado a lado sur de la vía y que no será afectado por el proyecto, por lo tanto, no hay trabajo que ejecutar.

14. En el cadenamamiento 14+409 con coordenadas 339,438.42, 2,276,120.88

Camino de terracería, paralelo al eje de proyecto. (fotos 153-156)

Las fotos corresponden a un camino ubicado al lado sur de la vía y que no será afectado por el proyecto, por lo tanto, no hay trabajo que ejecutar.

15. En el cadenamamiento 14+944 con coordenadas 338,954.50, 2,275,894.41

Camino de terracería, paralelo al eje de proyecto. (fotos 181- 184)

Las fotos corresponden a un camino ubicado al lado sur de la vía y que no será afectado por el proyecto, por lo tanto, no hay trabajo que ejecutar.

16. En el cadenamamiento 16+212 con coordenadas 337,794.54, 2,275,383.35

Camino de terracería, Av. Ferrocarriles y priv. Ferrocarril (fotos 105 – 108)

Este camino se encuentra dentro del derecho de vía del ferrocarril sin ser afectado por las obras a ejecutarse en este tramo que es de viaducto, por lo tanto, no se consideran trabajos a ejecutar.

17. En el cadenamamiento 16+268 con coordenadas 337,748.77, 2,275,350.90

Intersección de caminos Av. Ferrocarriles y Benito Juárez (fotos 145 – 148)

Este camino se encuentra dentro del derecho de vía del ferrocarril sin ser afectado por las obras a ejecutarse en este tramo que es de viaducto, por lo tanto, no se consideran trabajos a ejecutar.

18. En el cadenamamiento 16+360 con coordenadas 337,678.56, 2,275,291.57

Camino de terracería y camino de asfalto (fotos 193 – 196)

Este camino se encuentra dentro del derecho de vía del ferrocarril sin ser afectado por las obras a ejecutarse en este tramo que es de viaducto; por lo tanto, no se consideran trabajos a ejecutar.

19. En el cadenamamiento 16+461 con coordenadas 337,593.20, 2,275,240.02

Termina camino de terracería (fotos 225 – 228)

Este camino se encuentra dentro del derecho de vía del ferrocarril sin ser afectado por las obras a ejecutarse en este tramo que es de viaducto, por lo tanto, no se consideran trabajos a ejecutar.

20. En los cadenamientos 17+300 - 17+720

Camino de terracería agregado a la lista proporcionada por la ingeniería básica

L [m]	A [m]	Área(m ²)
420	4.5	1,890.00

Camino que da acceso a una construcción y que será obstruido por el viaducto, se propone reubicar.

21. En el cadenamiento 18+092 con coordenadas 336,101.84, 2,274,571.93

Camino de terracería paralelo al eje. (fotos 157 – 160)

L [m]	A [m]	Área(m ²)
125	3.5	437.50

Camino de servicio para terrenos agrícolas, reubicar.

22. En el cadenamiento 19+115 con coordenadas 335,157.88, 2,274,193.35

Camino de terracería (fotos 1 – 4)

L [m]	A [m]	Área(m ²)
610	4	2,440.00

Camino de terracerías para acceso a una torre de telecomunicación (la torre quedará en medio de las vías de carga y las vías de pasajeros nuevas), reubicar camino y revisar si la torre de comunicaciones se reubicará o se le da acceso por la vía de carga.

23. En el cadenamiento 20+019 con coordenadas 334,286.14, 2,273,954.94

Camino de terracería paralelo al eje (fotos 117 – 120)

Este camino no se considera su reposición ya que no queda dentro del derecho de vía a afectar.

24. En el cadenamiento 20+154 con coordenadas 334,161.63, 2,273,900.03

Camino de terracería paralelo al eje (117 – 120)

L [m]	A [m]	Área(m2)
400	4.5	1,800.00

Camino de terracería a reubicar.

25. En el cadenamiento 23+164 con coordenadas 331,191.58, 2,274,192.74

Camino de terracería lateral al eje (fotos 49 – 52)

L [m]	A [m]	Área(m2)
400	4.5	1,800.00

Camino de servicio a terrenos agrícolas

26. En el cadenamiento 23+170

Camino de terracería agregado a la ingeniería básica.

L [m]	A [m]	Área(m2)
175	4	700.00

Continuación del camino anterior.

27. En el cadenamiento 27+200

Camino de terracería agregado a la ingeniería básica.

L [m]	A [m]	Área(m2)
75	4.5	337.50

Camino de servicio a terrenos agrícolas.

28. En el cadenamiento 29+275

Camino de terracería agregado a la ingeniería básica.

L [m]	A [m]	Área(m ²)
220	5	1,100.00

Camino paralelo que da acceso a casas, afectando un acceso vehicular y un acceso peatonal.

29. En el cadenamiento 29+285

Camino de terracería agregado a la ingeniería básica.

L [m]	A [m]	Área(m ²)
120	5.5	660.00

Camino que da acceso a un centro de servicio automotriz y a un terreno donde guardan camiones.

30. En el cadenamiento 30+038 con coordenadas 324,744.08, 2,272,209.31

Paralelo al eje (fotos 649 – 652)

L [m]	A [m]	Área(m ²)
75	3.5	262.50

Camino de empedrado que se ve afectado en la mitad de su ancho.

31. En el cadenamiento 30+244 con coordenadas 324,537.71, 2,272,190.40

Paralelo y transversal al eje (fotos 241 – 244)

L [m]	A [m]	Área(m ²)
-------	-------	-----------------------

435	4	1,740.00
-----	---	----------

Camino de empedrado paralelo a la vía que da acceso a 8 casas, un instituto educativo y una colonia con aproximadamente 30 casas, más que rehacer el camino se tiene que buscar un nuevo camino de acceso para la colonia y el instituto considerando un puente para cruzar un río y el camino tendría una distancia aproximada de 1100 metros a 7 metros de ancho.

L [m]	A [m]	Área(m ²)
1100	7	7,700

Considerar camino de asfalto.

32. En el cadenamiento 31+153 con coordenadas 323,628.98, 2,272,205.00

Paralelo al eje (fotos 481-484)

L [m]	A [m]	H [m]	Área(m ²)
410	6	4	2,460.00

Camino de terracería que se ve afectado en su totalidad, cancelando accesos a varias casas y negocios por la construcción de la estación.

33. En los cadenamientos:

- 34+683 (fotos 1 – 4)
- 34+709 (fotos (67 – 70)
- 34+843 (fotos 75 – 78)
- 35+119 (fotos 79 – 82)
- 35+135 (fotos 83 – 86)
- 35+602 (fotos 95 – 98)

Caminos de servicio a parcelas que cruzan por debajo del viaducto 2 y para los cuales se consideró un solo criterio por la probable interferencia de los apoyos del viaducto.

L [m]	A [m]	Área(m2)
70	4	280.00
70	4	280.00
70	3.5	245.00
70	4	280.00
70	3	210.00
70	3	210.00

Cambios de trayectoria del camino.

Notas:

- Los cadenamientos a los que se hace referencia son los de la ingeniería básica del documento TQI-QIS1-ANE-ICT-INV-4501.pdf, son aproximados a la ubicación real del camino y pueden ubicarse en cualquier punto a lo largo del tramo al que se refieren.
- Las fotos a las que se hace mención son las señaladas en el reporte fotográfico de la ingeniería básica y no siempre corresponden al tramo mencionado.
- Los datos en este reporte son los observados a través de un recorrido virtual por medio de Google Earth, en el cual se basan las correcciones y comentarios.
- Se anexan la tabla final y un resumen de áreas de cada tipo de camino.