

UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA  
SEDE CONCEPCION REY BALDUINO DE BELGICA  
CONCEPCION

PROYECTO "RECONSTRUCCIÓN ESTACIONAMIENTO AULA MAGNA Y  
ENCAUZAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES MEDIANTE LA METODOLOGIA BIM"

Eduardo González Estay

2024

UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA  
SEDE CONCEPCION  
“REY BALDUINO DE BELGICA”

PROYECTO “RECONSTRUCCIÓN ESTACIONAMIENTO AULA MAGNA Y  
ENCAUZAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES MEDIANTE LA METODOLOGIA BIM”

TRABAJO PARA OPTAR AL TITULO PROFESIONAL  
DE INGENIERO CONSTRUCTOR

Alumno: Eduardo González Estay

Profesor Guía: Cristopher Pérez M.

2024

## **DEDICATORIA**

Primeramente, agradezco a Dios por su bendición y por estar siempre a mi lado, así como a mi familia por su comprensión y apoyo incondicional.

## **RESUMEN DEL PROYECTO.**

La ciudad de Concepción, con un promedio anual de precipitaciones de 839 mm, ha enfrentado recurrentes problemas de inundaciones y deterioro de infraestructuras debido a las intensas lluvias. Entre las áreas afectadas se encuentra el estacionamiento frente al Aula Magna de la Universidad Técnica Federico Santa María, Sede Concepción.

Las vías de circulación para el tránsito vehicular, construidas en 1970, cuentan con un sistema de pavimentación flexible con adoquines que, debido al paso del tiempo, las raíces de los árboles circundantes y la falta de un drenaje adecuado han provocado deformaciones significativas. Esta condición ha afectado la funcionalidad, seguridad y estética institucional, especialmente durante eventos que atraen a visitantes externos.

El proyecto tiene como objetivo la reconstrucción integral del estacionamiento, renovando su paquete estructural y utilizando adoquines dispuestos en patrones que mejoren la intertrabazón y refuercen la durabilidad. También se diseñará un sistema de drenaje adecuado, dimensionado mediante métodos hidrológicos como el método racional, adaptado a las características climáticas y geográficas de la región. Se empleará la metodología BIM para garantizar un diseño eficiente, sostenible y conforme a las normativas vigentes, optimizando recursos, anticipando posibles conflictos y facilitando la coordinación entre los involucrados. Además, se evaluará el impacto de las soluciones propuestas en términos de costo y tiempo.

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	3
PROBLEMÁTICA.....	4
JUSTIFICACIÓN.....	8
OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO.....	8
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	9
MARCO TEÓRICO.....	9
MARCO NORMATIVO.....	10
METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	11
CAPITULO I: DIAGNOSTICO DE LAS CONDICIONES ACTUALES .....	12
1.1 ANÁLISIS DE LA SITUACION ACTUAL.....	13
1.2 IRREGULARIDADES CARPETA DE RODADO.....	14
1.3 GEOMETRIA.....	16
1.4 DRENAJE.....	18
1.5 ACCESIBILIDAD UNIVERSAL.....	19
1.6 SEGURIDAD.....	21
CAPITULO II: CÁLCULOS Y DISEÑO .....	22
2.1 DISEÑO DE PAVIMENTO A BASE DE ADOQUINES DE CONCRETO. ....	23
2.1.1 FORMA DE LOS ADOQUINES.....	24
2.1.2 APAREJO DE COLOCACIÓN DE ADOQUINES.....	26
2.1.3 COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.....	28
2.1.4 CAPAS DE ÁRIDOS.....	32
2.1.4.1 CAMA DE ARENA.....	32

2.1.4.2 BASE Y SUBBASE.....	34
2.1.5 DETERMINACIÓN DE ESTRUCTURA.....	36
2.1.5.1 CLASIFICACIÓN SEGÚN TRÁFICO.....	36
2.2 CAUDAL DE DISEÑO.....	38
2.2.1 MÉTODO RACIONAL.....	38
2.2.2 ÁREA APORTANTE.....	40
2.2.3 COEFICIENTE DE ESCORRENTIA.....	41
2.2.4 INTENSIDAD DE LLUVIA.....	43
2.2.5 CAUDAL MÁXIMO APORTANTE.....	43
CAPITULO III: PRESUPUESTO.....	44
3.1 ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO (APU).....	45
CAPITULO IV: PROGRAMACIÓN.....	57
4.1 PROGRAMACIÓN DE OBRA.....	58
CONCLUSIÓN.....	60
BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES DE INFORMACIÓN.....	61
ANEXO I: MEMORIA DE CÁLCULO.....	63
ANEXO II: PLANOS.....	68
ANEXO III: IMÁGENES COMPLEMENTARIAS.....	71

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 01 - PRECIPITACIONES MENSUALES CONCEPCIÓN.....	4
ILUSTRACIÓN 02 - DÍAS DE LLUVIA MENSUAL CONCEPCIÓN. ....	5
ILUSTRACIÓN 03 - ESTRUCTURA DE PAVIMENTO PERMEABLE. ....	6
ILUSTRACIÓN 04 – TABLA MULTAS POR IRREGULARIDADES.....	7
ILUSTRACIÓN 05 – FOTOGRAFÍA ESTACIONAMIENTO EXISTENTE. ....	13
ILUSTRACIÓN 06 - FOTOGRAFÍA ESTACIONAMIENTO EXISTENTE.....	14
ILUSTRACIÓN 07 - TABLA MULTAS POR IRREGULARIDADES. ....	15
ILUSTRACIÓN 08 – ENSAYO DE LISURA.....	16
ILUSTRACIÓN 09 – EMPLAZAMIENTO ESTACIONAMIENTO.....	17
ILUSTRACIÓN 10 – MEDIDA INDIVIDUAL ESTACIONAMIENTOS. ....	17
ILUSTRACIÓN 11 – FOTOGRAFÍA CUNETAS EXISTENTE. ....	18
ILUSTRACIÓN 12 – FOTOGRAFÍA SUMIDERO EXISTENTE.....	18
ILUSTRACIÓN 13 – DIMENSIONAMIENTO NORMATIVO ESTACIONAMIENTOS.....	20
ILUSTRACIÓN 14 – DIRECCIÓN CONTRA AL FLUJO VEHICULAR. ....	21
ILUSTRACIÓN 15 – FORMA ADOQUÍN TIPO “A”. ....	24
ILUSTRACIÓN 16 – FORMA ADOQUÍN TIPO “B”. ....	24
ILUSTRACIÓN 17 – FORMA ADOQUÍN TIPO “C”. ....	25
ILUSTRACIÓN 18 – EFECTO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.....	25
ILUSTRACIÓN 19 – APAREJOS DE ADOQUINES.....	26
ILUSTRACIÓN 20 - EFECTO DEL APAREJO EN LAS DEFLEXIONES. ....	27
ILUSTRACIÓN 21 – EFECTO DEL APAREJO EN LAS DEFORMACIONES HORIZONTALES....	27
ILUSTRACIÓN 22 – ESTRUCTURA TÍPICA DE UN PAVIMENTO. ....	30

ILUSTRACIÓN 23 – TRABAZÓN VERTICAL, HORIZONTAL Y ROTACIONAL. ....	32
ILUSTRACIÓN 24 – INFLUENCIA DEL ESPESOR DE LA CAMA DE ARENA. ....	33
ILUSTRACIÓN 25 – BANDA GRANULOMÉTRICA PARA MATERIAL CAMA DE ARENA. ....	34
ILUSTRACIÓN 26 – CLASIFICACIÓN DE TRAFICO. ....	37
ILUSTRACIÓN 27 – ESPESOR DE BASE Y SUBBASE. ....	38
ILUSTRACIÓN 28 – VISUALIZACIÓN GRAFICA DE ÁREAS. ....	64
ILUSTRACIÓN 29 – CUBICACIÓN ÁREAS DEL PROYECTO. ....	64
ILUSTRACIÓN 30 – COEFICIENTES DE ESCORRENTÍA. ....	65
ILUSTRACIÓN 31 – COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA CON PROYECTO. ....	65
ILUSTRACIÓN 32 – PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA EN 24HRS. ....	65
ILUSTRACIÓN 33 – COEFICIENTES DE FRECUENCIA. ....	66
ILUSTRACIÓN 34 – COEFICIENTES DE DURACIÓN. ....	66
ILUSTRACIÓN 35 – CÁLCULO DREN. ....	67
ILUSTRACIÓN 36 – PLANO DETALLE ESTACIONAMIENTO. ....	69
ILUSTRACIÓN 37 – PLANO DETALLE DREN. ....	70
ILUSTRACIÓN 38 – REGISTRO FOTOGRÁFICO DÍA DE PRECIPITACIONES. ....	72
ILUSTRACIÓN 39 – REGISTRO FOTOGRÁFICO SOLERILLAS. ....	72
ILUSTRACIÓN 40 – LEVANTAMIENTO RECAP PRO. ....	73
ILUSTRACIÓN 41 – MODELADO DE ESTACIONAMIENTO EXISTENTE. ....	73
ILUSTRACIÓN 42 – MODELADO DE ESTACIONAMIENTO PROYECTADO. ....	74
ILUSTRACIÓN 43 – VISTA ESTACIONAMIENTO PROYECTADO. ....	74

## **INTRODUCCIÓN.**

La Universidad Técnica Federico Santa María, sede Concepción, fundada el 26 de abril de 1971, es una institución de educación superior que ofrece más de 15 programas de pregrado en jornadas diurnas y vespertinas. El acceso al campus se realiza principalmente a través del sistema de metro, aunque un número considerable de estudiantes y docentes optan por utilizar vehículos particulares, aprovechando los más de 130 espacios de estacionamiento disponibles.

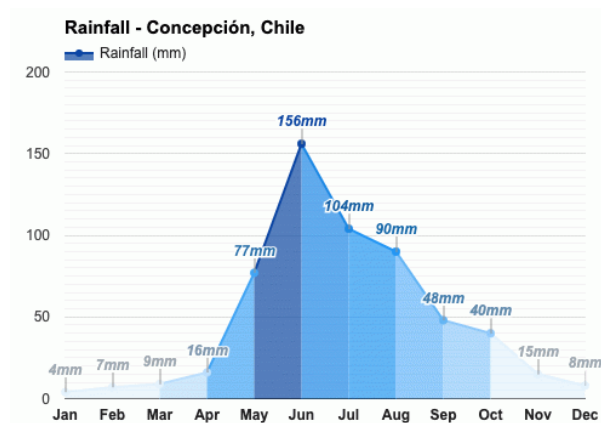
No obstante, debido al aumento en el flujo vehicular y otros factores como el desgaste del pavimento, la acción de las raíces de los árboles circundantes y la deficiencia en el sistema de drenaje, el estacionamiento ubicado frente al Aula Magna presenta un deterioro considerable. Este deterioro compromete tanto la seguridad y funcionalidad del espacio como el cumplimiento de las normativas vigentes en materia de accesibilidad universal. En este contexto, el proyecto tiene como objetivo un nuevo diseño para la reconstrucción integral del estacionamiento, la mejora del sistema de drenaje pluvial y la optimización de la accesibilidad, implementando la metodología BIM como herramienta clave para asegurar un diseño eficiente, sostenible y conforme a las normativas técnicas aplicables.

## PROBLEMÁTICA.

Actualmente el estacionamiento ubicado frente del Aula Magna de la Universidad Técnica Federico Santa María Sede Concepción presenta una deformación en su calzada, causada en su mayoría por las raíces de los árboles circundantes a aquel sector. Esta alteración en el pavimento da lugar a un problema adicional: la acumulación de aguas pluviales.

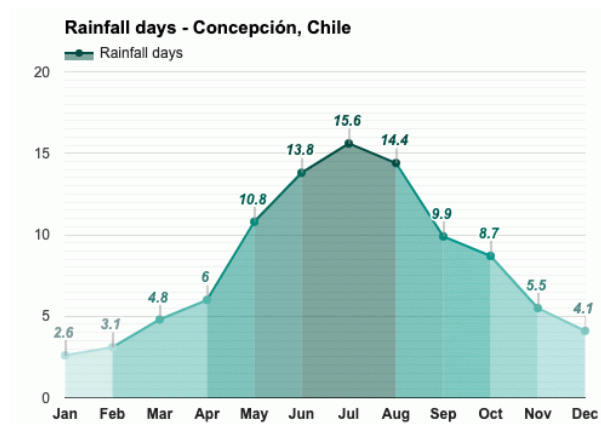
En el presente año 2024, las precipitaciones han provocado el anegamiento de varios sectores. En este contexto, la universidad también se vio afectada por el aumento de las lluvias, lo que resultó en una inundación en el área destinada al proyecto en cuestión, dificultando la circulación y la funcionalidad del espacio.

En Concepción, la precipitación media alcanza el promedio de 839mm al año.



*Ilustración 01 - Precipitaciones Mensuales Concepción.*

Fuente: <https://www.weather-atlas.com/es/chile/concepcion-clima>

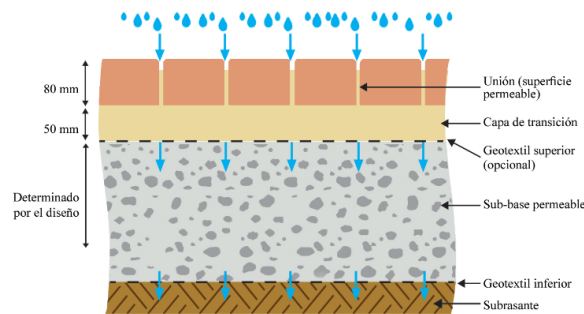


*Ilustración 02 - Días de Lluvia Mensual Concepción.*  
 Fuente: <https://www.weather-atlas.com/es/chile/concepcion-clima>

El agua de lluvia puede tener un impacto significativo en la estabilidad estructural de un pavimento. Cuando la lluvia se infiltra en las capas de la superficie del pavimento, puede debilitar los materiales subyacentes, afectando su resistencia y durabilidad. La humedad acumulada, especialmente en zonas con drenaje insuficiente, puede causar la disgregación de los componentes del pavimento, lo que lleva a la formación de grietas, baches y hundimientos. Además, la acción repetida del agua sobre el pavimento genera ciclos de expansión y contracción, lo que incrementa la posibilidad de fallas estructurales.

La construcción de la calzada vehicular de la Universidad Técnica Federico Santa María sede Concepción data desde los años 1969-1972. Esta calzada corresponde a un pavimento flexible conformada por adoquines, las numerosas juntas entre los

adoquines permiten que el agua superficial penetre en la estructura, afectando directamente a las capas inferiores. Esto provoca la disgregación del material y una pérdida de resistencia, especialmente en la base, lo que finalmente genera deformaciones en la superficie. En figura 3 se ilustra el pavimento existente.



*Ilustración 03 - Estructura de Pavimento Permeable.*

Fuente: <https://www.redalyc.org/jatsRepo/104/10450491009/html/index.html>

Las deformaciones observadas en la calzada del estacionamiento del Aula Magna constituyen una deficiencia significativa, tanto en términos de confort para los usuarios como en la integridad estructural del pavimento. De acuerdo con la normativa vigente, el rango aceptable para la lisura de un pavimento no debe superar los 8 milímetros en cuanto a abultamientos y hendiduras. Este límite se establece con el fin de garantizar la seguridad y funcionalidad del pavimento, y cualquier exceso puede comprometer la durabilidad de la estructura, además de afectar la comodidad y seguridad de los usuarios.

**TABLA 5.408.304.H  
MULTAS POR IRREGULARIDADES**

IRREGULARIDAD (mm)	MULTAS CON RESPECTO AL VALOR DE LA CAPA DE RODADURA EN EL AREA AFECTADA	
	Camino Principal TMDA $\geq$ 1.000 veh/día	Camino Secundario TMDA < 1.000 veh/día
5	10%	-
6	15%	2%
7	30%	5%
8	100% o se rehará	15%
9		25%
10		100% o se rehace

*Ilustración 04* – Tabla Multas por Irregularidades.  
Fuente: Manual de Carreteras Volumen 5.

Es relevante señalar que, de acuerdo con mediciones realizadas, los resultados sobrepasan el rango permitido. Cabe mencionar que el diseño actual del estacionamiento no cumple con los estándares técnicos de accesibilidad establecidos por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU), lo cual implica un incumplimiento de las normativas vigentes en materia de accesibilidad.

Asimismo, durante eventos que cuentan con la presencia de invitados externos a la Universidad, este estacionamiento se convierte en la principal opción para su uso. No obstante, las condiciones actuales del área afectan negativamente la percepción de la infraestructura, lo que repercute en la imagen institucional.

## **JUSTIFICACIÓN.**

Es de gran relevancia para la comunidad estudiantil, los funcionarios y los visitantes evitar inundaciones que puedan interrumpir el tránsito vehicular. El propósito principal de este trabajo es desarrollar un proyecto integral, que contemple todos los aspectos técnicos y de diseño para ser entregado a la universidad, con el fin de materializar la idea preliminar aprobada por casa Central Valparaíso y así dar solución a la problemática planteada.

La metodología BIM ha demostrado ser efectiva y se está promoviendo en Chile por sus beneficios al aumentar la eficiencia, reducir costos y mejorar la calidad en la construcción. Su capacidad para prever problemas y mejorar la comunicación entre los actores del proyecto la convierte en una herramienta indispensable para los proyectos de construcción modernos.

## **OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO.**

Desarrollar un proyecto integral para la reconstrucción del estacionamiento del Aula Magna y la optimización del sistema de drenaje de aguas pluviales en aquel sector, mediante la aplicación de la metodología BIM, con el objetivo de mejorar la precisión en el diseño y la sostenibilidad del proyecto.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- Realizar un diagnóstico del estacionamiento existente para documentar las condiciones actuales y las áreas que requieren rehabilitación, asegurando una base precisa para el diseño del nuevo estacionamiento.
- Diseñar un nuevo estacionamiento utilizando BIM, incorporando mejoras en la estructura, la funcionalidad y la durabilidad, para optimizar el espacio y asegurar su adecuación a los requisitos actuales.
- Valorar el impacto de las soluciones propuestas en términos de costo y tiempo, utilizando softwares BIM.

## **MARCO TEÓRICO.**

Para entender de mejor manera el desarrollo de este proyecto, debemos entender los siguientes conceptos:

- Agua Lluvias: aguas provenientes de la precipitación desde la atmosfera en forma líquida.
- Escorrentía: Parte de la precipitación que fluye por la superficie del terreno (escorrentía superficial) o en el interior de este (escorrentía subterránea).
- Estacionamiento: Espacio destinado a la parada temporal de un vehículo.
- Dren: Sistema de drenaje que recolecta y elimina el agua lluvia y la escorrentía superficial en una superficie.
- BIM: Metodología de Construcción basada en procesos que permiten diseñar, planear, construir y administrar edificios y/o estructuras de forma colaborativa.

- Adoquín: Bloque de pavimentación fabricado de concreto que tiene una forma generalmente prismática y se utiliza para pavimentar superficies como calles, caminos, aceras, y espacios públicos.
- Accesibilidad Universal: Diseño que permite el acceso y uso de espacios, productos y servicios por todas las personas, sin importar sus capacidades.
- Canaleta de Piso: Elemento de drenaje ubicado en el borde de las vías o caminos diseñado para recolectar y conducir el agua de lluvia o escorrentía superficial hacia sistemas de drenaje adecuados.

#### **MARCO NORMATIVO.**

- RIDA.
- Método AASHTO
- Ley general de Urbanismo y Construcción.
- Manual de carreteras, volumen 3, 4, 5 y 8.
- Plan BIM del MOP
- Guía de Soluciones Accesibles para espacios públicos y viviendas, serie Estándares Técnicos de Construcción MINVU.

## **METODOLOGÍA DE TRABAJO**

Para garantizar el éxito y desarrollo del proyecto, se definen las siguientes fases, cada una con su respectiva herramienta y objetivo específico:

- **Definición del alcance del Proyecto:** Fase inicial de recopilación de los requisitos y especificaciones del proyecto, identificando la necesidad y las restricciones técnicas.
- **Diagnóstico de las Condiciones Actuales:** Levantamiento detallado del sitio utilizando fotogrametría, apoyada por el software Recap Pro, que permite obtener modelos 3D precisos de las condiciones existentes.
- **Cálculos:** Ejecución de cálculos necesarios de acuerdo con los requerimientos técnicos definidos en el alcance conforme a las normativas vigentes.
- **Modelado:** Creación del nuevo modelo tridimensional utilizando el software Revit.
- **Evaluación Económica:** Elaboración del presupuesto del proyecto mediante el software Presto.
- **Evaluación del Tiempo de Ejecución:** Elaboración de la programación del proyecto mediante el software Project.

***CAPITULO I:***

***DIAGNOSTICO DE LAS CONDICIONES ACTUALES***

## 1.1 ANÁLISIS DE LA SITUACION ACTUAL.

El pavimento de adoquín es una opción comúnmente utilizada en áreas urbanas debido a su durabilidad, estética y facilidad de mantenimiento. Sin embargo, a lo largo del tiempo, factores como el tránsito vehicular constante, condiciones climáticas adversas, y el deterioro de la base estructural pueden provocar el desgaste y la pérdida de calidad de los adoquines. Cuando el pavimento de adoquín se encuentra en mal estado, no solo se ve afectada la funcionalidad y la seguridad del espacio, sino que también se generan inconvenientes estéticos y económicos

El área de estacionamiento vehicular del Aula Magna de la Universidad Técnica Federico Santa María, Sede Concepción, presenta actualmente una serie de irregularidades en su pavimento, lo que ha generado un deterioro significativo en su estado. La presencia de baches y otras deformaciones en la carpeta de rodadura es evidente, lo que dificulta tanto la circulación de vehículos como el acceso seguro de los peatones.



*Ilustración 05* – Fotografía Estacionamiento existente.  
Fuente: Elaboración propia.



*Ilustración 06* - Fotografía Estacionamiento existente.  
Fuente: Elaboración propia.

Estas irregularidades no solo afectan la funcionalidad del espacio, sino que también aumentan los riesgos de accidentes y perjuicios para los usuarios. Este análisis busca identificar las causas y magnitud del deterioro del pavimento, con el fin de proponer soluciones que mejoren la seguridad y el rendimiento del área, garantizando un entorno más seguro y accesible para la comunidad universitaria.

## **1.2 IRREGULARIDADES CARPETA DE RODADO.**

Al realizar un levantamiento de las condiciones actuales del estacionamiento, se observan diversas deficiencias en los componentes, las cuales requieren ser renovados y/o reemplazadas.

Es fundamental seguir las normativas establecidas, en este caso, se utilizará como referencia el Manual de Carreteras, Volumen 5, específicamente los ítems 5.480.304 (5) Control de Lisura para pavimentos flexibles y 5.480.315 (4) Control de Lisura para

pavimentos rígidos. Es importante señalar que las tolerancias establecidas son las mismas tanto para pavimentos flexibles como para pavimentos rígidos.

De acuerdo con el ítem 5.408.304 (5) "Lisura" del Manual de Carreteras, en pavimentos flexibles, no se aceptarán irregularidades en la capa asfáltica de superficie superiores a 8 mm en caminos con un TMDA de 1.000 vehículos/día, ni superiores a 10 mm en caminos con un TMDA inferior a 1.000 vehículos/día.

No se aceptarán losas de hormigón con irregularidades superiores a 8 mm para caminos con TMDA = 1.000 veh/día y 10 mm para caminos con TMDA < 1.000 veh/día. Según ítem 5.410.315(4) Lisura, del manual de Carretera. Tabla de multas según las irregularidades:

**TABLA 5.408.304.H  
MULTAS POR IRREGULARIDADES**

IRREGULARIDAD (mm)	MULTAS CON RESPECTO AL VALOR DE LA CAPA DE RODADURA EN EL AREA AFECTADA	
	Camino Principal TMDA ≥ 1.000 veh/día	Camino Secundario TMDA < 1.000 veh/día
5	10%	-
6	15%	2%
7	30%	5%
8	100% o se rehará	15%
9		25%
10		100% o se rehace

*Ilustración 07 - Tabla Multas por Irregularidades.*

Fuente: Manual de Carreteras Volumen 5.

Tras realizar una inspección visual del terreno y detectar las deformaciones, se procedió a tomar las mediciones correspondientes. Los datos obtenidos se presentan en la siguiente tabla:

PUNTO	MEDICION	REGISTRO FOTOGRAFICO
P1	103mm	
P2	90mm	
P3	104mm	
P4	48mm	

*Ilustración 08* – Ensayo de Lisura.  
Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar, los resultados del ensayo muestran que las lecturas superan el límite máximo de 8mm establecido por el manual de Carreteras en el sector del estacionamiento. Esto refleja un estado deficiente de la superficie en términos de lisura, lo que afecta negativamente el confort de los usuarios.

### **1.3 GEOMETRIA.**

El estacionamiento tiene una forma rectangular con dimensiones de 45 metros de largo por 4.7 metros de ancho. Está diseñado para albergar 16 vehículos dispuestos en líneas perpendiculares a la dirección principal de entrada.

Cada espacio destinado para el estacionamiento de los vehículos presenta dimensiones variables, lo que provoca un uso ineficiente del área disponible, en figura N° 10 medida de los espacios.



*Ilustración 09 – Emplazamiento Estacionamiento.*  
Fuente: Elaboración propia.

Rango (m)	Cantidad
2,0 - 2,1	0
2,1 - 2,2	1
2,2 - 2,3	5
2,3 - 2,4	3
2,4 - 2,5	5
2,5 - 2,6	2
<b>Total =</b>	<b>16</b>

*Ilustración 10 – Medida Individual Estacionamientos.*  
Fuente: Elaboración propia.

## 1.4 DRENAJE.

Actualmente, el sistema de drenaje del estacionamiento cuenta con dos elementos principales para la evacuación de aguas lluvias, una cuneta de 0,3 m de ancho y 45 m de largo, y un sumidero tipo S3. Sin embargo, ambos elementos se encuentran en condiciones deficientes. La cuneta presenta un claro deterioro debido a la falta de mantenimiento, con acumulación de material fino en su interior y las solerillas de sus alrededores parcialmente destruidas. Por otro lado, el sumidero está ubicado a 3 cm por encima de la rasante del pavimento, lo que reduce su eficiencia. Estas deficiencias ocasionan la acumulación de aguas lluvias en la superficie de esa área.



*Ilustración 11* – Fotografía Cuneta existente.  
Fuente: Elaboración propia.



*Ilustración 12* – Fotografía Sumidero existente.  
Fuente: Elaboración propia.

## **1.5 ACCESIBILIDAD UNIVERSAL.**

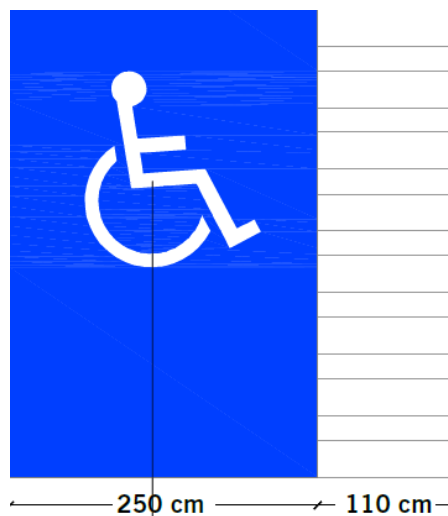
La accesibilidad universal se refiere al diseño de espacios, productos y servicios de manera que puedan ser utilizados por todas las personas, sin importar su edad, capacidad o situación temporal o permanente de discapacidad. En el contexto de un estacionamiento, esto implica garantizar que todas las personas, incluidas aquellas con movilidad reducida o discapacidad, puedan acceder, estacionarse y salir de sus vehículos de forma segura y cómoda. En Chile, la accesibilidad universal es un derecho protegido por diversas leyes y normativas, especialmente en lo relacionado con la construcción y modificación de espacios públicos y privados, la Norma Chilena NCh 3262:2012 establece los lineamientos técnicos para la accesibilidad universal en espacios públicos y privados, lo que incluye estacionamientos.

Según la Encuesta Nacional de Discapacidad (ENDISC 2015), en Chile, aproximadamente el 10,5% de la población vive con alguna discapacidad, lo que resalta la importancia de contar con una infraestructura accesible en todos los ámbitos, incluyendo los estacionamientos. De esta población, un porcentaje significativo enfrenta barreras físicas para acceder a ciertos espacios, especialmente en áreas urbanas, donde el diseño de la infraestructura no siempre sigue los lineamientos de accesibilidad universal.

En los estacionamientos es un aspecto crucial para asegurar la integración de las personas con discapacidad en todos los ámbitos de la vida cotidiana. Un estacionamiento accesible no solo mejora la calidad de vida de estas personas, sino que también promueve una cultura de respeto e inclusión. Además, su correcta

implementación puede evitar sanciones legales a los propietarios de espacios públicos o privados, dado que el incumplimiento de las normativas puede resultar en infracciones.

Actualmente, el diseño del estacionamiento no contempla una franja de circulación adecuada para personas con movilidad reducida, lo que transgrede con lo establecido en la Norma Chilena NCh 3262:2012, que exige la inclusión de rutas accesibles para peatones con discapacidad. Esta norma específica que los espacios de circulación deben tener un ancho mínimo de 1,1 metros, lo que permite el paso de sillas de ruedas u otros dispositivos de movilidad. La falta de esta franja de circulación no solo genera un incumplimiento de las normativas vigentes, sino que también compromete la seguridad y accesibilidad de las personas con discapacidad, limitando su capacidad para transitar de manera autónoma y segura dentro del estacionamiento.



*Ilustración 13 – Dimensionamiento Normativo Estacionamientos.*

Fuente: Guía de Soluciones Accesibles para espacios públicos y vivienda MINVU.

## 1.6 SEGURIDAD.

El diseño de un estacionamiento debe incorporar diversas medidas de seguridad para asegurar la protección de los vehículos y el bienestar de los usuarios. Sin embargo, el estacionamiento actual no cumple de manera satisfactoria con varias de estas características clave de seguridad, entre las cuales se incluyen:

- Diseño de espacios amplios y bien delimitados: Actualmente, la distribución de los espacios de estacionamiento no está optimizada para maximizar el uso del área disponible. Además, la demarcación de los espacios se ha desvanecido con el tiempo, lo que dificulta su correcta identificación.
- Circulación Eficiente: El diseño del estacionamiento no facilita una entrada y salida eficiente de vehículos, quedan estacionados en dirección opuesta al flujo vehicular. Esto obliga realizar maniobras más complejas, aumentando el riesgo de accidentes.



*Ilustración 14* – Dirección contra al flujo Vehicular.  
Fuente: Elaboración propia.

***CAPITULO II:***

***CÁLCULOS Y DISEÑO***

## **2.1 DISEÑO DE PAVIMENTO A BASE DE ADOQUINES DE CONCRETO.**

El uso de adoquines como material de pavimentación se originó en la antigua Roma, donde se empleaban para construir calzadas duraderas que facilitaban el movimiento de tropas y el comercio a lo largo del imperio. Este tipo de pavimento, conocido como viae strata, consistía en bloques de piedra ajustados, que ofrecían superficies resistentes al paso de vehículos y personas.

Durante la Edad Media, el uso de adoquines disminuyó en muchas partes de Europa, aunque se continuaron utilizando en algunas regiones debido a su notable durabilidad. Con la Revolución Industrial en el siglo XIX, la necesidad de pavimentar las calles urbanas aumentó, lo que llevó a la revalorización de los adoquines, especialmente en áreas con alto tráfico. En este período, se comenzó a utilizar el hormigón y otros materiales para fabricar adoquines de manera más económica.

En el siglo XX, el adoquinado de concreto ganó relevancia como una opción más económica y versátil en comparación con la piedra natural. En la actualidad, los adoquines siguen siendo una opción popular para la pavimentación de calles, plazas y zonas peatonales, debido a su durabilidad, capacidad de drenaje y sostenibilidad, ya que son reciclables y fáciles de reparar.

El diseño de pavimentos con adoquines de concreto debe considerar varios aspectos técnicos: la selección adecuada de materiales (mezcla de cemento, agua y áridos), el tamaño y forma de los adoquines, la preparación de la base y subbase, entre otros.

### 2.1.1 FORMA DE LOS ADOQUINES.

Se clasifican internacionalmente como adoquines tipo “A”, “B” y “C”.

Los adoquines tipo “A” corresponden a unidades dentadas que se traban unas con otras proporcionando las mejores condiciones de inter-trabazón ante la aplicación de fuerzas verticales y horizontales. La figura 15 muestra una imagen del adoquín tipo “A”.



*Ilustración 15 – Forma Adoquín tipo “A”.*

Fuente: <https://ich.cl/manual-diseno-de-pavimentos-de-adoquines-de-hormigon/>

Los adoquines tipo “B” ofrecen una menor inter-trabazón y permiten un mejor desempeño ante desplazamientos paralelos a uno de sus ejes. La figura 16 muestra una imagen del adoquín tipo “B”.



*Ilustración 16 – Forma Adoquín tipo “B”.*

Fuente: <https://ich.cl/manual-diseno-de-pavimentos-de-adoquines-de-hormigon/>

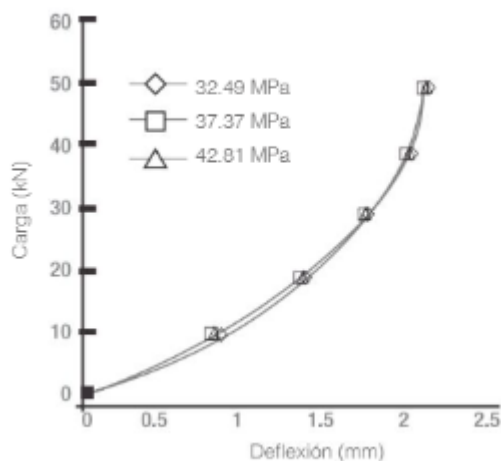
Los adoquines tipo “C”, en tanto, tienen formas regulares en sus caras y no ofrecen una inter-trabazón favorable para resistir movimientos longitudinales o rotacionales. La figura 17 muestra una imagen del adoquín tipo “C”.



*Ilustración 17 – Forma Adoquín tipo “C”.*

<https://ich.cl/manual-diseno-de-pavimentos-de-adoquines-de-hormigon/>

La forma del adoquín influye en la distribución de tensiones por trabazón mecánica. Panda y Gosh (2002b) compararon adoquines lisos y ondulados, encontrando deflexiones menores en adoquines ondulados, lo cual es consistente con los conceptos de Shackel y Lim (2003). La figura 18 muestra una imagen de los resultados obtenidos por Panda y Gosh (2003).

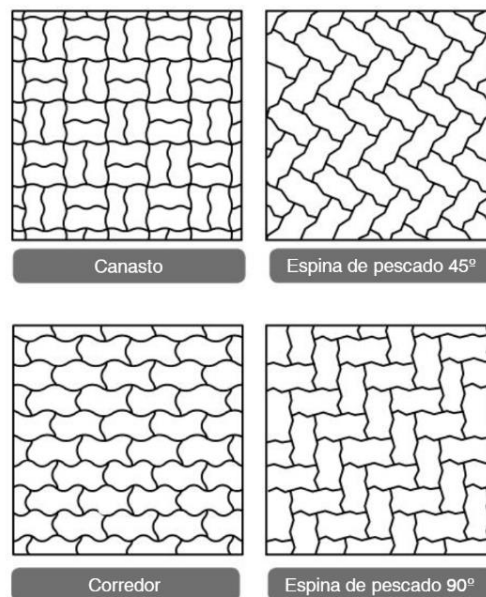


*Ilustración 18 – Efecto de la resistencia a la Compresión.*

Fuente: <https://ich.cl/manual-diseno-de-pavimentos-de-adoquines-de-hormigon/>

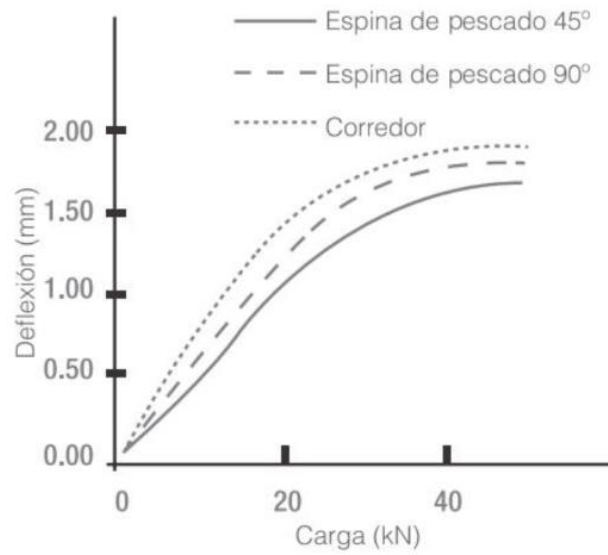
### 2.1.2 APAREJO DE COLOCACIÓN DE ADOQUINES.

El aparejo constituye la forma en que se distribuyen los adoquines en el sentido predominante del tránsito. La figura 19 muestra los cuatro aparejos típicos utilizados en Chile. Shackel y Lim (2003) fundamentan este hecho en los resultados experimentales de Shackel (1980), quien midió las deformaciones verticales para distintos aparejos y obtuvo las menores en tramas espinas de pescado a 45° y las mayores con la trama de corredor, Este resultado se grafica en la figura 20. Asimismo, la figura 20 muestra el efecto del aparejo en los desplazamientos horizontales, que son propios de pavimentos en pendiente. La figura 21 muestra que el aparejo espina de pescado a 45° es el más eficiente para limitar las deformaciones horizontales.

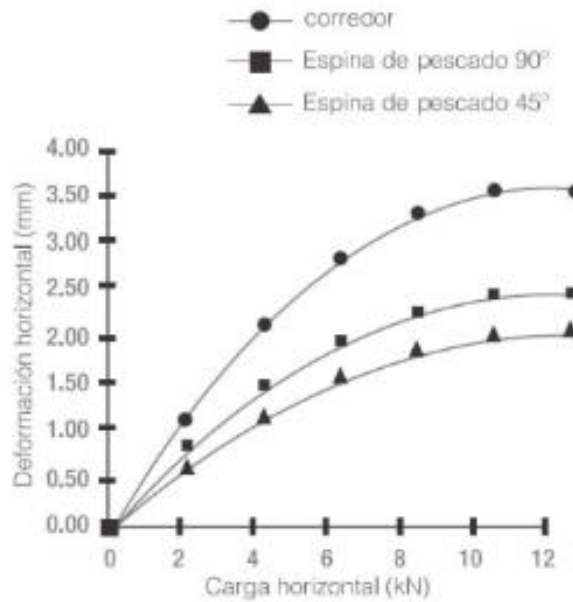


*Ilustración 19 – Aparejos de Adoquines.*

Fuente: <https://ich.cl/manual-diseno-de-pavimentos-de-adoquines-de-hormigon/>



*Ilustración 20* - Efecto del Aparejo en las Deflexiones.  
 Fuente: <https://ich.cl/manual-diseno-de-pavimentos-de-adoquines-de-hormigon/>



*Ilustración 21* – Efecto del Aparejo en las deformaciones horizontales.  
 Fuente: <https://ich.cl/manual-diseno-de-pavimentos-de-adoquines-de-hormigon/>

### **2.1.3 COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.**

El pavimento de adoquines es un sistema de pavimentación flexible que presenta un comportamiento estructural característico, similar al de los pavimentos flexibles tradicionales, como los asfálticos o de concreto bituminoso. Este comportamiento estructural se debe a la interacción entre las distintas capas del pavimento, en especial a la capacidad de los adoquines de distribuir eficientemente las tensiones a través de las juntas y las capas subyacentes, garantizando una respuesta adecuada frente a las cargas aplicadas. Los adoquines, dispuestos de manera interbloqueada, permiten que las fuerzas se distribuyan uniformemente hacia las capas inferiores del sistema, lo que contribuye a la estabilidad y durabilidad del pavimento.

En términos estructurales, el comportamiento del pavimento de adoquines está determinado por la capacidad de adaptación de las capas del sistema a las cargas dinámicas y estáticas. Los adoquines, como elementos portantes, actúan en conjunto con la cama de arena, la base y la subbase para transmitir las tensiones hacia el terreno subyacente. La capa de arena actúa como un medio de ajuste, permitiendo que los adoquines se acomoden ligeramente ante las variaciones de carga, mientras que la base y la subbase proporcionan soporte estructural y estabilidad. Esta distribución de cargas entre las capas, sumada a la flexibilidad de los adoquines, permite que el pavimento se adapte a pequeños movimientos del suelo, lo que resulta en una mayor resistencia frente a deformaciones.

El pavimento de adoquines se comporta de manera eficaz en suelos con baja capacidad de carga o en situaciones donde existen asentamientos diferenciales del terreno. Su

flexibilidad inherente le permite adaptarse a las deformaciones del terreno sin comprometer la funcionalidad del pavimento. De esta manera, los adoquines son capaces de mantener la integridad estructural a pesar de los movimientos del suelo, lo que los convierte en una opción ideal para condiciones geotécnicas adversas.

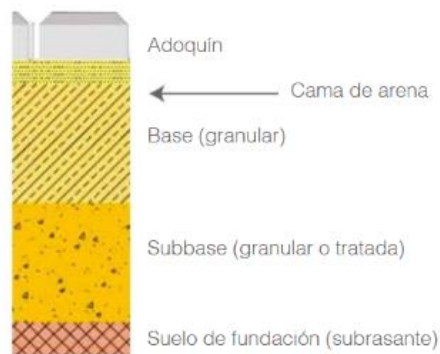
En el contexto chileno, los pavimentos de adoquines son ampliamente utilizados en áreas urbanas y en zonas históricas, donde se requiere un pavimento durable, funcional y estéticamente adecuado. Para el diseño de estos pavimentos, se adopta la metodología Australiana, que ha sido ampliamente validada y reconocida a nivel internacional por su fiabilidad en diversas condiciones climáticas y geotécnicas. Esta metodología garantiza un análisis exhaustivo del comportamiento estructural de los pavimentos de adoquines, asegurando que cumplan con los requisitos de resistencia, estabilidad y durabilidad a lo largo del tiempo.

Cabe señalar que esta metodología de diseño también ha servido como base para el desarrollo del método de diseño recomendado por el Instituto Chileno del Cemento y del Hormigón (ICCH), el cual establece parámetros específicos para la selección de materiales, la preparación de las capas estructurales y la determinación de la capacidad de carga del pavimento de adoquines en diferentes tipos de suelos.

Por lo tanto, en el diseño de pavimentos de adoquines es crucial considerar factores como el tipo de materiales utilizados (piedra natural, concreto, etc.), la distribución de las cargas, la capacidad del suelo subyacente, la profundidad y resistencia de las capas de base y subbase. Estos aspectos, junto con las características específicas del tráfico esperado y las condiciones climáticas de la zona, son esenciales para garantizar el rendimiento y la durabilidad del pavimento a lo largo del tiempo.

A continuación, se describirán los aspectos técnicos que deben considerarse en el diseño de pavimentos de adoquines, basados en las normativas chilenas e internacionales, con el fin de garantizar la eficiencia estructural y la sostenibilidad de estos sistemas de pavimentación.

Los pavimentos de adoquines en general poseen 3 a 4 capas de material: los adoquines mismos, cuyo espesor varía entre 60mm a 100mm, una cama de arena de espesor nominal de 25mm, una base con espesores mínimos entre 100 y 150mm y eventualmente una subbase con espesores mínimos que varían entre 100 y 150mm. La figura 22 ilustra una sección típica con características generales de cada componente.



*Ilustración 22 – Estructura típica de un Pavimento.*

Fuente: <https://ich.cl/manual-diseno-de-pavimentos-de-adoquines-de-hormigon/>

En pavimentos convencionales el estado de tensiones se obtiene con el modelo elástico multicapa de Boussinesq, el cual permite calcular el bulbo de tensiones y el estado de deformaciones en cualquier punto bajo la aplicación de una carga. En pavimentos de adoquines, sin embargo, el modelo no resulta adecuado debido a la variabilidad de

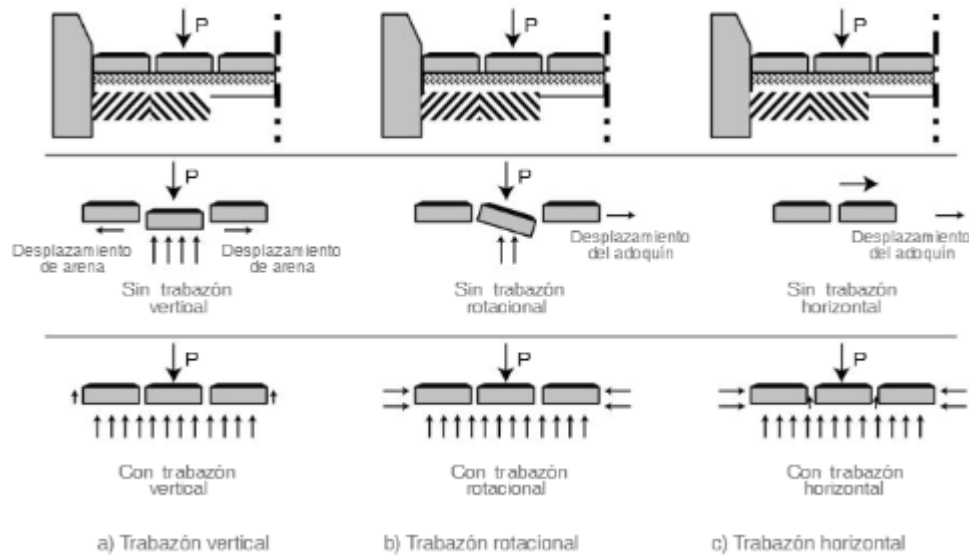
materiales y a la rigidez de las capas constitutivas del pavimento, lo cual limita notablemente la aplicabilidad del modelo Boussinesq.

Son pocos los modelos que describen la forma en que se disipan las tensiones en los pavimentos de adoquines. Soutsos et al. (2011), describieron y aplicaron experimentalmente el modelo desarrollado originalmente por Dutruel y Dardare (1984).

Debido a la presencia de la cama de arena, las tensiones en la parte superior de la base se ven reducidas por la disipación en los bloques y en la cama de arena debido al efecto de trabazón mecánica. La trabazón mecánica se define como la “inhabilidad de los adoquines de moverse aisladamente de sus vecinos y es en esencia un mecanismo de disipación de tensiones” (Vand de Vlist, 1980).

La trabazón mecánica en los adoquines determina en buena parte la capacidad resistente del pavimento, su durabilidad y serviciabilidad. Depende principalmente de la forma del adoquín, del aparejo utilizado, de la dirección de las fuerzas aplicadas y del espaciamiento entre las juntas.

La trabazón de los adoquines se puede clasificar según Shackel y Lim (2003), en trabazón vertical, rotacional y horizontal, como lo muestra la figura 23.



*Ilustración 23* – Trabazón vertical, horizontal y rotacional.

Fuente: <https://ich.cl/manual-diseno-de-pavimentos-de-adoquines-de-hormigon/>

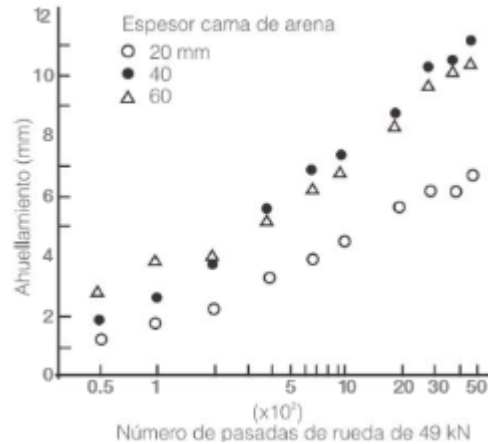
## 2.1.4 CAPAS DE ÁRIDOS.

### 2.1.4.1 CAMA DE ARENA.

La función de la cama de arena es servir de base para la colocación de adoquines y permitir la consolidación producto de la compactación y paso del tráfico en los primeros años de vida del pavimento. Para que cumpla su función adecuadamente, la cama de arena debe caracterizarse en cuanto a su ancho y a sus propiedades físicas. Esto garantizara su durabilidad en el largo plazo, especialmente ante la aplicación de cargas pesadas repetidas como es el caso de buses y camiones (Beaty, 1996).

El espesor de la cama de arena está relacionado con su habilidad para controlar las deformaciones verticales. Panda y Gosh (2002a) observaron que usar espesores inferiores a 50mm no afecta significativamente las deformaciones. Consistentemente

con este resultado, Miura et al. (1984) (véase figura 24) observaron que en la medida que el espesor de la cama de arena disminuye, disminuye también la deformación del pavimento. Es por este motivo que recomendó uso de espesores entre 20 y 40mm.



*Ilustración 24 – Influencia del espesor de la cama de Arena.*

Fuente: <https://ich.cl/manual-diseno-de-pavimentos-de-adoquines-de-hormigon/>

La granulometría de la cama de arena determina su resistencia al corte. Las arenas gruesas aumentan la resistencia a los movimientos verticales, lo cual favorece su uso en pavimentos de alto tráfico. En general, la práctica de diseño recomienda usar arenas con un porcentaje de finos de hasta un 5%. De acuerdo con las especificaciones del MINVU (2008) la banda granulométrica recomendada es la indicada en la figura 25.

**Tabla 5.2**  
Banda granulométrica para material de cama de arena

Tamiz		
ASTM	NCH	% que pasa en peso
3/8"	10	100
#4	5	95 - 100
#8	2,5	80 - 100
#16	1,25	50 - 95
#30	0,63	25 - 60
#50	0,315	10 - 30
#100	0,16	5 - 15
#200	0,08	0 - 10

*Ilustración 25* – Banda Granulométrica para material cama de Arena.  
Fuente: <https://ich.cl/manual-diseno-de-pavimentos-de-adoquines-de-hormigon/>

La humedad de la cama de arena afecta directamente a la resistencia al corte. La práctica común es limitar la humedad de las arenas hasta un 8% (Shackel 1980), evitando que esta alcance la saturación. Shackel (1980) explica que en un rango de humedad entre 4% y 8% se logra la mayor eficiencia en la compactación, siendo deseable un valor de 6%.

#### **2.1.4.2 BASE Y SUBBASE.**

Al igual que con otros tipos de pavimentos la base y subbase tienen por objetivo disipar las tensiones que recibe desde las capas superficiales y transmitir las uniformemente al terreno de fundación, para así, controlar las deformaciones en el tiempo.

La base y subbase pueden estar conformadas por suelos granulares o bien estar tratadas con asfalto o cemento. Los principales parámetros de desempeño son el espesor y la calidad, expresada en términos de granulometría, plasticidad y resistencia.

El espesor de base y subbase es una de las principales variables de diseño. Todos los métodos de diseño coinciden en que mayores espesores permiten lograr una mayor resistencia y durabilidad del pavimento. Los primeros métodos de diseño utilizan de base del orden de los 100 a 150mm, con el fin de controlar las deformaciones permanentes (Livneh et al. 1988). Estos espesores mínimos asumen valores medios de capacidad de soporte medida con el ensayo CBR (California Bearing Ratio) de 40% para la subbase y 60% para la base, asumiendo un CBR de la subrasante de entre 2% y 8%. Esto garantiza además un buen comportamiento resiliente de la base y subbase. Asimismo, con el fin de asegurar drenabilidad y resistencia a las heladas, diversas investigaciones recomiendan considerar bases y subbases con porcentaje de finos inferiores a 15%, baja plasticidad y espesores superiores a los 250mm (Beaty, 2000). Puesto que la humedad afecta directamente la resistencia de las bases y subbases granulares, el control de la humedad durante la compactación también permite controlar la resistencia.

En Chile, las bases granulares deberán cumplir con los requisitos establecidos por el Manual de Carreteras o con los requisitos del Código de Normas y especificaciones técnicas de obras de Pavimentación, de tratarse de vías urbanas definidas legalmente como tales. En cualquier caso, las especificaciones mínimas a utilizar en el diseño para:

- Materiales: MCV5, sección 5.302.2 Materiales
- Graduación: MCV5, sección 5.302.201 Bases Granulares de Graduación Cerrada.

- Capacidad de Soporte: Código de Normas y Especificaciones Técnicas de Obras de Pavimentación (MINVU, 2008), sección 3.3 base granulares.

Las subbases granulares deberán cumplir con los requisitos establecidos por el Manual de Carreteras o con los requisitos del Código de Normas y especificaciones técnicas de obras de Pavimentación. En cualquier caso, las especificaciones mínimas a utilizar en el diseño para:

- Graduación: MCV5, sección 5.201.301 Áridos de Subbases para Pavimentos Flexibles / MCV8, sección 8.101. Especificaciones para suelos.
- Capacidad de Soporte: Código de Normas y Especificaciones Técnicas de Obras de Pavimentación (MINVU, 2008), sección 3.2 subbases granulares.

## **2.1.5 DETERMINACIÓN DE ESTRUCTURA.**

### **2.1.5.1 CLASIFICACIÓN SEGÚN TRÁFICO.**

El uso de categorías de tráfico en el diseño de pavimentos es una estrategia que permite reducir la incertidumbre inherente al cálculo de las solicitudes de tráfico. Al clasificar el tráfico en diferentes categorías, se establece un rango de solicitudes dentro de cada una, lo que facilita una aproximación más precisa y flexible en el diseño. Este enfoque contribuye a adaptar el pavimento a las diversas condiciones de carga y tráfico que se pueden presentar durante su vida útil. En este contexto, se emplea la clasificación de categorías de tráfico propuesta en las normativas BS-7533:2-2001 y BS-7533:10-2010, que son de aplicación general para el diseño tanto de pavimentos

vehiculares como peatonales, ofreciendo un marco estandarizado y confiable para el diseño estructural de pavimentos en diferentes escenarios.

La figura 26 muestra las clasificaciones de tráfico en 4 categorías, es necesario conocer los EEA en la vida de diseño y estimar los valores EE/día, para precisar los valores EEA.

**Tabla 5.4**  
Clasificación de tráfico según nivel de solicitaciones

Tipo de tráfico		Nivel de solicitación			Descripción	
Nivel	Categoría	EE/día	EEAx10 <sup>6</sup>	Veh/día (1)		
Pesado	I	IA	>1000	>0,5	Estimar	Calles, caminos y accesos a desarrollos industriales, comerciales y otro con alta presencia de vehículos pesados.
		IB	<1000	>0,5	Estimar	
		IC	<200	>0,5	Estimar	
Medio	II	IIA	<60	>0,5	>5	Calles, caminos, pasajes, retornos, estaciones de servicio y espacios peatonales con presencia de vehículos pesados.
		IIB	<60	<0,5	<5	
Liviano Peatonal	III	IIIA	<5	--	<1	Áreas peatonales en que circulan eventualmente vehículos pesados como psajes o calles de condominios, Estacionamientos de desarrollos comerciales, industriales, deportivos u otros que reciben vehículos pesados.
		IIIB	0	--	0	
	IV	0	--	0	Áreas peatonales, estacionamientos interiores a domicilios, parques y jardines, veredas, paseos peatonales.	

EE: Ejes Equivalentes; EEA: Ejes Equivalentes Acumulados totales en la vida de diseño; Veh/día: Vehículos de más de 1.500 kg  
(1) Incluye todo vehículo pesado excepto camionetas, minibuses, jeeps (SUV) y automóviles en general

*Ilustración 26 – Clasificación de Trafico.*

Fuente: <https://ich.cl/manual-diseno-de-pavimentos-de-adoquines-de-hormigon/>

Una vez obtenida la clasificación, se procede a la determinación de espesor de base, cama de arena y adoquín de hormigón, de acuerdo con figura 27.

Tipo de Tráfico		Espesor de subbase granular, en mm, según CBR, en %					Espesor de base tratada (mm) (2)	Espesor de cama de arena (mm)	Clase de Adoquín mínima (3)	
Nivel	Categoría	2	3	4	5	≥6				
Medio	II	IIA	400	350	250	150	150	150	40	80
		IIB								
Liviano	III	IIA	350	300	225	150	150	100	40	60
		IIB	250	150	100	100	0	100	40	60
		IIB	300	250	180	100	100	100	40	60
Peatonal	IV		200	150	130	100	100	100	40	60

(1) El diseño considera sólo base y subbase granular. Los espesores corresponden a espesores mínimos salvo el de la cama de arena.

### *Ilustración 27 – Espesor de Base y Subbase.*

Fuente: <https://ich.cl/manual-diseno-de-pavimentos-de-adoquines-de-hormigon/>

## **2.2 CAUDAL DE DISEÑO.**

Para determinar el caudal de diseño generado en una cuenca urbana como consecuencia de una tormenta, se pueden emplear diversos métodos, los cuales deben seleccionarse en función de las características específicas de la cuenca.

En la actualidad, el método racional es el más utilizado y difundido debido a su simplicidad, aunque también se recomienda la aplicación del método racional modificado. Independientemente del método seleccionado, es fundamental contar con información hidrológica relevante, adecuada y representativa de la realidad. La precisión de los resultados obtenidos en los cálculos está estrechamente vinculada a la calidad y exactitud de los datos hidrológicos utilizados.

### **2.2.1 MÉTODO RACIONAL.**

El método racional, propuesto por Mulvaney en 1850, es uno de los métodos más empleados para calcular el caudal de diseño en cuencas urbanas y rurales pequeñas.

Este método, que comenzó a ser utilizado en la segunda mitad del siglo XIX, sigue siendo una de las técnicas más comunes debido a su simplicidad y efectividad en cuencas con características bien definidas.

Según Chow (1981), el fundamento teórico del método racional se basa en la suposición de que, al iniciar una lluvia con una intensidad (I) de manera instantánea y continua, la tasa de escorrentía continuará aumentando hasta alcanzar el tiempo de concentración, momento en el cual toda la cuenca contribuye al flujo en el punto de salida. Este proceso implica que, durante el tiempo de concentración, el caudal que ingresa al sistema es el producto de la intensidad de la lluvia (I) y el área de la cuenca (A).

La relación entre este caudal de entrada y el caudal máximo, que ocurre en el tiempo de concentración, está representada por el coeficiente de escorrentía (C). Este coeficiente depende de diversos factores, como el uso del suelo, la pendiente del terreno, la permeabilidad del suelo y la cobertura vegetal. El caudal de diseño se calcula utilizando la fórmula racional, que se expresa de la siguiente manera:

$$Q = C \cdot I \cdot A$$

Donde:

- Q es el caudal máximo en el punto de salida ( $m^3/s$ ),
- C es el coeficiente de escorrentía,
- I es la intensidad de la lluvia (mm/h),
- A es el área de la cuenca (ha).

Este método, debido a su simplicidad y facilidad de aplicación, es ampliamente utilizado en proyectos de planificación urbana y en la gestión de aguas pluviales en

áreas donde las cuencas son relativamente pequeñas y las condiciones de escorrentía son bien conocidas. Sin embargo, la precisión de los resultados obtenidos depende fuertemente de la calidad y exactitud de los datos hidrológicos utilizados, así como de una adecuada estimación del coeficiente de escorrentía, que varía según las características particulares de cada cuenca.

### **2.2.2 ÁREA APORTANTE.**

El área aportante comprende toda aquella superficie que aporta agua a un cauce común. Como en la mayoría de las ocasiones el agua que cae sobre la superficie lo hace en forma vertical, es la proyección horizontal del área, perpendicular a la trayectoria de la lluvia, la que se estima. Este parámetro usado en el método racional es el único que puede ser determinado con exactitud y su medición puede realizarse por observación directa en el terreno, mapas o aerofotografía.

Los límites de estas superficies dependen de las pendientes existentes y de las realizables artificialmente con el propósito de conducir el agua a los sumideros correspondientes, estos límites rara vez coinciden con las partes altas de la cuenca.

Dentro del contexto del método racional, el área de la cuenca desempeña un papel crucial, ya que la cantidad de agua que fluye hacia el sistema de drenaje depende directamente de la superficie del terreno que contribuye a la escorrentía. La distinción entre área con proyecto y área sin proyecto es esencial para un cálculo preciso y realista del caudal de diseño.

El área con proyecto se refiere a la superficie de la cuenca que será directamente intervenida o modificada por las actividades del proyecto, como la pavimentación, construcción de edificios o instalación de sistemas de drenaje. En cambio, el área sin proyecto incluye las zonas que no serán modificadas por el proyecto, pero que aún tienen un impacto en el caudal total de escorrentía, ya que contribuyen al flujo de agua hacia el sistema de drenaje.

Ambas áreas deben ser consideradas para garantizar que el diseño del sistema de drenaje sea adecuado y eficiente, evitando el subdimensionamiento de las infraestructuras y minimizando el riesgo de inundaciones o colapsos en el sistema. La correcta estimación del caudal de diseño, teniendo en cuenta tanto el área con proyecto como el área sin proyecto, es crucial para una gestión adecuada del agua en áreas urbanas y rurales.

### **2.2.3 COEFICIENTE DE ESCORRENTIA.**

El coeficiente de escorrentía se define como la fracción del volumen total de precipitación que, tras caer sobre la superficie del suelo, escurre superficialmente sin infiltrarse ni evaporarse. Este parámetro es crucial en los estudios de hidrología, ya que determina la cantidad de agua que contribuye al flujo superficial en un área determinada.

El valor del coeficiente de escorrentía depende de múltiples factores, entre los cuales se destacan las características físicas del terreno (como su pendiente, textura y cobertura vegetal), el uso y manejo del suelo (por ejemplo, actividades agrícolas,

urbanización o deforestación), las condiciones de infiltración del suelo, así como el nivel de urbanización y la presencia de superficies impermeables. En áreas urbanas, donde predominan superficies pavimentadas o construidas, el coeficiente de escorrentía tiende a ser mayor debido a la reducción de la capacidad de infiltración. Además, las condiciones meteorológicas, como la intensidad y duración de las precipitaciones, también influyen en el comportamiento del coeficiente.

Este coeficiente es un parámetro fundamental en el cálculo del caudal de escorrentía y en la modelización de la respuesta hidrológica de una cuenca o área específica ante eventos de precipitación.

En Chile, para zonas ya urbanizadas se pueden utilizar los coeficientes de escorrentías que muestra la figura 28.

Tipo de Zona	Coeficiente		
	Mínimo	Medio	Máximo
<b>Calles</b>			
Asfalto no poroso	0,70	0,82	0,95
Hormigón	0,80	0,87	0,95
Adoquín de cemento sobre arena	0,50	0,60	0,70
Maicillo, la drillo	0,30	0,40	0,50
<b>Techos</b>			
Zinc, latón, metálicos en general	0,85	0,90	0,95
Tejas, pizarras, cemento asbesto	0,70	0,80	0,90
<b>Patios</b>			
Baldosas, hormigón	0,80	0,87	0,95
Tierra, sin cobertura	0,50	0,60	0,70
<b>Parques, plazas y jardines</b>			
Prados, suelo arenoso	0,05	0,12	0,20
Prados, suelo arcilloso	0,15	0,25	0,35

*Figura 28 – Coeficientes de Escurrimiento.*

Fuente: "Guía de diseño y especificaciones de elementos urbanos de infraestructura de aguas lluvias" (2005)

#### **2.2.4 INTENSIDAD DE LLUVIA.**

La intensidad de la precipitación (I) se refiere a la cantidad de lluvia que cae sobre un área en un periodo de tiempo determinado. Se mide comúnmente en milímetros por hora (mm/h). Esta intensidad es un factor clave para estimar el caudal máximo, ya que cuanto mayor sea la intensidad de la precipitación, mayor será la escorrentía generada. En Chile, la intensidad de la precipitación varía considerablemente según la región del país debido a su diversa geografía y clima. En el norte, donde las lluvias son esporádicas y de baja intensidad, los eventos de precipitación suelen ser más intensos en el corto plazo. Para cada región, se utilizan datos históricos de precipitaciones y curvas de intensidad-duración-frecuencia (IDF) para estimar las intensidades de precipitación típicas para diferentes periodos de retorno y eventos de lluvia.

#### **2.2.5 CAUDAL MÁXIMO APORTANTE.**

El caudal máximo es uno de los parámetros más importantes en los estudios hidrológicos, especialmente cuando se trata de calcular la cantidad máxima de agua que fluye a través de una cuenca o área determinada durante un evento de lluvia intenso. Este concepto es crucial para el diseño de infraestructuras hidráulicas, como sistemas de drenaje, alcantarillados y obras de control de inundaciones, ya que permite dimensionar correctamente las obras necesarias para manejar el flujo de agua y prevenir daños por inundaciones.

***CAPITULO III:***

***PRESUPUESTO***

### 3.1 ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO (APU).

El análisis de precio unitario (APU) es una herramienta técnica utilizada para calcular el costo de ejecución de cada unidad de trabajo en proyectos de construcción. Consiste en desglosar los costos asociados a una partida específica, considerando materiales, la mano de obra, los equipos y herramientas necesarias, con el objetivo de establecer su costo. Este análisis es esencial para la elaboración de presupuestos.

En la actualidad existen diversos softwares que facilitan el análisis de precios unitarios. Presto es uno de los más utilizados en la construcción en Chile, ya que permite crear y gestionar presupuestos detallados, integrándose con softwares BIM. Los análisis que se presentan a continuación fueron elaborados utilizando dicho software.

<b>Código</b>	<b>Resumen</b>	<b>UNID.</b>	<b>CANT.</b>	<b>PRECIO UNITARIO \$</b>	<b>PRECIO TOTAL \$</b>
1.1	Demolición y Retiro de obras existentes	gl	1,00	1.166.200	1.166.200
MAQ001	Retroexcavadora	h	25,000	18.240	456.000
MO001	Capataz	d	3,000	40.000	120.000
MO002	Maestro Primera	d	0,000	26.667	0
MO003	Ayudante General	d	6,000	20.000	120.000
BOT001	Botadero	m3	14,800	25.000	370.000
MO%5	MO%5	MO%5	2.400,000	5,00	12.000
MO%35		%	2.520,000	35,00	88.200
			1,00	<b>1.166.200</b>	<b>1.166.200</b>

<b>Código</b>	<b>Resumen</b>	<b>UNID.</b>	<b>CANT.</b>	<b>PRECIO UNITARIO \$</b>	<b>PRECIO TOTAL \$</b>
1.2	Preparación de la Subrasante	m2	193,04	5.686	1.097.625
MAQ001	Retroexcavadora	h	0,060	18.240	1.094
MAQ002	Camión Aljibe 30m3	h	0,007	35.000	245
MAQ003	Placa Compactadora	h	0,333	4.200	1.399
MO001	Capataz	d	0,026	40.000	1.040
MO002	Maestro Primera	d	0,000	26.667	0
MO003	Ayudante General	d	0,052	20.000	1.040
MO%35	Leyes Sociales	%	20,800	35,00	728
MO%5	MO%5	MO%5	28,080	5,00	140
			193,04	<b>5.686</b>	<b>1.097.625</b>

<b>Código</b>	<b>Resumen</b>	<b>UNID.</b>	<b>CANT.</b>	<b>PRECIO UNITARIO \$</b>	<b>PRECIO TOTAL \$</b>
1.3	Base Granular CBR>80% e=0,20m	m3	38,61	27.583	1.064.980
MAT001	Base Granular CBR 60	m3	1,000	14.000	14.000
MAT002	Agua Industrial	m3	0,020	1.000	20
MAQ001	Retroexcavadora	h	0,200	18.240	3.648
MAQ002	Camión Aljibe 30m3	h	0,040	35.000	1.400
MAQ003	Placa Compactadora	h	0,333	4.200	1.399
MO001	Capataz	d	0,114	40.000	4.560
MO002	Maestro Primera	d	0,000	26.667	0
MO003	Ayudante General	d	0,023	20.000	460
MO%5	MO%5	MO%5	50,200	5,00	251
MO%35	Leyes Sociales	%	52,710	35,00	1.845
			38,61	<b>27.583</b>	<b>1.064.980</b>

<b>Código</b>	<b>Resumen</b>	<b>UNID.</b>	<b>CANT.</b>	<b>PRECIO UNITARIO \$</b>	<b>PRECIO TOTAL \$</b>
1.4	Cama de Arena e=0.04m	m3	7,72	38.217	295.035
MAT003	Arena	m3	1,000	17.000	17.000
MAQ001	Retroexcavadora	h	0,200	18.240	3.648
MAQ002	Camión Aljibe 30m3	h	0,333	35.000	11.655
MAQ003	Placa Compactadora	h	0,040	4.200	168
MO001	Capataz	d	0,038	40.000	1.520
MO002	Maestro Primera	d	0,038	26.667	1.013
MO003	Ayudante General	d	0,076	20.000	1.520
MO%5	MO%5	MO%5	40,530	5,00	203
MO%35	Leyes Sociales	%	42,560	35,00	1.490
			7,72	<b>38.217</b>	<b>295.035</b>

<b>Código</b>	<b>Resumen</b>	<b>UNID.</b>	<b>CANT.</b>	<b>PRECIO UNITARIO \$</b>	<b>PRECIO TOTAL \$</b>
1.5	Instalación de Adoquines e=0.08m	m2	193,04	21.695	4.188.003
MAT004	Adoquines Europa e=0.08m	un	41,000	460	18.860
MAT003	Arena	m3	0,000	17.000	0
MO001	Capataz	d	0,015	40.000	600
MO002	Maestro Primera	d	0,030	26.667	800
MO003	Ayudante General	d	0,030	20.000	600
MO%5	MO%5	MO%5	20,000	5,00	100
MO%35	Leyes Sociales	%	21,000	35,00	735
			193,04	<b>21.695</b>	<b>4.188.003</b>

<b>Código</b>	<b>Resumen</b>	<b>UNID.</b>	<b>CANT.</b>	<b>PRECIO UNITARIO \$</b>	<b>PRECIO TOTAL \$</b>
1.6	Instalación Solera Tipo A	m	48,15	14.977	721.143
MAT005	Solera Tipo A	un	1,000	7.500	7.500
MAT006	Hormigón G25	m3	0,040	100.000	4.000
MAT007	Mortero	m3	0,005	15.000	75
MO001	Capataz	d	0,018	40.000	720
MO002	Maestro Primera	d	0,036	26.667	960
MO003	Ayudante General	d	0,036	20.000	720
MO%5	MO%5	MO%5	24,000	5,00	120
MO%35	Leyes Sociales	%	25,200	35,00	882
			48,15	<b>14.977</b>	<b>721.143</b>

<b>Código</b>	<b>Resumen</b>	<b>UNID.</b>	<b>CANT.</b>	<b>PRECIO UNITARIO \$</b>	<b>PRECIO TOTAL \$</b>
1.7	Demarcación	m2	8,37	4.392	36.761
MAT008	Pintura Vial	L	0,300	9.000	2.700
MO001	Capataz	d	0,011	40.000	440
MO002	Maestro Primera	d	0,011	26.667	293
MO003	Ayudante General	d	0,023	20.000	460
MO%5	MO%5	MO%5	11,930	5,00	60
MO%35	Leyes Sociales	%	12,530	35,00	439
			8,37	<b>4.392</b>	<b>36.761</b>

<b>Código</b>	<b>Resumen</b>	<b>UNID.</b>	<b>CANT.</b>	<b>PRECIO UNITARIO \$</b>	<b>PRECIO TOTAL \$</b>
1.8	Alumbrado	un	8,00	99.201	793.608
MAT019	Foco LED De Piso 7W 220V Frío	un	1,000	50.000	50.000
MAT020	Cordón 3x1,5 mm2 Por Metro Lineal	m	0,500	2.700	1.350
MAT006	Hormigón G25	m3	0,006	100.000	600
MO001	Capataz	d	0,500	40.000	20.000
MO002	Maestro Primera	d	0,500	26.667	13.334
MO003	Ayudante General	d	0,000	20.000	0
MO%5	MO%5	MO%5	333,340	5,00	1.667
MO%35	Leyes Sociales	%	350,010	35,00	12.250
			8,00	<b>99.201</b>	<b>793.608</b>

<b>Código</b>	<b>Resumen</b>	<b>UNID.</b>	<b>CANT.</b>	<b>PRECIO UNITARIO \$</b>	<b>PRECIO TOTAL \$</b>
2.1	Retiro de baden existente	m	47,00	4.959	233.073
MAQ001	Retroexcavadora	h	0,160	18.240	2.918
MO001	Capataz	d	0,018	40.000	720
MO003	Ayudante General	d	0,036	20.000	720
MO%5	MO%5	MO%5	14,400	5,00	72
MO%35	Leyes Sociales	%	15,120	35,00	529
			47,00	<b>4.959</b>	<b>233.073</b>

<b>Código</b>	<b>Resumen</b>	<b>UNID.</b>	<b>CANT.</b>	<b>PRECIO UNITARIO \$</b>	<b>PRECIO TOTAL \$</b>
2.2	Preparación del Sello de Fundación	m2	18,80	5.925	111.390
MAQ002	Camión Aljibe 30m3	h	0,007	35.000	245
MAQ003	Placa Compactadora	h	0,333	4.200	1.399
MO001	Capataz	d	0,038	40.000	1.520
MO003	Ayudante General	d	0,075	20.000	1.500
MO%5	MO%5	MO%5	30,200	5,00	151
MO%35	Leyes Sociales	%	31,710	35,00	1.110
			18,80	<b>5.925</b>	<b>111.390</b>

<b>Código</b>	<b>Resumen</b>	<b>UNID.</b>	<b>CANT.</b>	<b>PRECIO UNITARIO \$</b>	<b>PRECIO TOTAL \$</b>
2.3	Canaleta	m	47,00	43.543	2.046.521
MAT009	Rejilla Clase C250	un	1,000	20.000	20.000
MAT010	Fierro Estriado A63 8mm	Kg	4,740	500	2.370
MAT006	Hormigón G25	m3	0,104	100.000	10.400
MO001	Capataz	d	0,057	40.000	2.280
MO002	Maestro Primera	d	0,114	26.667	3.040
MO003	Ayudante General	d	0,114	20.000	2.280
MO%5	MO%5	MO%5	76,000	5,00	380
MO%35	Leyes Sociales	%	79,800	35,00	2.793
			47,00	<b>43.543</b>	<b>2.046.521</b>

<b>Código</b>	<b>Resumen</b>	<b>UNID.</b>	<b>CANT.</b>	<b>PRECIO UNITARIO \$</b>	<b>PRECIO TOTAL \$</b>
3.1	Excavación de Zanja	m3	64,08	1.585	101.567
MAQ001	Retroexcavadora	h	0,060	18.240	1.094
MO001	Capataz	d	0,004	40.000	160
MO002	Maestro Primera	d	0,004	26.667	107
MO003	Ayudante General	d	0,004	20.000	80
MO%5	MO%5	MO%5	3,470	5,00	17
MO%35	Leyes Sociales	%	3,640	35,00	127
			64,08	<b>1.585</b>	<b>101.567</b>

<b>Código</b>	<b>Resumen</b>	<b>UNID.</b>	<b>CANT.</b>	<b>PRECIO UNITARIO \$</b>	<b>PRECIO TOTAL \$</b>
3.2	Geotextil 150gr/m2	m2	98,00	3.001	294.098
MAT011	Rollo Geotextil propileno 150 gr/m2	un	0,002	650.000	1.300
MO001	Capataz	d	0,009	40.000	360
MO002	Maestro Primera	d	0,018	26.667	480
MO003	Ayudante General	d	0,018	20.000	360
MO%5	MO%5	MO%5	12,000	5,00	60
MO%35	Leyes Sociales	%	12,600	35,00	441
			98,00	<b>3.001</b>	<b>294.098</b>

<i>Código</i>	<i>Resumen</i>	<i>UNID.</i>	<i>CANT.</i>	<i>PRECIO UNITARIO \$</i>	<i>PRECIO TOTAL \$</i>
3.3	Grava 2 1/2"	m3	36,00	23.538	847.368
MAT012	Grava 2 1/2"	m3	1,000	22.000	22.000
MAQ001	Retroexcavadora	h	0,060	18.240	1.094
MO001	Capataz	d	0,002	40.000	80
MO002	Maestro Primera	d	0,005	26.667	133
MO003	Ayudante General	d	0,005	20.000	100
MO%5	MO%5	MO%5	3,130	5,00	16
MO%35	Leyes Sociales	%	3,290	35,00	115
			36,00	<b>23.538</b>	<b>847.368</b>

<i>Código</i>	<i>Resumen</i>	<i>UNID.</i>	<i>CANT.</i>	<i>PRECIO UNITARIO \$</i>	<i>PRECIO TOTAL \$</i>
3.4	Arena Fina Limpia	m3	11,16	29.538	329.644
MAT013	Arena Fina	m3	1,000	28.000	28.000
MAQ001	Retroexcavadora	h	0,060	18.240	1.094
MO001	Capataz	d	0,002	40.000	80
MO002	Maestro Primera	d	0,005	26.667	133
MO003	Ayudante General	d	0,005	20.000	100
MO%5	MO%5	MO%5	3,130	5,00	16
MO%35	Leyes Sociales	%	3,290	35,00	115
			11,16	<b>29.538</b>	<b>329.644</b>

<b>Código</b>	<b>Resumen</b>	<b>UNID.</b>	<b>CANT.</b>	<b>PRECIO UNITARIO \$</b>	<b>PRECIO TOTAL \$</b>
3.5	Tubería PVC Hidraulico 110mm	m	13,67	12.768	174.539
MAT014	Tubería PVC Hidraulico (6m)	un	0,167	50.000	8.350
MAT016	Copla 110mm	un	0,073	13.500	986
MAT015	Codo 90° 110mm	un	0,073	8.178	597
MAQ001	Retroexcavadora	h	0,100	18.240	1.824
MO001	Capataz	d	0,005	40.000	200
MO002	Maestro Primera	d	0,011	26.667	293
MO003	Ayudante General	d	0,011	20.000	220
MO%5	MO%5	MO%5	7,130	5,00	36
MO%35	Leyes Sociales	%	7,490	35,00	262
			13,67	<b>12.768</b>	<b>174.539</b>

<b>Código</b>	<b>Resumen</b>	<b>UNID.</b>	<b>CANT.</b>	<b>PRECIO UNITARIO \$</b>	<b>PRECIO TOTAL \$</b>
3.6	Tubo Perforado 110mm Polietileno	m	26,85	7.735	207.685
MAT017	Tubo Perforado 110mm Polietileno (m)	m	1,000	4.900	4.900
MAQ001	Retroexcavadora	h	0,100	18.240	1.824
MO001	Capataz	d	0,005	40.000	200
MO002	Maestro Primera	d	0,011	26.667	293
MO003	Ayudante General	d	0,011	20.000	220
MO%5	MO%5	MO%5	7,130	5,00	36
MO%35	Leyes Sociales	%	7,490	35,00	262
			26,85	<b>7.735</b>	<b>207.685</b>

<b>Código</b>	<b>Resumen</b>	<b>UNID.</b>	<b>CANT.</b>	<b>PRECIO UNITARIO \$</b>	<b>PRECIO TOTAL \$</b>
3.7	Dado de Refuerzo 0,41x0,41m	m	7,50	28.473	213.548
MAT006	Hormigón G25	m3	0,159	100.000	15.900
MAT010	Fierro Estriado A63 8mm	Kg	3,600	500	1.800
MO001	Capataz	d	0,057	40.000	2.280
MO002	Maestro Primera	d	0,114	26.667	3.040
MO003	Ayudante General	d	0,114	20.000	2.280
MO%5	MO%5	MO%5	76,000	5,00	380
MO%35	Leyes Sociales	%	79,800	35,00	2.793
			7,50	<b>28.473</b>	<b>213.548</b>

<b>Código</b>	<b>Resumen</b>	<b>UNID.</b>	<b>CANT.</b>	<b>PRECIO UNITARIO \$</b>	<b>PRECIO TOTAL \$</b>
3.8	Sumidero Tipo S1	un	1,00	622.003	622.003
MAT006	Hormigón G25	m3	0,350	100.000	35.000
MAT009	Rejilla Clase C250	un	1,000	20.000	20.000
MO001	Capataz	d	3,000	40.000	120.000
MO002	Maestro Primera	d	6,000	26.667	160.002
MO003	Ayudante General	d	6,000	20.000	120.000
MO%5	MO%5	MO%5	4.000,020	5,00	20.000
MO%35	Leyes Sociales	%	4.200,020	35,00	147.001
			1,00	<b>622.003</b>	<b>622.003</b>

<b>Código</b>	<b>Resumen</b>	<b>UNID.</b>	<b>CANT.</b>	<b>PRECIO UNITARIO \$</b>	<b>PRECIO TOTAL \$</b>
3.9	Cámara de Inspección.	un	1,00	741.003	741.003
MAT006	Hormigón G25	m3	0,440	100.000	44.000
MAT018	Tapa Diamantada Galvanizada	un	1,000	130.000	130.000
MO001	Capataz	d	3,000	40.000	120.000
MO002	Maestro Primera	d	6,000	26.667	160.002
MO003	Ayudante General	d	6,000	20.000	120.000
MO%5	MO%5	MO%5	4.000,020	5,00	20.000
MO%35	Leyes Sociales	%	4.200,020	35,00	147.001
			1,00	<b>741.003</b>	<b>741.003</b>

# PRESUPUESTO

Proyecto: Estacionamiento Aula Magna  
 Dirección: Arteaga Alemparte 943  
 Cliente:

Hora: 23:08:48  
 Fecha: 29/09/2024  
 Moneda (\$): 1,00

Fec.Presup.: 27/09/2024

Página Nº: 1

Item	Descripción	Ud	Cantidad	P. Unitario	Total
<b>1</b>	<b>ESTACIONAMIENTO</b>				
1.1	Demolición y Retiro de obras existentes	gl	1,00	1.166.200	1.166.200
1.2	Preparación de la Subrasante	m2	193,04	5.686	1.097.625
1.3	Base Granular CBR>80% e=0,20m	m3	38,61	27.583	1.064.980
1.4	Cama de Arena e=0.04m	m3	7,72	38.217	295.035
1.5	Instalación de Adoquines e=0.08m	m2	193,04	21.695	4.188.003
1.6	Instalación Solera Tipo A	m	48,15	14.977	721.143
1.7	Demarcación	m2	8,37	4.392	36.761
1.8	Alumbrado	un	8,00	99.201	793.608
	<b>TOTAL ESTACIONAMIENTO</b>				<b>9.363.355</b>
<b>2</b>	<b>CANALETA BORDE ESTACIONAMIENTO</b>				
2.1	Retiro de baden existente	m	47,00	4.959	233.073
2.2	Preparación del Sello de Fundación	m2	18,80	5.925	111.390
2.3	Canaleta	m	47,00	43.543	2.046.521
	<b>TOTAL CANALETA BORDE ESTACIONAMIENTO</b>				<b>2.390.984</b>
<b>3</b>	<b>DREN</b>				
3.1	Excavación de Zanja	m3	64,08	1.585	101.567
3.2	Geotextil 150gr/m2	m2	98,00	3.001	294.098
3.3	Grava 2 1/2"	m3	36,00	23.538	847.368
3.4	Arena Fina Limpia	m3	11,16	29.538	329.644
3.5	Tubería PVC hidráulico 110mm	m	13,67	12.768	174.539
3.6	Tubo Perforado 110mm Polietileno	m	26,85	7.735	207.685
3.7	Dado de Refuerzo 0,41x0,41m	m	7,50	28.473	213.548
3.8	Sumidero Tipo S1	un	1,00	622.003	622.003
3.9	Cámara de Inspección.	un	1,00	741.003	741.003
	<b>TOTAL DREN</b>				<b>3.531.455</b>
	<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>				<b>15.285.794</b>
	35,00 % de Gastos Generales.....				5.350.028
	12,00 % de Utilidades.....				1.834.295
	<b>TOTAL NETO</b>				<b>22.470.117</b>
	19,00 % de Iva.....				4.269.322
	<b>TOTAL PRESUPUESTO</b>				<b>26.739.439</b>

***CAPITULO IV:***  
***PROGRAMACIÓN***

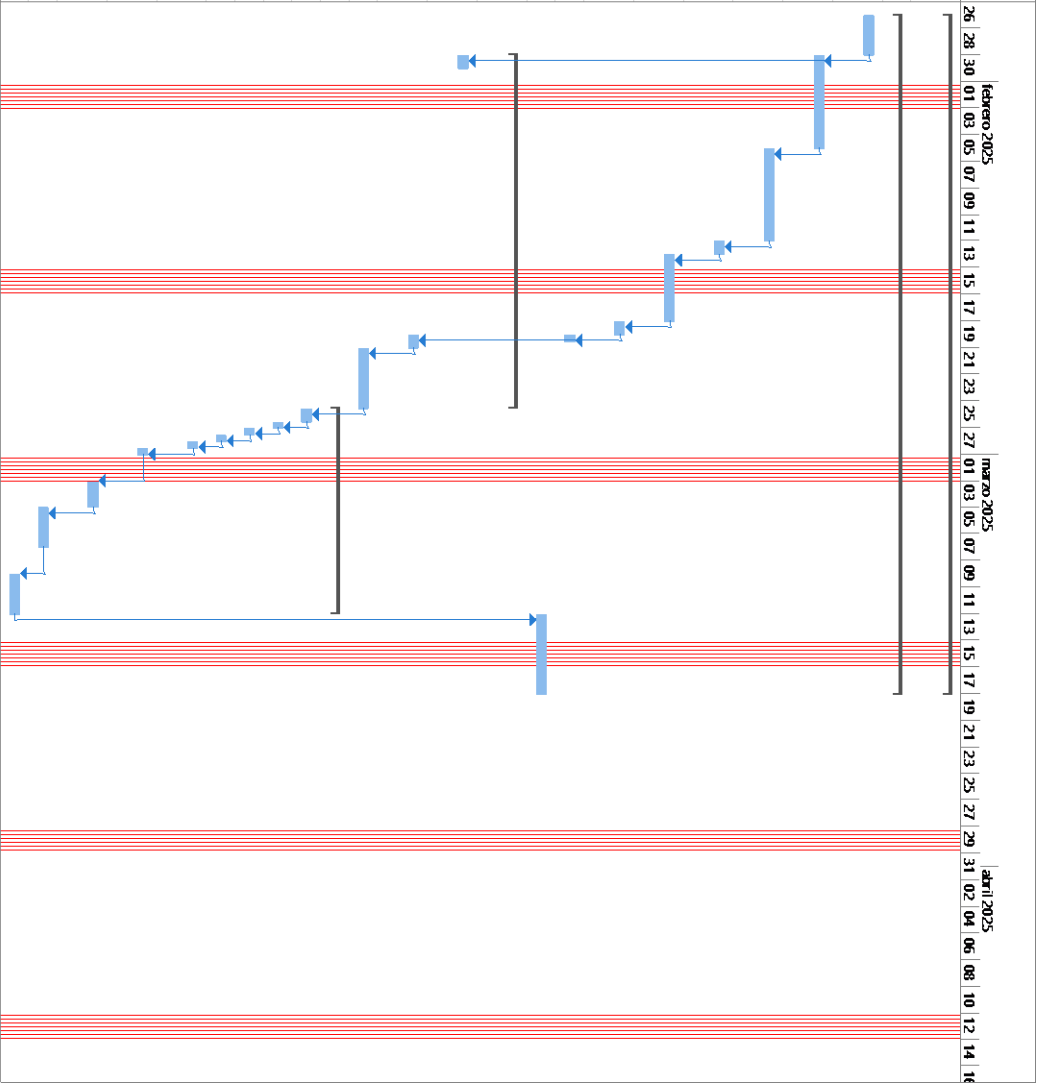
#### **4.1 PROGRAMACIÓN DE OBRA.**

La programación de obra es el proceso de planificación y organización de las actividades necesarias para la ejecución de un proyecto de construcción, definiendo los plazos y recursos requeridos. Su importancia radica en asegurar que las tareas se realicen de manera eficiente, cumpliendo con los tiempos establecidos y optimizando los recursos.

En la actualidad existen diversos softwares que facilitan la elaboración de una programación de obra. Project es uno de los más utilizados en la construcción de Chile, ya que permite la asignación de recursos, gestión de costos, seguimiento y cronogramas detallados, integrándose con softwares BIM.

Para visualizar y gestionar esta programación se utiliza la Carta Gantt, una herramienta grafica que muestra el cronograma de actividades. La programación desarrollada en este proyecto fue elaborada mediante el uso de dicho software.

Kd	Mo de tare	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras
1		<b>ESTACIONAMIENTO AULA MAGNA</b>	<b>37 días</b>	<b>27-01-21</b>	<b>18-03-25</b>	
2		<b>ESTACIONAMIENTO</b>	<b>37 días</b>	<b>27-01-21</b>	<b>18-03-25</b>	
3		Demolición y Retiro de obras	3 días	27-01-21	29-01-25	
4		Preparación de la Subrasante	5 días	30-01-21	05-02-25	3
5		Base Granular CBR80%	5 días	06-02-21	12-02-25	4
6		Carra de Arena e=0,04m	1 día	13-02-21	13-02-25	5
7		Instalación de Adoquines	3 días	14-02-21	18-02-25	6
8		Instalación Solera Tipo A	1 día	19-02-21	19-02-25	7
9		Demarcación	0,5 días	20-02-21	20-02-25	8
10		Alumbrado	4 días	13-03-21	18-03-25	24
11		<b>CANALETAS BORDE ESTACIONAMIENTO</b>	<b>18,5 días</b>	<b>30-01-21</b>	<b>25-02-25</b>	
12		Retiro de Badén existente	1 día	30-01-21	30-01-25	3
13		Preparación del Sello de Cananeta	1 día	20-02-21	20-02-25	8
14		Cananeta	2,5 días	21-02-21	25-02-25	13
15		<b>DREN</b>	<b>11,5 días</b>	<b>25-02-21</b>	<b>12-03-25</b>	
16		Excavación de Z	1 día	25-02-21	26-02-25	14
17		Geotextil 150gr/0,5 días	0,5 días	26-02-21	26-02-25	16
18		Grava 2 1/2"	0,5 días	27-02-21	27-02-25	17
19		Arena Fina Limp	0,5 días	27-02-21	27-02-25	18
20		Tubería PVC Hidraulico	0,5 días	28-02-21	28-02-25	19
21		Tubo Perforado 110mm	0,5 días	28-02-21	28-02-25	20
22		Dado de Refuerzo	2 días	03-03-21	04-03-25	21
23		Sumidero Tipo S	3 días	05-03-21	07-03-25	22
24		Cámara de Inspi	3 días	10-03-21	12-03-25	23



## **CONCLUSIÓN.**

La metodología BIM (Building Information Modeling) demostró su efectividad en la implementación del proyecto de reconstrucción del estacionamiento del Aula Magna, logrando el cumplimiento exitoso de los objetivos establecidos.

En primer lugar, el diagnóstico inicial del estacionamiento, que incluyó una inspección detallada de las condiciones actuales, ofreció la oportunidad de aplicar conocimientos técnicos en el análisis de infraestructuras deterioradas. Esta fase inicial sentó las bases para el diseño y la planificación del nuevo estacionamiento. A través de este diagnóstico, se identificaron las principales causas del deterioro, como las deformaciones ocasionadas por las raíces de los árboles y la insuficiencia del sistema de drenaje.

El diseño del nuevo estacionamiento se ajusta a las normativas vigentes y optimiza el aprovechamiento del espacio disponible. Asimismo, se implementó un sistema de drenaje adecuado, dimensionado mediante el método racional, teniendo en cuenta las características climáticas del área donde se ubica el proyecto. Esto garantiza su efectividad frente a lluvias intensas.

Finalmente, se evaluaron los impactos de las soluciones propuestas en términos de costos y tiempos, mediante el uso de software BIM, lo que permitió una planificación más precisa y la optimización de recursos. Esta herramienta facilita la definición de márgenes para la licitación, anticipando las ofertas y plazos de ejecución, lo que permite una selección adecuada de contratista y garantizar la eficiencia del proyecto.

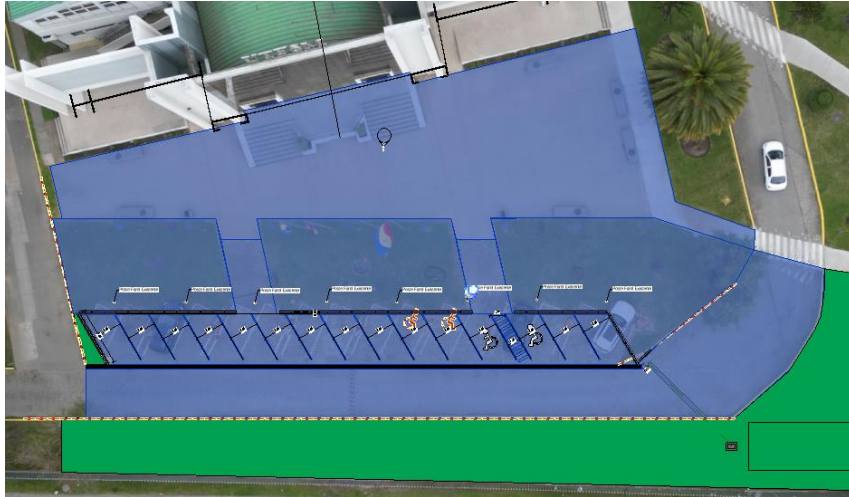
## **BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES DE INFORMACIÓN.**

- 1) Dirección de Obras Hidráulicas. Plan Maestro de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias de Concepción, VIII Región.
- 2) Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile. Manual de Diseño de Pavimentos de Adoquines de Hormigón.
- 3) Ministerio de Obras Públicas. Manual de Carreteras Volumen N° 3 (2023).
- 4) Ministerio de Obras Públicas. Manual de Carreteras Volumen N° 4 (2023).
- 5) Ministerio de Obras Públicas. Manual de Carreteras Volumen N° 5 (2023).
- 6) Ministerio de Obras Públicas. Manual de Carreteras Volumen N° 6 (2023).
- 7) Ministerio de Obras Públicas. Manual de Carreteras Volumen N° 8 (2023).
- 8) MINVU. Guía de Soluciones Accesibles para espacios Públicos y Viviendas (2018).
- 9) MINVU. Guía Diseño y Especificaciones de Elementos Urbanos de Infraestructura de aguas Lluvias (2005).
- 10) Panda, B.Ch. y Ghosh, A.K. (2002b). Structural Behavior of Concrete Blocks Paving.
- 11) Pearson, A. y Shackel (2003). Australian National Standards for Segmental and Flag Pavements.
- 12) SERVIU. Diseño de Aguas Lluvias Urbanos CAP. N°5.
- 13) Shackel, B. (1980). The Performance of Interlocking Block Pavements under Accelerated Traffcking.

14) Shackel, B. (2003). The Challenges of Concrete Blocks Paving as a Mature Technology.

***ANEXO I:***

***MEMORIA DE CÁLCULO***



*Ilustración 28 – Visualización grafica de Áreas.*  
Fuente: Elaboración Propia.

<Suelos>

A	B
Tipo	Área
Pavimento Existente	329.61 m <sup>2</sup>
Estacionamiento Proyectado	193.04 m <sup>2</sup>
Patio Aula magna	567.01 m <sup>2</sup>
Estacionamiento Existente	209.59 m <sup>2</sup>
Patio Aula magna	21.14 m <sup>2</sup>
Patio Aula magna	20.96 m <sup>2</sup>

*Ilustración 29 – Cubicación Áreas del Proyecto.*  
Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 8**

Tipo de superficie	Coeficiente		
	Mínimo	Medio	Máximo
<b>Calles</b>			
Asfalto no poroso	0,70	0,82	0,95
Hormigón	0,80	0,87	0,95
Adoquín de cemento sobre arena	0,50	0,60	0,70
Maicillo, ladrillo	0,30	0,40	0,50
<b>Techos</b>			
Zinc, latón, metálicos en general	0,85	0,90	0,95
Tejas, pizarras, cemento asbesto	0,70	0,80	0,90
<b>Patios</b>			
Baldosas, hormigón	0,80	0,87	0,95
Tierra, sin cobertura	0,50	0,60	0,70
<b>Parques, plazas y jardines</b>			
Prados, suelo arenoso	0,05	0,12	0,20
Prados, suelo arcilloso	0,15	0,25	0,35

**Ilustración 30 – Coeficientes de Escorrentía.**

Fuente: "Guía de diseño y especificaciones de elementos urbanos de infraestructura de aguas lluvias" (2005).

COEFICIENTE ESCORRENTIA CON PROYECTO		
Tipo de Superficie	Área (ha)	Coef. de Escorrentía
Calzada de adoquines	0,06	0,60
Patio	0,06	0,87
Áreas Verdes	0,04	0,60
<b>Total =</b>	<b>0,2</b>	<b>0,70</b>

**Ilustración 31 – Coeficiente de Escorrentía con Proyecto.**

Fuente: Elaboración Propia.

**TABLA 2.1  
PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA EN 24 HRS. (mm)**

T (años)	P <sub>max24</sub>
2	83,5
5	109,9
10	127,5
25	149,6
50	166,1
100	182,4

**Ilustración 32 – Precipitación Máxima diaria en 24hrs.**

Fuente: Plan Maestro de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias Concepción.

COEFICIENTES DE FRECUENCIA

Estación pluviográfica	Periodo de retorno (años)							
	2	5	10	20	25	50	100	200
Putre	0,81	0,85	1,00	1,15	1,20	1,34	1,48	1,83
Lequeua	0,49	0,80	1,00	1,20	1,26	1,45	1,64	1,83
Toconce	0,52	0,81	1,00	1,18	1,24	1,42	1,60	1,78
Rivadavia	0,49	0,80	1,00	1,19	1,26	1,44	1,63	1,82
La Paloma	0,48	0,79	1,00	1,20	1,26	1,46	1,65	1,84
Illapel	0,50	0,80	1,00	1,19	1,25	1,44	1,62	1,81
La Tranquilla	0,47	0,79	1,00	1,20	1,27	1,47	1,66	1,86
Quillota	0,55	0,82	1,00	1,17	1,22	1,39	1,56	1,72
Rungue	0,51	0,80	1,00	1,19	1,25	1,43	1,61	1,80
Lago Peñuelas	0,52	0,81	1,00	1,18	1,24	1,42	1,60	1,77
Los Panguiles	0,43	0,77	1,00	1,22	1,29	1,50	1,71	1,92
Santiago- Quinta Normal	0,80	0,84	1,00	1,15	1,20	1,35	1,50	1,84
Santiago- San Joaquín	0,58	0,83	1,00	1,16	1,21	1,37	1,52	1,87
Pirque	0,62	0,85	1,00	1,15	1,19	1,33	1,47	1,81
Melipilla	0,53	0,81	1,00	1,18	1,24	1,41	1,56	1,78
Rapel	0,82	0,85	1,00	1,15	1,19	1,33	1,48	1,82
Llallauquén	0,58	0,83	1,00	1,16	1,21	1,37	1,52	1,88
San Fernando	0,59	0,84	1,00	1,16	1,21	1,36	1,51	1,86
Curicó	0,66	0,86	1,00	1,13	1,17	1,30	1,42	1,55
Armerillo	0,66	0,87	1,00	1,13	1,17	1,29	1,42	1,54
Colbún en Los Colorados	0,88	0,88	1,00	1,15	1,20	1,36	1,51	1,80
Chilán	0,88	0,88	1,00	1,13	1,17	1,30	1,42	1,55
Concepción	0,88	0,87	1,00	1,12	1,16	1,28	1,40	1,52
Poicura en Balseadero	0,73	0,89	1,00	1,11	1,14	1,24	1,34	1,44
Quilaco	0,66	0,86	1,00	1,13	1,17	1,30	1,43	1,56
Temuco	0,68	0,87	1,00	1,12	1,16	1,28	1,41	1,53
Pullinque	0,68	0,87	1,00	1,12	1,16	1,28	1,40	1,51
Valdivia	0,68	0,87	1,00	1,12	1,16	1,28	1,40	1,52
Osorno	0,63	0,85	1,00	1,14	1,19	1,32	1,46	1,59
Ensenada	0,66	0,86	1,00	1,13	1,17	1,30	1,43	1,55
Puerto Montt	0,65	0,86	1,00	1,13	1,18	1,31	1,44	1,57
Lago Chapo	0,65	0,86	1,00	1,13	1,17	1,30	1,43	1,56
Canutillar en Portezuelo	0,72	0,89	1,00	1,11	1,14	1,25	1,35	1,46
Chaitén	0,85	0,88	1,00	1,13	1,17	1,30	1,43	1,56
Puerto Aysén	0,70	0,88	1,00	1,12	1,15	1,26	1,38	1,49
Punta Arenas	0,59	0,84	1,00	1,16	1,21	1,36	1,51	1,86

Ilustración 33 – Coeficientes de Frecuencia.  
Fuente: Manual de Carreteras Volumen N°3.

COEFICIENTES DE DURACION PARA 10 AÑOS DE PERIODO DE RETORNO

Estación pluviográfica	Duración (horas)											
	1	2	4	8	8	10	12	14	18	24		
Putre	0,44	0,62	0,73	0,78	0,81	0,82	0,83	0,83	0,87	1,00		
Lequeua	0,34	0,52	0,75	0,87	0,93	0,94	0,95	0,96	0,92	1,00		
Toconce	0,39	0,57	0,79	0,90	0,94	0,94	0,95	0,95	0,97	1,00		
Rivadavia	0,12	0,21	0,35	0,48	0,59	0,68	0,75	0,78	0,87	1,00		
La Paloma	0,15	0,25	0,41	0,55	0,65	0,74	0,80	0,84	0,92	1,00		
Illapel	0,14	0,25	0,41	0,54	0,65	0,73	0,79	0,84	0,92	1,00		
La Tranquilla	0,11	0,19	0,31	0,40	0,49	0,57	0,64	0,72	0,87	1,00		
Quillota	0,13	0,23	0,38	0,50	0,58	0,67	0,75	0,80	0,88	1,00		
Rungue	0,09	0,16	0,31	0,44	0,53	0,62	0,69	0,73	0,84	1,00		
Lago Peñuelas	0,12	0,21	0,37	0,49	0,60	0,68	0,76	0,82	0,92	1,00		
Los Panguiles	0,16	0,27	0,41	0,55	0,64	0,78	0,83	0,86	0,90	1,00		
Santiago-Q.Normal	0,14	0,23	0,38	0,51	0,63	0,70	0,77	0,82	0,90	1,00		
Santiago- San Joaquín	0,15	0,24	0,38	0,51	0,60	0,69	0,70	0,80	0,91	1,00		
Pirque	0,11	0,17	0,30	0,40	0,49	0,57	0,63	0,69	0,82	1,00		
Melipilla	0,12	0,21	0,35	0,47	0,55	0,63	0,68	0,75	0,88	1,00		
Rapel	0,15	0,23	0,33	0,47	0,56	0,64	0,72	0,78	0,92	1,00		
Llallauquén	0,16	0,25	0,40	0,50	0,57	0,64	0,70	0,76	0,86	1,00		
San Fernando	0,12	0,20	0,33	0,43	0,52	0,61	0,68	0,73	0,85	1,00		
Curicó	0,15	0,22	0,35	0,45	0,54	0,63	0,71	0,79	0,89	1,00		
Armerillo	0,08	0,15	0,26	0,37	0,47	0,56	0,64	0,70	0,83	1,00		
Colbun en Los Colorados	0,12	0,19	0,29	0,41	0,52	0,59	0,68	0,73	0,83	1,00		
Chilán	0,13	0,21	0,34	0,42	0,49	0,55	0,61	0,69	0,84	1,00		
Concepción	0,19	0,30	0,39	0,48	0,56	0,64	0,70	0,76	0,90	1,00		
Poicura en Balseadero	0,11	0,18	0,31	0,42	0,51	0,59	0,66	0,73	0,84	1,00		
Quilaco	0,17	0,26	0,37	0,45	0,54	0,61	0,67	0,74	0,88	1,00		
Temuco	0,21	0,32	0,50	0,59	0,67	0,73	0,79	0,84	0,91	1,00		
Pullinque	0,12	0,20	0,33	0,43	0,50	0,58	0,65	0,72	0,84	1,00		
Valdivia	0,13	0,18	0,31	0,43	0,53	0,60	0,67	0,74	0,89	1,00		
Osorno	0,20	0,33	0,50	0,60	0,65	0,69	0,75	0,82	0,92	1,00		
Ensenada	0,17	0,23	0,35	0,45	0,53	0,60	0,68	0,74	0,86	1,00		
Puerto Montt	0,16	0,27	0,36	0,47	0,55	0,62	0,70	0,77	0,88	1,00		
Lago Chapo	0,09	0,16	0,28	0,37	0,46	0,55	0,64	0,71	0,85	1,00		
Canutillar en Portezuelo	0,11	0,20	0,33	0,44	0,54	0,63	0,68	0,75	0,82	1,00		
Chaitén	0,18	0,29	0,42	0,51	0,61	0,69	0,75	0,81	0,91	1,00		
Puerto Aysén	0,14	0,23	0,38	0,51	0,60	0,71	0,81	0,88	0,98	1,00		
Punta Arenas	0,20	0,33	0,49	0,61	0,73	0,81	0,86	0,91	0,97	1,00		

Ilustración 34 – Coeficientes de Duración.  
Fuente: Manual de Carreteras Volumen N°3

**ZANJA DE INFILTRACION**  
Por Manual SERVIU Capitulo 4 punto 4.2.2

Area	1.503	m <sup>2</sup>
C medio	0,70	

$$V_{\text{atf}}(t) = 1,25 \cdot 0,001 \cdot C \cdot A \cdot P_t^{25}$$

$$V_{\text{inf}}(t) = 0,001 \cdot t \cdot C_s \cdot A_s \cdot t$$

$$P_t^5 = 1,1 \cdot P_{24}^{10} \cdot CD_t^{24} \cdot CF^{10}$$

$$P_t^5 = 140,3 \quad CD_t^{24} \quad \text{para 24 horas } >t>1 \text{ hora}$$

$$P_t^5 = 26,6 \quad CD_t^{24} \quad \text{para 1 hora } >t>0 \text{ hora}$$

$$V_{\text{atf}}(t) = 1,32 \quad P_t^5$$

$$V_{\text{inf}}(t) = 33,00 \quad t \quad (\text{HORAS})$$

**PARAMETROS INICIALES**

Parametro	Valor	
$P_{24}^{10}$	127,5	mm
$CF_{10}^{10}$	1	
$CD_t^{24}$	0,19	(1 hora)
f	1000,0	mm/hr
$C_s$	0,75	
$A_{\text{per}}$	44,0	m <sup>2</sup>

**CÁLCULO VOLUMEN NECESARIO ALMACENAMIENTO**

DURACIÓN		$CD_t^1$	$P_t^5$	$V_{\text{atf}}$	$V_{\text{inf}}$	Volumen almacenamiento (m <sup>3</sup> )
Minutos	Horas					
0	0,00	0,000	0,0	0,0	0,0	0,00
5	0,08	0,310	8,3	10,9	2,8	8,11
10	0,17	0,460	12,3	16,1	5,5	10,62
20	0,33	0,640	17,1	22,4	11,0	11,43
30	0,50	0,760	20,3	26,6	16,5	10,13
40	0,67	0,860	22,9	30,1	22,0	8,14
60	1	0,190	26,6	35,0	33,0	2,04
120	2	0,300	42,1	55,3	66,0	-10,67
240	4	0,380	53,3	70,1	132,0	-61,91
360	6	0,470	65,9	86,7	198,0	-111,31
480	8	0,560	78,5	103,3	264,0	-160,71
600	10	0,640	89,8	118,0	330,0	-211,95
720	12	0,700	98,2	129,1	396,0	-266,89
840	14	0,770	108,0	142,0	462,0	-319,98
1.080	18	0,890	124,8	164,2	594,0	-429,84
1.440	24	1,000	140,3	184,4	792,0	-607,55
<b>Volumen Almacenamiento (m<sup>3</sup>)</b>						<b>11,43</b>

**Verificación de volumen**

Largo (L)	9,00	(m)
Ancho estimado (b)	4,00	(m)
Profundidad (h)	1,00	(m)
Volumen Zanja	36,0	(m <sup>3</sup> )
Ancho necesario (b <sub>i</sub> )	4	(m)
Porosidad	0,40	
Volumen Almac. Util ( <b>Vu</b> )	14,40	(m <sup>3</sup> )
Volumen Almacenamiento Requerido ( <b>Vr</b> )	11,43	(m <sup>3</sup> )
Relación de volúmenes ( <b>Vu/Vr</b> )	1,26	(m <sup>3</sup> )

*Ilustración 35 – Cálculo DREN.*  
Fuente: Elaboración Propia.

***ANEXO II:***

***PLANOS***



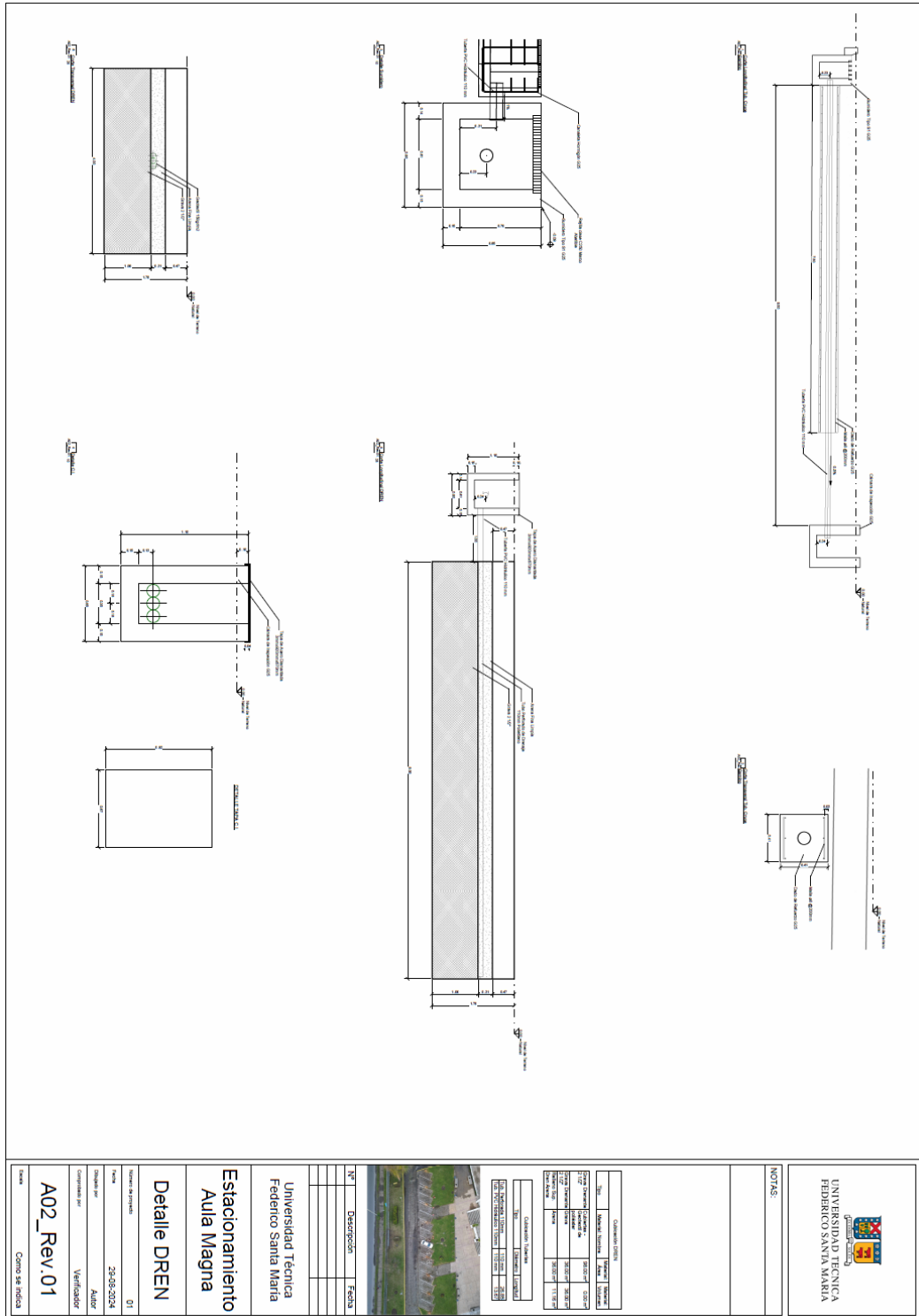


Ilustración 37 – Plano Detalle DREN  
Fuente: Elaboración Propia.

***ANEXO III:***

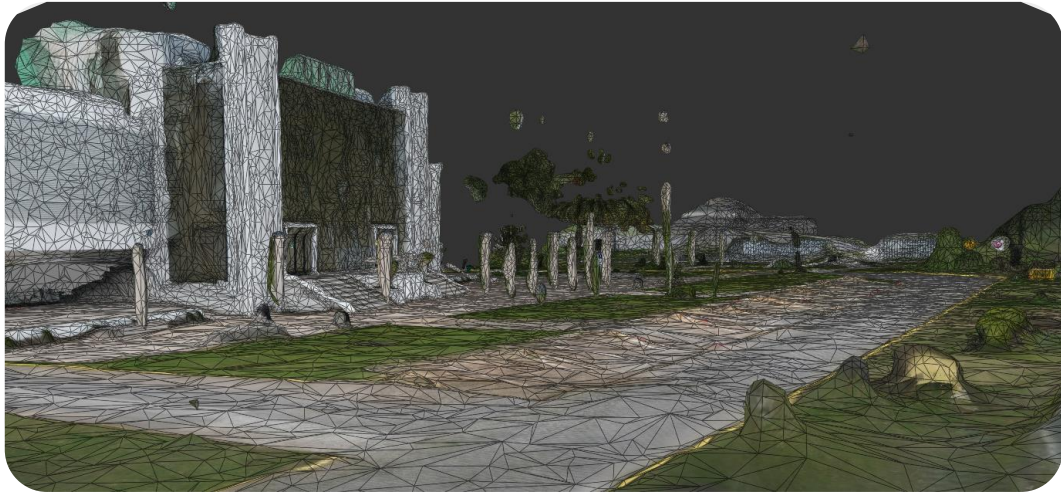
***IMÁGENES COMPLEMENTARIAS***



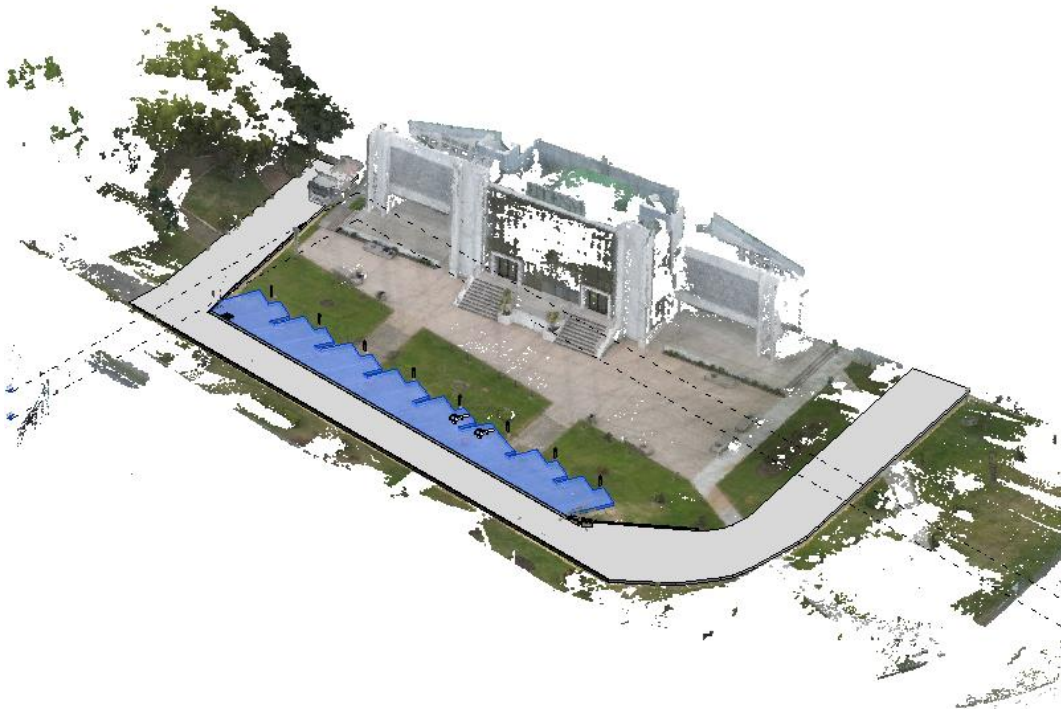
*Ilustración 38* – Registro fotográfico día de Precipitaciones.  
Fuente: Elaboración Propia.



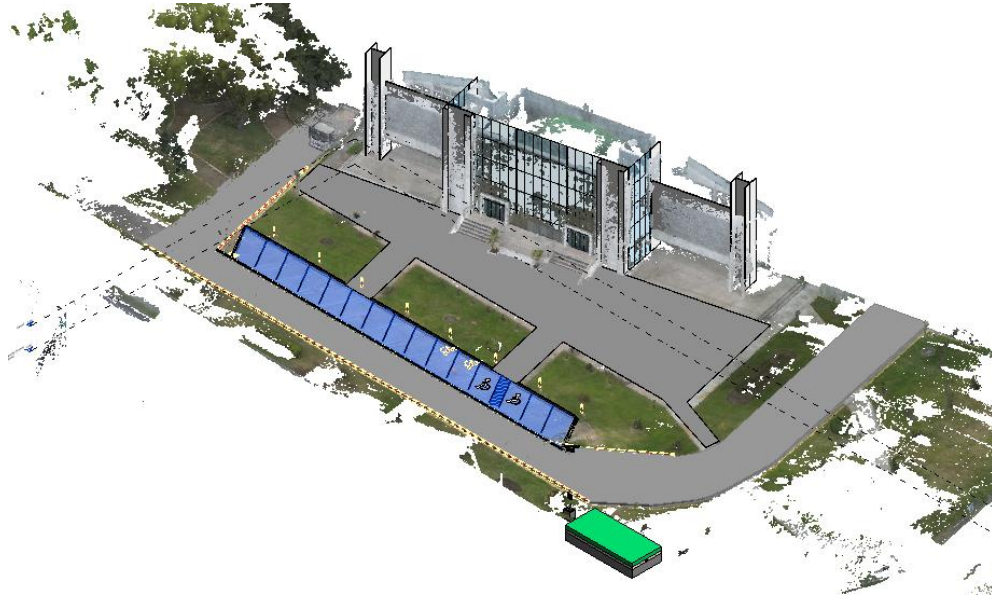
*Ilustración 39* – Registro fotográfico Solerillas.  
Fuente: Elaboración Propia.



*Ilustración 40* – Levantamiento Recap Pro.  
Fuente: Elaboración Propia.



*Ilustración 41* – Modelado de Estacionamiento Existente.  
Fuente: Elaboración Propia.



*Ilustración 42* – Modelado de Estacionamiento Proyectado.  
Fuente: Elaboración Propia.



*Ilustración 43* – Vista Estacionamiento Proyectado.  
Fuente: Elaboración Propia.