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

COMPARACIÓN DE COSTOS PARA CONSTRUIR UN ESTACIONAMIENTO CON DISTINTOS TIPOS DE PAVIMENTOS

Raúl Eduardo Ticún Córdova
Asesorado por el Ing. Guillermo Francisco Melini Salguero

Guatemala, abril de 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

COMPARACIÓN DE COSTOS PARA CONSTRUIR UN ESTACIONAMIENTO CON DISTINTOS TIPOS DE PAVIMENTOS

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

RAÚL EDUARDO TICÚN CÓRDOVA
ASESORADO POR EL ING. GUILLERMO FRANCISCO MELINI SALGUERO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, ABRIL DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

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

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa
EXAMINADOR	Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
EXAMINADORA	Inga. María del Mar Girón Cordón
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

COMPARACIÓN DE COSTOS PARA CONSTRUIR UN ESTACIONAMIENTO CON DISTINTOS TIPOS DE PAVIMENTOS

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 7 de junio de 2016.

Raúl Eduardo Ticún Córdova

Guatemala,
29 de marzo de 2017

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

Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **COMPARACIÓN DE COSTOS PARA CONSTRUIR UN ESTACIONAMIENTO CON DISTINTOS TIPOS DE PAVIMENTOS,** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Raúl Eduardo Ticún Córdova, quien contó con la asesoría del Ing. Guillermo Francisco Melini Salguero.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

INGENIERO CIVIL
Col. 2548

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

ESCUELA INGENIERIA CIVIL

FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
PLANEAMIENTO
U S A C

/mrrm.

El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor y del Coordinador del Departamento de Planeamiento Ing. Guillermo Francisco Melini Salguero, al trabajo de graduación del estudiante Raúl Eduardo Ticún Córdova titulado COMPARACIÓN DE COSTOS PARA CONSTRUIR UN ESTACIONAMIENTO CON DISTINTOS TIPOS DE PAVIMENTOS da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
DIRECTOR
FACULTAD DE INGENIERIA

Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco

Guatemala, abril 2017
/mrrm.

Universidad de San Carlos
de Guatemala

Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref.DTG.D.171.2017

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **COMPARACIÓN DE COSTOS PARA CONSTRUIR UN ESTACIONAMIENTO CON DISTINTOS TIPOS DE PAVIMENTOS,** presentado por el estudiante universitario: **Raúl Eduardo Ticún Córdova,** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
DECANO
FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, abril de 2017

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por darme la inteligencia, la paciencia y las ganas de seguir adelante, y por darme la vida para poder llegar hasta este momento.
Mis padres	Mara Córdova y Raúl Ticún. Por el apoyo que siempre me brindaron, por aguantar mis malos ratos y darme siempre lo mejor.
Mi hermana	Flor de María. Por apoyarme económicamente, darme siempre palabras de aliento y tenerme mucha paciencia.
Mi hermano	José Raúl. Por darme siempre palabras de aliento.
Mi abuelita	Berta Castillo. Porque siempre confiaste en mí y en que lograría alcanzar esta meta.
Mi novia	Rocío Celeste Hernández Palma. Por acompañarme desde que inicié mi carrera y por darme ánimos.
Pueblo de Guatemala	Porque gracias a sus aportes pude terminar mi carrera y tener educación superior.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por abrirme las sus puertas todos los días y acogerme siempre de la mejor manera para obtener conocimientos amplios de lo que me apasiona hacer.
Facultad de Ingeniería	Por permitirme formar parte de sus estudiantes y de su junta directiva como representante estudiantil.
Mis amigos de la Facultad	Marvin Cuyún, Pedro Rojas, Pablo Tello, Werner Valdéz, José Galindo, Edgar Donis, Rodrigo Chacón. Por haber estudiado conmigo días enteros en diferentes asignaturas.
Mis catedráticos	Por proporcionarme sus parte de sus conocimientos en cada asignatura que cursé para formar en mi un buen profesional.
Mi asesor	Ing. Guillermo Melini por apoyarme, brindándome su guía como profesional y asesorarme en el trabajo de graduación.
La empresa	ASFALSUR, en especial al Ing. Pablo Artiga. Por haberme apoyado en gran parte de la investigación de este trabajo de graduación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES V
LISTA DE SÍMBOLOS IX
GLOSARIO XI
RESUMEN XV
OBJETIVOS XVII
INTRODUCCIÓN XIX

1. PAVIMENTOS 1
1.1. Descripción 1
1.1.1. Pavimentos rígidos 2
1.1.1.1. Materiales por utilizarse en la elaboración de un pavimento rígido 6
1.1.1.2. Funciones que desempeña cada trabajador en la elaboración de la pavimentación rígida 10
1.1.1.3. Maquinaria por utilizarse 11
1.1.1.4. Ensayos 14
1.1.2. Pavimentos semirrígidos 16
1.1.2.1. Materiales por utilizar en la elaboración de un pavimento semirrígido 17
1.1.2.2. Funciones que desempeña cada trabajador en la elaboración de la pavimentación semirrígida 18
1.1.2.3. Maquinaria por utilizarse 19

1.1.2.4. Ensayos 20
1.1.3. Pavimentos flexibles 21
1.1.3.1. Materiales por utilizar en la construcción de un pavimento flexible 23
1.1.3.2. Funciones que desempaña cada trabajador en la construcción de un pavimento flexible 24
1.1.3.3. Maquinaria por utilizarse para la construcción de pavimento flexible 25
1.1.3.4. Ensayos 34
1.2. Aglomerantes 36
1.3. Herramientas 37

2. COSTOS 39
2.1. Definición 39
2.1.1. Etapa de preinversión 41
2.1.2. Aspectos legales 42
2.1.3. Prestaciones 43
2.2. Costos directos 44
2.3. Costos indirectos 45
2.4. Precio 46

3. ANÁLISIS DE LA PROPUESTA 49
3.1. Propuesta y resolución de ejemplo 49

4. COMPARACIÓN DE PRECIOS 71
4.1. Resultados 71
4.2. Presentación de resultados 72

4.2.1. Tablas 72
4.3. Análisis de resultados 74
4.4. Gráficos de los resultados obtenidos 74
4.5. Determinación del costo más alto y costo más bajo de la pavimentación de un parqueo 76
CONCLUSIONES 77
RECOMENDACIONES 79
BIBLIOGRAFÍA 81

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Elementos de un pavimento rígido 4
2. Máquina cortadora de pavimento 5
3. Materiales utilizados en la elaboración de un pavimento rígido 10
4. Camión Mixer 12
5. Cercha vibradora.....13
6. Camión tanque.....14
7. Colocación de adoquín.....18
8. Máquina colocadora de adoquín 20
9. Capas de pavimento flexible 22
10. Excavadora hidráulica.....26
11. Vibrocompactadora de asfalto.....26
12. Cargador de ruedas 27
13. Minicargador 28
14. Motoniveladora.....29
15. Distribuidor de asfalto o pavimento 30
16. Terminadora de asfalto o pavimentadora 31
17. Barredoras 32
18. Camión tanque.....33
19. Camión de volteo 34
20. Evaluación de tránsito.....65
21. Gráfica de costos totales de pavimentos.....75
22. Gráfica de costos unitarios de pavimentos.....75

TABLAS

I. Graduación de los agregados finos 7
II. Graduación de los agregados gruesos 8
III. Requisitos de graduación para polvo mineral 23
IV. Desglose de prestaciones para el año 2017 44
V. Listado de renglones para pavimentaciones 50
VI. Precio unitario de colocación de base para pavimentaciones según método AASHTO 51
VII. Categorías de carga por eje 53
VIII. Tipos de suelos de subrasante y valores aproximados de K..... 54
IX. Valores de K para diseño sobre bases granulares (PCA) 54
X. TPDC permisible, carga por eje categoría 1, pavimento con juntas de trave por agregado 55
XI. Integración de costos de pavimento rígido, colocación de formaleta ... 56
XII. Integración de costos de pavimento rígido, colocación de concreto..... 57
XIII. Integración de costos de pavimento rígido, desmontaje de formaleta 58
XIV. Integración de costos de pavimento rígido, alisado de losas 59
XV. Integración de costos de pavimento rígido, juntas de dilatación 60
XVI. Diseño típico para las categorías de tránsito 62
XVII. Espesores de los block de adoquín 62
XVIII. Integración de costos de pavimento semirrígido, colocación de arena.... 63
XIX. Integración de costos de pavimento semirrígido, colocación de adoquín 64
XX. Espesores mínimos recomendados (método AASHTO) 66
XXI. Integración de costos de pavimento flexible, imprimación 67
XXII. Integración de costos de pavimento flexible, concreto asfáltico 68

XXIII. Costo total de pavimento rígido 71
XXIV. Costo total de pavimento semirrígido 72
XXV. Costo total de pavimento flexible 72
XXVI. Costo unitario de pavimento rígido 73
XXVII. Costo unitario de pavimento semirrígido 73
XXVIII. Costo unitario de pavimento flexible 73

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
cm	Centímetro
K	Constante de diseño
t	Espesor o peralte
Gal.	Galón
hr	Hora
KIPS	Igual a mil libras fuerza
kN	Kilo newton
PSI	Libra por pulgada cuadrada
m	Metro
m^2	Metro cuadrado
m^3	Metro cubico
ml	Metro lineal
mm	Milímetro
MR	Módulo de ruptura
P.U.	Precio unitario
Pulg.	Pulgada
Plg.	Pulgada
%	Porcentaje
“	Pulgada
Q	Quetzal (moneda guatemalteca)
qq	Quintales
F´c	Resistencia nominal del concreto

GLOSARIO

AASHTO	Asociación Americana de Carreteras Estatales y Transportes.
Agregado fino	Arena de río.
ASTM	Asociación de Americana de Ensayo de Materiales.
Bitumen	Mezcla de sustancias orgánicas, altamente viscosa, negra, de alta densidad completamente soluble en disulfuro de carbono y compuesta principalmente por hidrocarburos aromáticos policíclicos.
CBR	Ensayo de Relación de Soporte de California.
Cemento Pórtland	Cemento compuesto de una mezcla de caliza y arcilla, que fragua lentamente y es muy resistente, al secar obtiene un color semejante a la piedra de las canteras inglesas de Pórtland.
COGUANOR	Comisión Guatemalteca de Normas.
Confinamiento	Amarre de elementos, reclusión, encierro.

Dovelas	Elemento constructivo que conforma un arco y que puede ser de diferentes materiales como ladrillo, piedra, concreto armado o pretensado.
ESAL´S	Número de ejes equivalentes.
IGSS	Instituto Guatemalteco de Seguridad Social.
INAB	Instituto Nacional de Bosques.
In situ	En el lugar.
INTECAP	Instituto Técnico de Capacitación y Productividad.
IRTRA	Instituto de Recreación de los Trabajadores de la Empresa Privada de Guatemala.
IVA	Impuesto sobre el valor agregado.
Rastrillo	Instrumento semejante a la azada pero que en vez de pala tiene dientes fuertes y gruesos, y sirve para extender piedra partida, alisar la tierra, entre otros.
SUCS	Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.
Tamiz	Cedazo muy tupido que sirve para separar o seleccionar sólidos o partículas.
TPD	Tránsito promedio diario.

TPDC	Tránsito promedio diario de camiones.
Viscosidad	Consistencia espesa y pegajosa de un elemento o una cosa.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación, consta de cuatro capítulos, el capítulo uno contiene descripciones de los materiales por utilizarse, maquinaria, ensayos, funciones desempeñadas por los trabajadores en cada una de las pavimentaciones, una breve descripción de aglomerantes y una lista de las herramientas básicas utilizadas.

En el capítulo dos fueron definidos temas administrativos desde la etapa de la preinversión, prestaciones según lo estipulado por la ley guatemalteca en su Código de Trabajo, hasta la descripción de los costos directos e indirectos para ser tomados en la integración de los costos.

En el capítulo tres, es desarrollada una ejemplificación de la propuesta con el fin de encontrar los costos totales y unitarios de cada una de las pavimentaciones poniéndolas en igualdad de condiciones, para así obtener los resultados deseados y, posteriormente, reflejar cada uno de estos en tablas de resumen como en gráficos y demostrar, por medio de las integraciones de los costos, que se obtendrán costos diferentes para cada pavimentación. En este capítulo, para las integraciones de los costos, son tomados en cuenta todos los costos directos y los indirectos, (desglosados en el capítulo dos) impuestos, días no trabajados, prestaciones, y otros.

En el capítulo cuatro, son presentados los resultados en tablas y porcentajes respecto del costo de la pavimentación más costosa, también se realiza un análisis de resultados, que se dará a conocer por medio de gráficos, para que después se determine el costo más alto y el más bajo.

OBJETIVOS

General

Dar a conocer la diferencia de costos que existe entre realizar la construcción de un estacionamiento con pavimento rígido, semirrígido y/o flexible para optimizar los recursos que cada uno de estos pueda ofrecer para la construcción del mismo y, de esta manera, tomar una decisión de inversión y/o integración de los costos.

Específicos

1. Conocer cuáles son los diferentes trabajos por considerar en cada uno de los tipos de pavimentación para la construcción de un parqueo.

2. Administrar y reflejar el costo que provoca cada tipo de pavimentación.

3. Determinar el costo más alto y el costo más bajo para pavimentar un estacionamiento.

4. Conocer todos los materiales por utilizar en la elaboración de dicho proyecto con los tres tipos de pavimentación.

INTRODUCCIÓN

Se realizará una investigación en la cual se harán comparaciones de los costos para la pavimentación de un estacionamiento para automóviles, tomando en cuenta los pavimentos rígidos, pavimentos semirrígidos y pavimentos flexibles. Todo esto con el afán de dar a conocer lo perjudicial o lo beneficioso que puede llegar a ser económicamente el construir un parqueo con cada uno de estos tipos de pavimentos para que después se tome una buena decisión considerando el costo y el beneficio que cada uno de estos ofrece. También debe ser tomado en cuenta el criterio del diseñador del proyecto para no afectar el diseño su arquitectura.

El desarrollo de este tema es de suma importancia para conocer y tomar decisiones al momento de la investigación dando a conocer una comparación de costos tomando en cuenta todos los aspectos importantes para su desarrollo constructivo, y así generar propuestas y consideraciones de costos para su ejecución. Se darán a conocer conceptos, ensayos por realizarse en cada tipo de pavimentación como procesos constructivos para la elaboración de cada uno de los pavimentos expuestos en este trabajo y, de esa manera, obtener costos más exactos para la elaboración de la integración de los costos de un estacionamiento de automóviles.

Para el desarrollo de esta investigación se tomarán en cuenta los costos actualizados y se dejarán variables dentro del desarrollo de los problemas o ejemplos para futuras variaciones en los precios. Se darán a conocer las diferencias de los costos unitarios y costos totales entre pavimentación rígida, semirrígida y flexible para la toma de decisiones a fin de que por medio de sus

diferencias se pueda obtener resultados económicos y puedan ser tomados en cuenta al momento de dar a conocer el presupuesto de un proyecto en donde existan parqueos incluidos y así ver el beneficio económico en su ejecución. Se darán a conocer las ventajas y desventajas, tanto económicas como técnicas de construir un parqueo con cada uno de estos tipos de pavimentación.

Los costos totales y los costos unitarios que sean obtenidos deben darse a conocer por porcentajes en base a la pavimentación de más alto costo para que se puedan apreciar las diferencias porcentuales entre los diferentes tipos. Se deberá realizar una integración de costos de la construcción una base, que tiene como objetivo poner a las diferentes pavimentaciones en igualdad de condiciones para que no se vea afectado el costo, y de igual manera se puedan obtener resultados más reales.

Para la elaboración de este trabajo de graduación se dará a conocer la maquinaria que debe ser empleada para la colocación de cada uno de los tipos de pavimentos, su función y su modo de cobro para su renta o compra.

Para efectos de la integración de costos de este tipo de proyectos debe conocerse el procedimiento constructivo y los tiempos mínimos estipulados para la ejecución de cada uno de los pasos por seguir para después determinar los costos y precios unitarios.

Es importante que se determine el costo más alto y el más bajo de las pavimentaciones que, como ya se anotó, no debe afectar la arquitectura ni el diseño del estacionamiento. Debe servir para que se tome una decisión en base a los costos que cada uno de estos generará.

1. PAVIMENTOS

1.1. Descripción

Es toda estructura que descansa sobre el terreno de fundación o sub-rasante, formada por las diferentes capas de sub-base, base y carpeta de rodadura. Tiene el objetivo de distribuir las cargas del tránsito sobre el suelo, proporcionando una superficie de rodadura suave para los vehículos, y proteger al suelo de los efectos adversos del clima, los cuales afectan la resistencia al soporte estable del mismo.

El pavimento soporta y distribuye la carga en una presión unitaria lo suficientemente disminuida para estar dentro de la capacidad del suelo que constituye la capa de apoyo, reduciendo la tendencia a la formación de fallas.

Para el diseño de pavimentos deben ser analizados factores como las características de los suelos, clima, tránsito, capacidad de transferencia de carga, entre otros. Estos factores son importantes y necesarios ya que indican comportamientos de la estructura del pavimento en distintas condiciones y permiten evitar un colapso anticipado respecto al tiempo para el cuál fue diseñado.

1.1.1. Pavimentos rígidos

Estos pavimentos también reciben el nombre de pavimentos hidráulicos, son elaborados con cemento Portland, arena de río (agregado fino), agregado grueso y agua, hecho en una misma capa. Estos pavimentos poseen una cualidad a diferencia de los pavimentos semirrígidos y flexibles, y es que tienen una resistencia considerable a flexión, y son considerablemente afectados por los cambios de temperatura, ya que deben resistir expansión o contracción dependiendo de las condiciones climáticas en las que esté colocado. Este tipo de pavimentos puede conformarse como una losa de concreto en la cual su longitud, ancho y espesor sean variables. Se le considera más duradero y requiere de menos mantenimiento, lo cual a lo largo del tiempo reduce los costos, aunque en su ejecución tiene un costo más elevado y un proceso constructivo más riguroso.

Los pavimentos rígidos transmiten directamente los esfuerzos al suelo de una forma minimizada, es auto resistente y la cantidad de concreto debe ser controlada, debido a esto se puede decir que el concreto absorbe gran parte de los esfuerzos que las ruedas de los vehículos ejercen sobre el pavimento.

Antes de construirse la losa de concreto deberá ser acondicionada la base del apoyo para lograr que esta sea eficiente y que, posteriormente a ello, se pueda proceder a la colocación del acero de refuerzo, el cual tendrá como fin absorber los esfuerzos de tracción., Podrá tomarse en cuenta la malla electrosoldada o bien, varillas empalmadas entre sí. Posterior a esto, se verifica la total limpieza del área de colocación del concreto para mantener una buena adherencia tomando en cuenta el módulo de resistencia a la ruptura y el módulo de elasticidad del concreto al cual se estará colocando.

Es importante conocer el volumen del tránsito tanto en la actualidad como en las proyecciones que pueda haber hacia el futuro para que se diseñe según sea el peso de cargas por rueda, lo cual es muy importante para el cálculo del peralte o espesor de las losas de concreto por fundirse.

Para la descripción de variables, estas se clasifican de la siguiente manera:

- Variables de diseño: se refiere al grupo de distintas decisiones que son tomadas en cuenta para un procedimiento de diseño.
- Criterio de comportamiento: es la representación de las condiciones de los límites hechos por el usuario, en los que una opción o alternativa de diseño debe comportarse.
- Propiedades de los materiales para el diseño estructural: este grupo enmarca todas las propiedades de cada uno de los materiales de los diferentes pavimentos, necesarios para el diseño estructural.
- Características estructurales: este grupo hace referencia a las cualidades físicas de una estructura de pavimento, las cuales tienen efecto o influencia en su comportamiento.

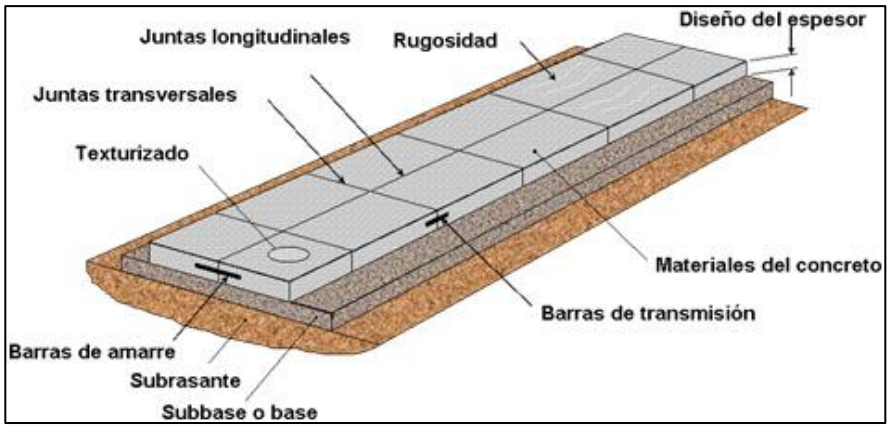
Las capas que debe tener un pavimento rígido son:

- Sub-base, es importante ya que unas de sus principales funciones es el eliminar el bombeo, aumentar el valor soporte y proporcionar una resistencia mucho más uniforme a la losa de concreto, y reducir los efectos del cambio de volumen en los suelos de la subrasante.
- Base, esta capa es la que se coloca entre la sub base y las losas de concreto, la cual puede ser de materiales granulares, agregados pétreos, grava triturada y arena, y sus distintas combinaciones. Con la base se

previene el bombeo, se adecua la superficie de manera uniforme para la colocación de las losas y se aumenta considerablemente la capacidad de soporte y estructural del concreto.

- Capa de rodadura, esta es la capa de cemento tipo Pórtland fundida como losas de cemento.

Figura 1. **Elementos de un pavimento rígido**



Fuente: *Estructura de pavimentos rígidos*.
https://goo.gl/SxoOAQ. Consulta: junio de 2016.

Para finalizar la construcción de las losas de concreto como capa de rodadura es importante dar a conocer las juntas de construcción, las cuales tienen como función transmitir entre sí las cargas y distribuirlas entre ellas al momento del paso de un automóvil. El método más común para finalizar las labores de construcción es rematando la obra contra una formaleta de madera de cara lisa, por lo que es necesario llenar con agregados esta junta de transmisores de carga, por ello las juntas deberán contener agujeros, los cuales permitirán insertar las dovelas.

También puede hacerse una junta de construcción cortando el concreto por medio del uso de máquina cortadora de pavimento. Para alcanzar mejores resultados en el corte del concreto debe utilizarse algún tipo de aditivo para acelerar la resistencia inicial de las últimas tandas de concreto del tramo. Ya que estas juntas no están expuestas a mucho movimiento es suficiente con realizarles un corte de 3 a 6 milímetros de ancho, y una profundidad igual a una tercera parte del espesor de la losa.

Figura 2. **Máquina cortadora de pavimento**

Fuente: https://goo.gl/q8hzRd. Consulta: junio de 2016.

1.1.1.1. Materiales por utilizarse en la elaboración de un pavimento rígido

Antes de realizar la pavimentación de carreteras es necesario un estudio minucioso basado en varios ensayos antes y durante la construcción. A continuación se describen algunos de los elementos utilizados.

- Agregados: "deben ser capaces de resistir el desgaste irreversible y degradación durante la producción, colocación y compactación de las obras de pavimentación, y sobre todo durante la vida de servicio del pavimento."[1]

    - Agregado fino: debe ser utilizada arena comercial y/o natural, la cual se emplea comúnmente para la construcción de viviendas, cuidando que estas estén libres de impurezas orgánicas. No debe de ser mezclado con el agregado grueso al momento de ser almacenado. Debe estar regulado por los parámetros que estipula la sección 551,04 (b) del libro de *Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes.*

    - Agregado grueso: también conocido como grava, material es un componente muy importante del concreto ya que debido a este se pueden garantizar buenos resultados de resistencia del concreto en estructuras. Este agregado puede ser grava triturada, piedra triturada, debe cumplir con ciertos límites o características establecidas en la sección 551,04 (c) del libro de *Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes.*

[1] GONZÁLEZ Silene y ORDÓÑEZ Abl. *Manual de laboratorio, ensayos para pavimentos volumen i*. p.13.

Tabla I. **Graduación de los agregados finos**

Tamices AASHTO M 92	Porcentaje que pasa en masa
3/8"	100
No. 4	95-100
No. 8	80-100
No. 16	50-85
No. 30	25-60
No. 50	5-30
No. 100	0-10
No. 200	0-5

Fuente: Dirección General de Caminos. *Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes.* p. 551-3.

Tabla II. **Graduación de los agregados gruesos**

TABLA 551-03: PORCENTAJE POR PESO QUE PASA POR TAMICES DE ABERTURA CUADRADA										
GRADUACIONES AASHTO M 80		63,0 mm (2 1/2")	50,0 mm (2")	38,1 mm (1 1/2")	25.,0 mm (1")	19.,0 mm (3/4")	12.,5 mm (1/2")	9,50 mm (3/8")	4,75 mm (No. 4)	2,36 mm (No. 8)
No. 7	12,5 a 4,75 mm (½" a No. 4)	-	-	-	-	100	90-100	40-70	0-15	0-5
No. 67	19,0 a 4,75 mm (¾" a No.4)	-	-	-	100	90-100	-	20-55	0-10	0-5
No. 57	25,0 a 4,75 mm (1" a No.4)	-	-	100	95-100	-	25-60	-	0-10	5-0
No. 467	38,1 a 4,75 mm (1 ¼ " a No.4)	-	100	95-100	-	35-70	-	10-30	0-5	-
No. 357	50,.0 a 4,75 mm (2" a No.4)	100	95-100	-	35-70	-	10-30	-	0-5	-
No. 4	38,1 a 19,0 mm (1 ½" a ¾")	-	100	90-100	20-55	0-15	-	0-5	-	-
No. 3	50,0 a 25,0 mm (2" a 1")	100	90-100	35-70	0-15	-	0-5	-	-	-
El material que pasa por el tamiz 0,075 mm (No.200) no debe exceder de 1,0 %, salvo el caso que consista de polvo de trituración, libre de arcilla, esquistos o pizarras, en cuyo caso, se podrá aceptar un límite máximo de 1,5 %.										

Fuente: Dirección General de Caminos. Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes. p. 551-4.

- Madera: deberá ser utilizada como formaleta para las losas de concreto, y así poder colocar el concreto fresco dentro de una superficie delimitada para que la losa de concreto endurezca dentro de ella alcanzando su

mayor resistencia. Las losas por colocarse. También debe ser considerado que la madera para la formaleta ha de tener una altura constante para mantener una uniformidad en el peralte de las losas.

- Barras de acero: en juntas, estos deberán ser colocados en el momento de la fundición entre los agujeros que deberá contener la formaleta para la unión de las losas de concreto, tomando en cuenta que estas deben estar completamente rectas para tener una mejor unión entre las losas. En toda la losa, deberán ser colocadas barras corrugadas de acero o electromallas que cumplan con los requisitos y características establecidos en el libro de *Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes.*

- Cemento: la resistencia del concreto, el endurecimiento y la retracción del mismo, son influidos por la calidad del cemento con el cual se realizó la mezcla. Para la elaboración de pavimentos, los cementos hidráulicos deberán poseer una resistencia mínima de 4 000 PSI. Estos cementos podrán ser tipo Portlánd.

- Agua: deberá ser agua potable, libre de colorantes, aceites, sales, materia orgánica u otras sustancias que alteren el concreto.

- “Aditivos: pueden ser mencionados los aceleradores o retardantes de fraguado, impermeabilizantes, plastificantes, reductores de agua, los incorporadores de aire. Los aditivos deben de ser bien dosificados y de una manera homogénea para que tengan efectos deseados y no alteren las mezclas de concreto.

- Relleno o sellado de juntas: este material es colocado en las juntas de las losas de concreto, tiene como función evitar el agrietamiento de las losas cuando estas tienen algún movimiento el cual provoca algún tipo de choque entre ellas.

Figura 3. **Materiales utilizados en la elaboración de un pavimento rígido**

Fuente: https://goo.gl/M8bsqN. Consulta: junio de 2016.

1.1.1.2. Funciones que desempeña cada trabajador en la elaboración de la pavimentación rígida

Encargado: verificar que se esté colocando correctamente la formaleta, el acero de refuerzo, el acero para las juntas, la colocación del concreto, debe estar a su cargo toda la planilla, cuyo pago debe presentar un informe diario de las actividades realizadas.

Albañil: realizar la armazón de acero para cada losa de concreto, también su colocación y colocar la formaleta para cada losa cuando sea necesario.

Ayudante: apoyar con el traslado de los materiales dentro de la obra, apoyar al albañil en sus actividades, limpiar el lugar de trabajo.

Banderistas: regular el transito colocándose en los alrededores del proyecto para evitar percances viales y resguardar la seguridad de los demás trabajadores y la maquinaria.

Supervisor: tener amplia experiencia en la colocación de concreto para corroborar que todo se esté realizando de la mejor manera. Revisar los informes que le trasladará el encargado para detectar errores en los procesos y/o avances en el mismo; verificar que todo cumpla con lo estipulado por el diseñador del proyecto.

1.1.1.3. Maquinaria por utilizarse

- Camión Mixer: cuenta con un mezclador de hormigón, lo que le permite transportar el material premezclado y en constante movimiento de manera segura en trayectos largos o complicados.

Figura 4. **Camión Mixer**

Fuente: https://goo.gl/Z3DofX. Consulta: junio de 2016.

- Cercha vibradora: equipo diseñado para el alisado y compactación de pavimento de hormigón. cuenta con un pequeño motor para el vibrado de la superficie, pero no posee un sistema de traslado motorizado, por lo que requiere personal capacitado que regule su velocidad, así se logra una losa perfectamente lisa y compacta. Para su elección se debe tener en cuenta el ancho de la superficie por pavimentar y espesor de la capa de hormigón.

Figura 5. **Cercha vibradora**

Fuente: https://goo.gl/tMVi90. Consulta: junio de 2016.

- Tanque regador: vehículo utilizado para humedecer y ayudar a la compactación del terreno. Cuenta con un estanque e agua y un sistema de goteo especializado que le permite realizar la hidratación de manera uniforme en el terreno.

Figura 6. **Camión tanque**

Fuente: https://goo.gl/5kZVKc. Consulta: junio de 2016.

- Equipo varios: tales como cortadoras de pavimento para realizar juntas de hormigón, bomba para transporta el concreto, vibrador de inmersión, mezclador de hormigón llana alisadora u cepillo texturizador para dar acabado al pavimento.

1.1.1.4. Ensayos

Los ensayos requeridos para la elaboración de una pavimentación con concreto o pavimentación rígida serán presentados a continuación, para lo que se ha tomado la decisión de apoyarse en las *Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes* de la Dirección General de Caminos y el trabajo de graduación titulado *Características físicas y propiedades mecánicas de los suelos y sus métodos de medición* y elaborado por el ingeniero Juan Carlos Hernández Canales, los cuales son los siguientes:

- Resistencia a la compresión, ASTM C39.
- Resistencia a la flexión, ASTM C78.
- Tensión por medio del ensayo de Tracción Indirecta Sobre Cilindros Normales de Concreto, ASTM C496.
- Clasificación de aditivos para el concreto como plastificantes, retardadores, acelerantes, ASTM C494.
- Consistencia, ASTM C143.
- Contenido de aire, ASTM C231.
- Granulometría de agregados para la mezcla, ASTM C33.
- Refuerzo en losas de acero soldado tipo electro malla, AASHTO M55.
- Refuerzo en losas con emparrillado con varillas de acero, AASHTO M54.
- Sellado de juntas con silicona, ASTM C920.
- Varillas de transferencia de carga, varillas en uniones, ASTM A615, AASHTO M31.
- Compactación, AASHTO T180-01, ASTM D1557-07.
- Relación Soporte California (CBR), AASHTO T193-99, ASTM D1883-07.
- Plasticidad.
- Límite líquido, AASHTO T089-02, ASTM D423-66 (1982).
- Límite plástico, AASHTO T090-00, ASTM D424-54 (1982).
- Análisis granulométrico, AASHTO T087-86, ASTM D421-98, AASHTO T088-00, ASTM D422-02.
- Clasificación de suelos, sistema de clasificación AASHTO y SUCS.
- Gravedad específica de los sólidos, AASHTO T100-06, ASTM D854-07.
- Peso específico de los sólidos.
- Equivalente de arena, AASHTO T176-02, ASTM D2419-95.
- Densidad del suelo *in situ*, AASHTO T191-02, ASTM D1556-00.

1.1.2. Pavimentos semirrígidos

Son elaborados por medio de adoquines con concreto de alta resistencia por encima de los cuales transitan los vehículos que generan cargas concentradas. Una de las ventajas que ofrecen estos pavimentos es que no sufren cambios por temperatura como los pavimentos rígidos, ya que están compuestos por bloques de un tamaño muy reducido en comparación a las losas de concreto. Otra de las ventajas de estos pavimentos es que pueden ser reutilizados luego de alguna remodelación o de algún tipo de trabajo que vaya a realizarse subterráneamente en el tramo en que estén colocados. Requieren de una buena supervisión por parte del ingeniero encargado del proyecto; no necesitan mano de obra calificada para su colocación si es que son utilizados los medios mecánicos que existen para su colocación.

Con este tipo de pavimento se puede visualizar que se tiene la ventaja de tener una inversión por mucho tiempo, ya que como fue mencionado con anterioridad, toda vez estén en buen estado los elementos (adoquines) pueden reutilizarse al momento de tenerlos que trasladar o solamente moverlos para realizar algún tipo de trabajo. El mantenimiento que se le realiza a este tipo de pavimentaciones es muy poco, debido a que con elementos pequeños y de muchas juntas, se producen menores cantidades de fallas.

Los elementos que se colocan en los pavimentos semirrígidos son diseñados para soportar compresión y carga a flexión, ya que al transitar vehículos de todos tamaños tienen diferentes efectos las cargas provocadas por el tamaño y el peso de cada uno de los transportes que circularan sobre estos.

Se recomienda efectuar el ensayo de resistencia a los adoquines. Este ensayo es más importante para corroborar la capacidad de aguantar la abrasión

producida por el tránsito, que para la rotura por las cargas del tráfico normal. Esta característica es importante aún para pavimentos usados como vías peatonales ya que el desgaste para este tipo de tráfico es tan alto como el del tráfico vehicular.

1.1.2.1. Materiales por utilizar en la elaboración de un pavimento semirrígido

Un material comúnmente usado en pavimentos semirrígidos es el adoquín, para la construcción de calles, parqueos, entre otros. Este trabajo consiste en la colocación de una capa de arena, colocación, compactación y confinamiento de adoquines de concreto y el sello del pavimento.

- Arenas: en la construcción de pavimentos en adoquines se emplean básicamente dos tipos de arenas según su uso:

    - Arena para el apoyo de los adoquines: para construir la capa sobre la cual se apoyan directamente los adoquines se emplea arena gruesa y limpia. Son aptas para este uso las arenas que se emplean para producir mezclas de concreto o para morteros de pega de mampostería. Se recomienda decididamente el empleo de arenas de río, evitando el uso de arenas de peña o trituradas. Los finos o lodos si se aprecian en abundancia se eliminan por el proceso de lavado por agua. Esta arena se debe zarandear por una malla de huecos de 1 cm de ancho, con el fin de evitar los sobre tamaños, material vegetal, hojas, madera y basuras en general. Este proceso se debe hacer con arena aparentemente seca.

- Arena para sellar los espacios entre adoquines: la arena que se emplea en el sellado de los espacios entre los adoquines debe tener las mismas características de la arena que se emplea en los revoques. Debe pasar por una zaranda de hueco de 2,5 mm de ancho con el fin de eliminar sobre tamaños, material vegetal y basuras, además de que deje la arena en estado suelto.

Figura 7. **Colocación de adoquín**

Fuente: https://goo.gl/oRJeCu. Consulta: junio de 2016.

1.1.2.2. Funciones que desempeña cada trabajador en la elaboración de la pavimentación semirrígida

Albañil: en caso de no contar con la máquina colocadora de adoquines, este cumple la función de colocar el adoquín manualmente, trazar los tramos, colocar estacas, colocar los hilos guías para el colocado de las unidades.

Ayudante: estará en apoyo de las actividades realizadas por el albañil, debe de trasladar materiales dentro de la obra, los cuales vayan a ser utilizados para la colocación de las unidades, también deberá mantener limpio el lugar de trabajo.

Encargado: tiene como función verificar que se estén colocando bien y en tiempo los adoquines, deberá realizar un informe diario con todos los sucesos ocurridos, deberá indicar a los albañiles las especificaciones que le proporcione el supervisor o el ingeniero diseñador del proyecto, mantendrá a su cargo el pago de la planilla.

Supervisor: deberá supervisar que se esté ejecutando el trabajo en los tiempos estipulados, verificará los informes del supervisor y le dará soluciones prontas a los problemas que se hayan presentado.

1.1.2.3. Maquinaria por utilizarse

Generalmente las máquinas para instalar adoquines están diseñadas para utilizar adoquines de cemento. Esto se debe a que los adoquines de cemento reúnen las condiciones para ser utilizadas por las máquinas pavimentadoras, tales como alturas parejas y medidas iguales, lo que posibilita la mecanización con resultados aceptables.

Figura 8. **Máquina colocadora de adoquín**

Fuente: https://goo.gl/TPAb1P. Consulta: junio de 2016.

1.1.2.4. Ensayos

Los ensayos requeridos para la elaboración de una pavimentación con concreto o pavimentación rígida que serán presentados a continuación, se sustentan en los documentos: *Especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes* de la Dirección General de Caminos y el trabajo de graduación titulado *Características físicas y propiedades mecánicas de los suelos y sus métodos de medición* y elaborado por el ingeniero Juan Carlos Hernández Canales, los cuales son los siguientes:

- Ensayo a flexión y compresión para adoquines de concreto, COGUANOR NGO 41086.
- Relación Soporte California (CBR), AASHTO T193-99, ASTM D1883-07.
- Plasticidad.
- Límite líquido, AASHTO T089-02, ASTM D423-66 (1982).
- Límite plástico, AASHTO T090-00, ASTM D424-54 (1982).

- Análisis granulométrico, AASHTO T087-86, ASTM D421-98, AASHTO T088-00, ASTM D422-02.
- Clasificación de suelos, sistema de clasificación AASHTO y SUCS.
- Gravedad especifica de los sólidos, AASHTO T100-06, ASTM D854-07.
- Peso específico de los sólidos.
- Equivalente de arena, AASHTO T176-02, ASTM D2419-95.
- Densidad del suelo *in situ*, AASHTO T191-02, ASTM D1556-00.

1.1.3. Pavimentos flexibles

"Son aquellos cuya estructura total se reflecta o flexiona dependiendo de las cargas que transitan sobre él. El uso de pavimentos flexibles se realiza fundamentalmente en zonas de abundante tráfico como puedan ser vías, aceras o parqueos.

Las capas de un pavimento flexible que conforman un suelo se colocan en orden descendente en capacidad de carga."[2]

El pavimento flexible debe proporcionar uniformidad en su carpeta de rodadura y resistencia al momento de ser sometida a cargas muy altas cuando se transitan. Estos pavimentos deben ser capaces de transmitir las cargas al suelo de la mejor manera sin sufrir agrietamientos o algún tipo de fallas. Entre las características de este tipo de pavimento está la durabilidad y el costo ya que es relativamente bajo en su colocación, aunque es menos durable que el pavimento rígido. El pavimento flexible deberá tener una vida útil y ser diseñado para un período de 20 años.

Las capas de un pavimento flexible suelen ser:

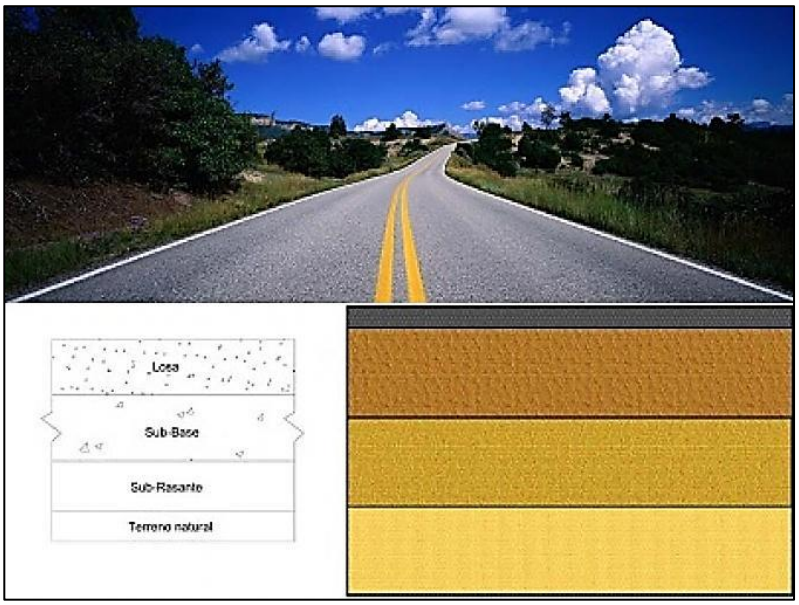
[2] Universidad de Santiago de Chile, Facultad de Ingeniería, Departamento de Obras Civiles. *Maquinaria pesada y funcionalidades en la construcción de pavimentos asfálticos*. p. 5.

- Capa superficial o capa superior (losa): es la que se encuentra en contacto con el tránsito rodado y que, normalmente, ha sido elaborada con varias capas asfálticas.

- Capa sub-base: está debajo de la capa superficial y normalmente, está construida a base de agregados, puede estar estabilizada o sin estabilizar.

- Capa sub-rasante: es la capa o capas que se encuentra inmediatamente debajo de la capa sub-base. En muchas ocasiones se prescinde de esa capa sub-rasante.

Figura 9. **Capas de pavimento flexible**



Fuente https://goo.gl/RF05Pa. Consulta: junio de 2016.

1.1.3.1. Materiales por utilizar en la construcción de un pavimento flexible

- Cemento asfáltico: se obtiene del último residuo de la destilación del petróleo. Es un material sólido y de color café oscuro cuando está en sus condiciones de temperatura normal. Posteriormente, al ser colocado debe estar a una temperatura alta.
- Agregado grueso: es utilizado para la elaboración de la carpeta asfáltica, el cual forma parte muy importante de la mezcla ya que se hace de material pétreo, el cual debe ser retenido en el tamiz de 4,75 mm.
- Agregado fino: compuesto por rocas trituradas y/o arenas, las cuales no deben contener materia orgánica, basura, materia vegetal, ni grumos de arcilla; este material debe pasar por el tamiz de 4,75 mm.
- Polvo mineral: no siempre es utilizado en las pavimentaciones flexibles, pero al momento de ser utilizado es importante que se tome en cuenta a las partículas que lo componen: cemento hidráulico, cal hidratada y rocas trituradas.

Tabla III. **Requisitos de graduación para polvo mineral**

Estándar mm	Tamiz No.	Porcentaje total que pasa un tamiz de abertura cuadrada (AASHTO T 37)
0,600	30	100 %
0,300	50	95-100 %
0,075	200	70-100 %

Fuente: Dirección General de Caminos.
Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes. p. 401-3.

- Aditivos de antidesvestimiento: se colocan en la mezcla de los agregados y el cemento asfáltico para evitar el desgaste provocado por la humedad a la cual puedan estar expuestos y así evitar que estos se separen y que la carpeta asfáltica presente fallas.
- Productos líquidos: se colocan en el pavimento para prevenir la separación del asfalto y de los agregados, deben cumplir con la condición de soportar altas temperaturas y tener propiedades físicas y químicas que ayuden a que no se separe lo antes mencionado.

1.1.3.2. Funciones que desempaña cada trabajador en la construcción de un pavimento flexible

Rastrilleros: pasan el rastrillo en toda la superficie en donde fue colocado el asfalto para que no queden grumos ni que se quede con desperfectos; tratan de perfeccionar el trabajo que fue realizado con la maquinaria, son encargados de quitar el exceso o de rellenar en las áreas en donde hay desfases de peraltes con el diseñado estipulado.

Encargado de tornillo: verifica el espesor de la carpeta asfáltica para que se mantenga en una misma medida en todo el tramo o proyecto.

Operadores de maquinaria: personal especializado en el manejo de cada una de las maquinas utilizadas para obtener buenos resultados en los rendimientos de cada máquina, así como buenos resultados en la calidad del trabajo que cada una de estas desempeña en la elaboración del pavimento flexible o asfáltico.

Colocadores: colocan el asfalto, lo palean a manera que este sea bien colocado y mantenga un espesor uniforme.

Ayudantes: marcan el trayecto de la carretera, barren la superficie antes de colocar la capa de imprimación, se encargan de menear el material de un lugar a otro dependiendo de la necesidad por medio de carretas.

Encargado de colocación: persona capacitada y conocedora de la colocación de asfaltos, debe mantener a todo el personal ocupado en sus áreas de trabajo y verificar que todos los trabajos se estén ejecutando de la mejor manera. Tiene a su cargo las planillas y el rendimiento del asfalto; debe realizar reportes diariamente.

Banderistas: regulan el tránsito por medio de banderines de precaución en los alrededores de la ejecución de la obra.

Supervisor: ejecuta la obra, es responsable de supervisar todos los trabajos en proceso y los ejecutados, vela porque se cumpla con lo estipulado por el ingeniero diseñador.

1.1.3.3. Maquinaria por utilizarse para la construcción de pavimento flexible

- Excavadora hidráulica: esta máquina es comúnmente utilizada para excavaciones de tierra, movimiento o excavación de rocas, colocación de grava para pavimentaciones.

Figura 10. **Excavadora hidráulica**

Fuente: https://goo.gl/lC7s74. Consulta: diciembre de 2016.

- Vibrocompactadora de asfalto: son empleadas para la compactación del asfalto.

Figura 11. **Vibrocompactadora de asfalto**

Fuente: https://goo.gl/olAIs2. Consulta: diciembre de 2016.

- Cargador de ruedas o cargador frontal: esta máquina es utilizada para transportar materiales en distancias cortas y/o realizar excavaciones.

Figura 12. **Cargador de ruedas**

Fuente: https://goo.gl/Ta5upF. Consulta: diciembre de 2016.

- Minicargadores: máquina que contiene una cuchara de muy poca capacidad, cuenta con una cabina cubierta la cual puede ser desmontable. Los minicargadores suelen ser funcionales en espacios pequeños en donde no se cuenta con espacio suficiente para movilizar una maquina grande que pueda trasladar material como tierra y agregados, entre otros.

Figura 13. **Minicargador**

Fuente: https://goo.gl/trD6YK. Consulta: diciembre de 2016.

- Motoniveladoras: son usadas para esparcir y nivelar las distintas capas de la estructura del pavimento gracias a una cuchilla de acero que se encuentra en el centro de la máquina. Esta le confiere gran maniobrabilidad a la maquinaria debido a la cantidad de movimientos que realiza (traslación de un mismo plano, ascenso, descenso, rotación respecto de un eje vertical y horizontal). Muchas de estas maquinarias poseen en su parte posterior un escarificador (tipo de rastrillo de acero con grandes dientes encorvados).

Figura 14. **Motoniveladora**

Fuente: https://goo.gl/OTq35K. Consulta: junio de 2016

.

- Distribuidor de asfalto o pavimento: consiste en un camión con un tanque aislado con sistema de calefacción y un irrigador de asfalto para aplicaciones en frío o en caliente. La capacidad del tanque varía entre 3 000 y 20 000 litros. Consiste en un sistema de barras de riego ubicadas en el extremo final del tanque.

Figura 15. **Distribuidor de asfalto o pavimento**

Fuente: https://goo.gl/gnXH2r. Consulta: junio de 2016.

- Terminadora de asfalto o pavimentadora: es la encargada de distribuir y dar forma al asfalto o pavimento. Consta de una unidad tractora y una unidad extendedora.

  La unidad tractora produce una fuerza motriz y posee una tolva para recibir el material y transportarlo hacia la unidad extendedora. Se compone de brazos extendedores, una placa muestra, un dispositivo compactador, sensores de pendiente y un dispositivo de regulación de espesor.

Figura 16. **Terminadora de asfalto o pavimentadora**

Fuente: https://goo.gl/OQC6p1. Consulta: junio de 2016.

- Barredoras: estas máquinas autopropulsadas poseen brazos hidráulicos con rodillos de fibra natural, de acero o sintéticas con una dureza tal que no dañe la superficie del pavimento.

  Se utiliza antes de la colocación de riegos o capas asfálticas con el fin de eliminar las partículas sueltas, polvo o cualquier material que pueda afectar la adherencia entre capas.

Figura 17. **Barredoras**

Fuente: https://goo.gl/phLjdn. Consulta: junio de 2016.

- Tanque regador: vehículo utilizado para humedecer y ayudar a la compactación del terreno. Cuenta con un estanque de agua y un sistema de goteo especializado que le permite realizar la hidratación de manera uniforme en el terreno.

Figura 18. **Camión tanque**

Fuente: https://goo.gl/tIbyrA. Consulta: junio de 2016.

- Camión de volteo: vehículo utilizado para trasladar y descargar materiales de un punto a otro, en el caso de la pavimentación flexible es utilizado para regar el concreto asfáltico sobre la base ya con la capa de imprimación previa en donde, paralelo a ello, los rastrilleros riegan el material de tal manera que este tenga el espesor requerido por el diseño y no queden espacios sin relleno. Posteriormente pasa la máquina pavimentadora. Cuenta con un brazo hidráulico el cual sirve para levantar

la palangana o el canasto trasero en donde se almacena el material transportado y así poderlo esparcir de la manera o modo deseado.

Figura 19. **Camión de volteo**

Fuente: https://goo.gl/8AGdht. Consulta: febrero de 2017.

1.1.3.4. Ensayos

Los ensayos requeridos para la elaboración de una pavimentación con concreto o pavimentación rígida que serán presentados a continuación, para lo que se ha tomado la decisión de apoyarse en las *Especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes* de la Dirección General de Caminos y el trabajo de graduación titulado *Características físicas y propiedades mecánicas de los suelos y sus métodos de medición* y elaborado por el Ingeniero Juan Carlos Hernández Canales, los cuales son los siguientes:

- Preparación de muestra en húmedo, AASHTO T 146.
- Abrasión, agregado grueso, AASHTO T 96.
- Equivalente de arena, AASHTO T 176.
- Muestra de asfalto, AASHTO T 40.
- Desvestimiento, AASHTO T 182.
- Densidad máxima de la mezcla, AASHTO T 209.
- Recubrimiento de partículas con bitumen, AASHTO T 195.
- Graduación, agregados, AASHTO T 11, AASHTO T 27 y AASHTO T 37.
- Viscosidad del cemento asfáltico, AASHTO T 201.
- Penetración del AC, AASHTO T 49.
- Punto de inflamación del cemento asfáltico, AASHTO T 48.
- Marshall, AASHTO T 245, ASTM D1559.
- Contenido de asfalto de la mezcla, extracción, T 164.
- Gravedad especifica bulk, AASHTO T 166.
- Muestra de mezcla asfáltica, AASHTO T168.
- Peso unitario, AASHTO T 19.
- Compactación, AASHTO T191, ASTM D1557-07.
- Relación Soporte California (CBR), AASHTO T193-99, ASTM D1883-07.
- Plasticidad.
- Límite líquido, AASHTO T089-02, ASTM D423-66 (1982).
- Límite plástico, AASHTO T090-00, ASTM D424-54 (1982).
- Análisis granulométrico, AASHTO T087-86, ASTM D421-98, AASHTO T088-00, ASTM D422-02.
- Clasificación de suelos, sistema de clasificación AASHTO y SUCS.
- Gravedad especifica de los sólidos, AASHTO T 84, ASTM T 85.
- Peso específico de los sólidos.
- Equivalente de arena, AASHTO T176-02, ASTM D2419-95.
- Densidad del suelo in situ, AASHTO T191-02, ASTM D1556-00.

1.2. Aglomerantes

Para la elaboración o construcción de los diferentes pavimentos se debe tomar en cuenta que son elaborados con aglomerantes los cuales tienen la capacidad de unir las partículas granulométricas y de agregados finos entre sí para crear algún tipo de superficie uniforme en la que puedan transitar los vehículos y transportarse sobre ellas sin que se dañen con frecuencia, manteniendo las partículas y los componentes de las mezclas juntos.

Cemento: material utilizado en la construcción, es una sustancia en polvo que al ser mezclada con agua, se convierte en una sustancia pastosa la cual es moldeable, y en contacto con el aire se endurece. El cemento es una mezcla de caliza y arcilla calcinadas y molidas a las cuales se les mezcla yeso para obtener la propiedad de fraguar al momento de aplicarle agua y luego endurecer.

El cemento pórtland es hidráulico, lo que quiere decir que al ser combinado o mezclado con fibras de acero, agua y áridos tiene la cualidad de ser una masa pétrea comúnmente llamada concreto.

Bitumen: producto semisólido obtenido de una mezcla de líquidos orgánicos, es la última fase de la destilación del petróleo, tiene un color negro, es viscoso y pegajoso. El bitumen es utilizado para la elaboración de pavimentos flexibles o sea carpetas asfálticas. Este material es totalmente soluble en disulfuro de carbono.

El bitumen es una composición de varios metales como el níquel, plomo, mercurio, cromo, selenio y algunos otros elementos que son altamente tóxicos. El bitumen es mezclado con grava y arena para pavimentaciones de carreteras

y en algunos casos para impermeabilizaciones de losas y muros de mampostería.

1.3. Herramientas

El instalador profesional de suelos necesita disponer de buenas herramientas y que éstas estén en buen estado. Muchas son sencillas y relativamente baratas. Otras son más caras y, en ocasiones, se pueden alquilar. Con los aparatos eléctricos puede ser necesario un transformador para adaptar el equipo al voltaje que haya en el lugar de trabajo. A continuación se enumeran las herramientas utilizadas en las diferentes etapas de la construcción de pavimentos.

- Palas
- Carretas
- Escobas
- Rastrillos
- Piochas
- Botes
- Tornillos
- Lazos
- Metro
- Niveles
- Plomos
- Teodolito
- Estadales
- Toneles
- Alicates
- Bateas

- Martillo de uña hendida
- Serruchos
- Destornillador
- Almohadillas protectoras para las rodillas
- Mascarillas
- Brocas
- Llana de enrasar
- Regla plegable y lápiz plano
- Marcador con punta
- Tiralíneas y tiza en polvo
- Jeringa y agujas (para “sangrar” las ampollas de adhesivo)
- Rodillo de mano
- Pistola aplicadora para sellar el perímetro
- Regla con filo
- Pistola de aire caliente
- Soldador manual
- Boquilla de “soldado rápido” y cepillo limpiador
- Ranurador
- Biseladora/fresadora
- Martillo de presión
- Rodillo de presión manual

2. COSTOS

2.1. Definición

El costo puede definirse como el desembolso monetario para fabricar un producto o prestar un servicio en donde se debe tomar en cuenta el precio de la materia prima y todos los recursos por utilizarse para desarrollar el producto o brindar un servicio. Es importante conocer el costo para definir el precio del producto fabricado o del servicio por brindar. Para definir un costo deben ser tomados en cuenta los siguientes aspectos: costo de mano directa, mano de obra indirecta, costos de amortización de la maquinaria, equipo e inmuebles utilizados.

El costo es importante para establecer un precio que no esté basado en los de la competencia, si es que lo hay, ya que si se establece un precio en base a los que tiene la competencia no se obtendrán buenos resultados económicos y, probablemente, eso lleve a colapsar una empresa debido a que no cubre los costos y, como consecuencia, no genera una ganancia deseable.

El criterio del ingeniero no puede desarrollarse, sin una consideración de los factores económicos involucrados, pero estos resultan siempre de una amplitud y balance que trasciende la consideración única o preponderante del costo inicial de la misma construcción. Así, un análisis tan incompleto de los factores económicos puede y suele producir serios inconvenientes en los resultados finales de los esfuerzos de la construcción. Es oportuno mencionar que existen dos tipos de costos, los fijos y los variables.

Los costos fijos son aquellos en los que no influye el ritmo ni el volumen de producción ni ningún otro factor, ya que estos siempre estarán ahí constantes, pueden ser: personal administrativo, alquiler o mantenimiento de oficinas, pago de seguros, entre otros. Si se pretende graficar los costos fijos, deberá hacerse por medio de una gráfica horizontal constante, estos dependerán netamente del tiempo de ejecución de la obra o del proyecto, ya que mientras sea ejecutado este proyecto serán necesarios y constantes durante se esté desarrollando.

Los costos variables son los que cambian dependiendo de la producción que se tenga o del volumen de trabajo que se esté ejecutando ya que dependen de los antes mencionados. No pueden ser estipulados como algo que se va a dar de una manera constante con el mismo monto económico. ya que estarán siempre en función del volumen de producción y trabajo que se esté realizando. Para ejemplificación de los costos variables se puede mencionar el combustible de los vehículos de la empresa, materia prima, el consumo de energía eléctrica, el consumo de agua potable, pago de planilla, viáticos, los imprevistos, alquiler de maquinaria, entre otros.

El costo total será la integración de los costos fijos más los costos variables. Se debe tomar en cuenta el punto de equilibrio ya que este indica que los costos son iguales a los ingresos obtenidos y para una buen negocio se deben obtener ganancias. Entonces, se tendrá como referencia el punto de equilibrio para obtener las ganancias deseadas y evitar pérdidas.

2.1.1. Etapa de preinversión

Es la fase del ciclo de vida de un proyecto en la que se realizan estudios y análisis necesarios para preparar un proyecto y, así mismo, darle una solución al problema que es generado en determinado lugar y que debe satisfacerse con la elaboración del mismo. Es una serie de estudios para lo que se necesita tener muy claros los objetivos del desarrollo del proyecto, ya que dependiendo de estos resultados se realiza una inversión para ejecutar la obra o proyecto.

Dentro de estos aspectos puede contemplarse el origen de la idea en el cual será tomado en cuenta el problema y sus posibles soluciones, así como el perfil del proyecto bien elaborado y estructurado ya que en esta parte se deben buscar posibles soluciones al problema, además realizarse el proyecto como mitigación del mismo en donde se obtiene información de fuentes confiables. La preactibilidad es la etapa en la que se selecciona una o más opciones las cuales involucran efectividad y economía como conjunto para poder pasar a las siguientes etapas como un filtro. La factibilidad es la etapa en donde se madura la mejor solución al problema tomando en cuenta toda la información recopilada y obtenida en las etapas anteriores. En esta etapa se toma una decisión para el diseño y se espera la aprobación de las autoridades competentes para tomar las decisiones adecuadas.

La etapa de la preinversión es la fase del ciclo de vida en la que los proyectos son estudiados y analizados con el objetivo de obtener la información necesaria para la toma de decisiones de inversión. Este proceso de estudio y análisis se realiza a través de la preparación y evaluación de proyectos para determinar la rentabilidad socioeconómica y privada, con base en la cual se debe programar la inversión.

2.1.2. Aspectos legales

Deberán ser tomados en cuenta todos aquellos aspectos que, de una u otra forma, tienen alguna injerencia legal en la que puedan estar involucrados procesos penales o civiles, según sea el caso, para esto debe cumplirse con algunos parámetros y normas establecidas por la ley, algunos serán tomados en cuenta solamente en construcciones de obras públicas, otros para construcciones de obras con entidades particulares o privadas y otros para los dos tipos de entidades o instituciones.

Pagos de licencias y/o impuestos: las licencias y los impuestos deben ser tramitados y cancelados en tiempo para ejecutar la obra sin ningún inconveniente con las entidades competentes, municipalidades, ministerios entre otros.

Fianzas: es un documento que busca garantizar el cumplimiento de una obligación estipulada en un contrato, estos documentos serán emitidos por entidades afianzadoras, aseguradoras y/o entidades bancarias. Son solicitadas las fianzas para que en caso de incumplimiento por parte del contratista o de la parte que pidió la fianza, la entidad afianzadora se responsabilice de realizar los pagos correspondientes, los cuales deben ser reembolsados por el afianzado o asegurado hacia la entidad que extendió la fianza.

Se debe tener en cuenta que existen varios tipos de fianzas, como las administrativas y las de fidelidad. Las fianzas administrativas pueden dividirse en: sostenimiento de obra, cumplimiento de contrato, anticipo, conservación de obra o calidad y/o funcionamiento, interés fiscal, saldos deudores, reforestación ante INAB, impacto ambiental, importación temporal de mercaderías, judiciales, civiles, penales y laborales.

Contrato: es un documento con validez legal utilizado como un medio para enlazar un compromiso legal entre dos individuos o entidades, en este documento son estipuladas todas las condiciones de una negociación.

Finiquito de la obra: es el documento que avala que la obra realizada fue culminada y fue construida tal y como se estipuló en las cláusulas de un contrato.

2.1.3. Prestaciones

A continuación se describen las relaciones porcentuales en base a lo que se estipula en la Ley en el Código de Trabajo, lo cual le corresponde a todo trabajador en Guatemala:

- Días no trabajados: 106 días / 366 días del año = 28,96 % Los días no trabajados en un año según la ley son desglosados de la siguiente manera: asuetos: 10,5 días, feriados: 1 día, domingos: 53 días, sábados: 26,5 días y vacaciones: 15 días. Suman un total de 106 días no trabajados que, obviamente, son pagados a los trabajadores al cumplir un año de laborar.

Tabla IV. **Desglose de prestaciones para el año 2017**

PRESTACIONES		
Descripción	**Relación días no trabajados y días del año**	**Porcentaje de prestaciones**
Días no trabajados	106 días/ 365 días del año	29,04 %
Indemnización	30 días/ 366 días del año	8,22 %
Aguinaldo	30 días/ 366 días del año	8,22 %
Bono 14	30 días/ 366 días del año	8,22 %
IGSS		10,67 %
INTECAP		1 %
IRTRA		1 %
Total anual		**66,37 %**
Total mensual		**5,53 %**
Total diario		**0,18 %**

Fuente: elaboración propia.

Se debe tomar en cuenta que todos los trabajadores, independientemente del trato que se realice con ellos, tienen derecho a las prestaciones del promedio del salario que este percibió durante el año.

2.2. Costos directos

Son los costos conformados por la mano de obra directa, o sea, el personal que ejecuta directamente la obra, los materiales que están siendo utilizados, la maquinaria, equipo y herramientas empleadas. Los costos directos afectan el precio del producto y pueden definirse también como todos los costos que están ligados a elaboración de un producto o a la prestación de algún servicio.

Dichos costos frecuentemente se encuentran en las actividades directas del proyecto para generar los ingresos o en alguna actividad directa de la organización. Son específicamente identificables con el objetivo final del trabajo, que promueve directamente los objetivos y fines del proyecto. Los costos directos pueden ser clasificados por departamento, por proyecto y por actividad.

2.3. Costos indirectos

Para los costos indirectos se debe tomar en cuenta varios costos, los cuales no se muestran con detalle en la propuesta. Son un factor que se suma al costo total real de la obra en sí. Para estos costos serán tomados en cuenta los montos administrativos en los cuales deben integrarse los gastos de papelería, personal administrativo, mensajería, subcontratos, viáticos, señalización de obra, investigación, capacitación de personal, entre otros.

Para realizar una integración de costos deben tomarse en cuenta los siguientes factores:

- Factor de oficina o costos administrativos (8 %). Aquí son tomados en cuenta todos los gastos técnico-administrativos, las construcciones provisionales que deban realizarse durante se ejecute la obra, los consumos de servicios e insumos necesarios en el área administrativa del proyecto.

- Factor de imprevistos (5 %). No se pueden medir o cuantificar de una manera especificada, por lo que se deberá tomar en cuenta entre un rango del 5 % al 10 % de los costos directos.

- Utilidades (17 %). Porcentaje de las utilidades oscila en un rango del 8 % al 15 %, dependiendo de la magnitud de la obra.

- ISR (7 %). El impuesto sobre la renta debe pagarse al momento de facturar debido a la utilidad o beneficio que este vaya a dejar al individuo o a la empresa ejecutora del proyecto.

- Fianzas (2 %). Porcentaje tomado en cuenta para adquirir documentos de garantía para el dueño del proyecto y para el ejecutor del mismo.

- Financiamiento (1 %). Porcentaje estimado para la generación de intereses de algún financiamiento obtenido para realizar el proyecto u obra.

Lo cual tiene un total del 40 % de los costos directos.

Se debe dejar muy claro que los porcentajes establecidos o asignados anteriormente podrán variar dependiendo del criterio que sea empleado por la persona o la empresa que esté elaborando algún costo o presupuesto para alguna licitación o algún proyecto por desarrollar con algún particular o alguna entidad pública o privada. El factor de costos indirectos podrá variar u oscilar entre el 40 % y el 50 % del total de los costos directos.

2.4. Precio

El precio es la integración de los costos directos e indirectos para presentar una propuesta o una oferta para el adquiriente de un bien o un servicio, el cual ya debe tener una ganancia para el fabricante o prestador del

servicio, este debe hacerse conforme a todas las exigencias del posible cliente para satisfacer su necesidad y que este la pueda adquirir.

También se podría denominar como el valor monetario o económico que se le asigna al bien o servicio por prestarse, generalmente, es el intercambio de algo por una cantidad de dinero.

El precio es el valor que será asignado a un bien o un servicio para satisfacer las necesidades o los placeres de una o más personas. Se puede describir como el valor al cual este bien o servicio se estará presentando al consumidor.

3. ANÁLISIS DE LA PROPUESTA

3.1. Propuesta y resolución de ejemplo

Ejemplo: calcular el costo de la construcción de un estacionamiento rectangular con dimensiones de 20,00 x 30,00 metros. Se debe tomar en cuenta la pavimentación rígida, la semirrígida y la flexible haciendo un cálculo para cada una de ellas para que después se tome una decisión en base a los resultados económicos y beneficios de cada uno de ellos.

Para el diseño del pavimento debe tomarse en cuenta que se tiene una superficie con suelo de granos finos en donde predominan limos y arcillas, además, que serán muy pocos camiones los que se estacionaran en dicho estacionamiento y con una frecuencia mínima. Asimismo, para efectos del ejemplo, está a 21 kilómetros de la ciudad de donde parten todos los camiones distribuidores de materiales.

Solución**:** como primer punto será realizada la integración de costos de la base para los tres tipos de pavimentaciones estandarizada en 10 centímetros, según lo indicado el método AASHTO (tabla XII) el cuál será el espesor mínimo de la base. Se tiene un estacionamiento situado en un terreno de fundación muy bueno en el que solamente transitarán vehículos livianos, o sea: picops, automóviles, paneles y camiones pequeños de ejes sencillos (vehículos de 2 a 5 toneladas). Deberá colocada una base con material selecto de muy buena calidad para alcanzar los resultados deseados en cuanto a su capacidad de carga requerida.

Para iniciar con la integración de los costos se deben establecer renglones por medio de un resumen de renglones de trabajo enlistados de la siguiente manera:

Tabla V. **Listado de renglones para pavimentaciones**

Renglón No.	Nombre del renglón
PAVIMENTO RÍGIDO	
1,1	colocación de formaleta
1,2	colocación de concreto de 4000 PSI t = 0,14
1,3	desmontaje de formaleta
1,4	alisado de losas
1,5	juntas de dilatación
PAVIMENTO SEMIRRÍGIDO	
2,1	colocación de arena
2,2	colocación de adoquín
PAVIMENTO FLEXIBLE	
3,1	riego de imprimación
3,2	concreto asfáltico en caliente

Fuente: elaboración propia.

La integración de la base será, entonces, la siguiente la cual se agregará a los costos que cada una de las pavimentaciones generen:

Tabla VI. **Precio unitario de colocación de base para pavimentaciones según método AASHTO**

COLOCACIÓN DE BASE				
HOJA DE INTEGRACIÓN DE PRECIO UNITARIO				
RENGLÓN No.: 0,1			**UNIDAD:**	m3
COLOCACIÓN DE BASE				
MATERIALES				
Descripción	**Unidad**	**Cantidad**	**P.U.**	**Total**
Material de base triturado en planta	m3	90	Q 89,29	Q 8 036,10
diésel	galón	10	Q 18,81	Q 188,10
TOTAL MATERIALES				**Q 8 224,20**
MANO DE OBRA				
Descripción	**Unidad**	**Cantidad**	**P.U.**	**Total**
operador motoniveladora	hora	9	Q 30,92	Q 278,28
operador vibrocompactador tándem	hora	15	Q 15,53	Q 232,95
SUBTOTAL MANO DE OBRA				**Q 511,23**
ayudante	%	45		Q 230,05
prestaciones	%	0,36		Q 2,67
TOTAL MANO DE OBRA				**Q 743,95**
MAQUINARIA Y EQUIPO				
Descripción	**Unidad**	**Cantidad**	**P.U.**	**Total**
motoniveladora articulada	hora	9	Q 190,82	Q 1 717,38
vibrocompactador tándem	hora	7	Q 161,74	Q 1 132,18
camión cisterna 2 000 gls	hora	6	Q 56,80	Q 340,80
compactador neumático	hora	8	Q 135,91	Q 1 087,28
herramientas	%	3		Q 22,32
TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPO				**Q 4 299,96**
Total costo directo				Q 13 268,11
Total costo indirecto			40 %	Q 5 307,24
Subtotal (directo + indirecto)				Q 18 575,35
IVA			12 %	Q 2 229,04
TOTAL				**Q 20 804,40**

Fuente: elaboración propia.

- Costo total de colocación de la base: **Q 20 804,40**
- Costo unitario: **Q 34,67** $/m^2$

- Pavimento rígido

Para el diseño de la carpeta de rodadura rígida, se debe obtener la categoría según lo estipulado en la tabla VII. Para efectos de este ejemplo se hará de cuenta que existe un tránsito liviano transitando sobre el estacionamiento y debido a esto se ubicará dentro de la categoría 1, según lo indicado en la tabla VII, indicando que existirá un TPD bajo, por lo que se considerarán 200 vehículos diarios en un tiempo estimado de 20 años, y será considerado el 1 % como porcentaje de TPDC en ambas direcciones, o sea entrada y salida, se tomará como identificación la categoría 1 de la tabla antes mencionada.

Así que se realizará la siguiente operación: $1\,\% * 200 = 4$, en donde fue considerado un 1 % como TPDC debido a que serán muy pocas las ocasiones en el día en las que se prevé que exista el ingreso o egreso de camiones.

Luego en la tabla VIII serán buscados los valores aproximados de K, dependiendo del tipo de suelo, el cual para esta ilustración, según lo indicado en el enunciado, es un suelo de soporte alto, ya que es areno gravoso libre de finos. Esta K no afecta de una manera considerable el espesor del pavimento pero debe ser tomada en cuenta dependiendo de los tipos de suelos obtenidos por medio de los ensayos de laboratorio hechos previamente. Se tendrá un apoyo bajo y una K en un rango de 180 a 220 PSI, y se tomará 220 PSI como valor de K.

Posteriormente, se procede a calcular el módulo de ruptura el cual está descrito por $15\,\%\, f'c$, y será el porcentaje de la resistencia a la compresión del concreto, para este caso se empleará un concreto de 4 000 PSI, entonces se obtendrá el módulo de ruptura $15\,\%(4\,000) = 600\ PSI$.

Luego, con el módulo de ruptura obtenido de 600 PSI y el carácter de la subrasante o la composición de la misma, el cual es de carácter “alto”.

Como ya se tienen todos los datos requeridos en la tabla IX, se establece el espesor de la carpeta de rodadura. Para esta tabla se indica que deberá ser de un espesor dentro del rango de 5,5” y 6” y se establece que será de un espesor de 14 centímetros.

Tabla VII. **Categorías de carga por eje**

Categoría	Descripción	Tráfico			Máxima carga por eje. KIPS	
		TPD	TPDC			
			%	Por día	Sencillo	Tándem
1	Calles residenciales, carreteras rurales y secundarias (bajo a medio)	200 a 800	1 a 3	arriba de 25	22	36
2	Calles colectoras, carreteras rurales y secundarias (altas), carreteras primarias y calles arteriales (bajo).	700 a 5 000	5 a 16	de 40 arriba 1 000	26	44
3	Calles arteriales y carreteras primarias (medio) supercarreteras o interestatales urbanas y rurales (bajo a medio)	3 000 a 12 000 para 2 carriles, 3 000 a 5 000 para 4 carriles o mas	8 a 30	de 500 a 5 000	30	52
4	Calles arteriales , carreteras primarias, supercarreteras (altas), interestatales urbanas y rurales (medio a alto).	3 000 a 20 000 para 2 carriles, 3 000 a 15 000 para 4 carriles o mas	8 a 30	de 1500 a 8 000	34	60

Fuente: HERNÁNDEZ MONZÓN, Jorge Mynor. *Consideraciones generales para el diseño de los diferentes tipos de pavimentos*. p. 67.

Tabla VIII. **Tipos de suelos de subrasante y valores aproximados de K**

TIPO DE SUELO	APOYO	RANGO DE VALORES DE K PSI
Suelos de grano fino en los cuales predominan las partículas de limo y arcilla	BAJO	75 - 120
Arenas y mezclas de arena y grava con cantidades moderadas de limo y arcilla	MEDIO	130 - 170
Arenas y mezclas de arena y grava relativamente libres de finos y plásticos	ALTO	180 - 220
Sub bases tratadas con cemento	MUY ALTO	250 - 400

Fuente: HERNÁNDEZ MONZÓN, Jorge Mynor. *Consideraciones generales para el diseño de los diferentes tipos de pavimentos*. p. 67.

Tabla IX. **Valores de K para diseño sobre bases granulares (PCA)**

SUBRASANTE VALORES DE K PSI	VALOR DE K SOBRE LA BASE PSI			
	4 Plg	6 Plg	9 Plg	12 Plg
50	65	75	85	110
100	130	140	160	190
200	220	230	270	320
300	320	330	370	430

Fuente: HERNÁNDEZ MONZÓN, Jorge Mynor. *Consideraciones generales para el diseño de los diferentes tipos de pavimentos*. p. 68.

Tabla X. **TPDC permisible, carga por eje categoría 1, pavimento con juntas de trave por agregado**

MR	Espesor de losa pulg.	Sin hombros de concreto o bordillo soporte subrasante- sub base			Espesor de losa pulg.	Sin hombros de concreto o bordillo Soporte subrasante- sub base		
		Bajo	Medio	Alto		Bajo	Medio	Alto
650 PSI					4		0,2	0,9
	4,5			0.1	4,5	2	8	25
	5	0,1	0,8	3	5	30	130	330
	5,5	3	15	45	5,5	320		
	6	40	160	430				
	6,5	330						
600 PSI	5		0,1	0,4	4			0,1
	5,5	0,5	3	9	4,5	0,2	1	5
	6	8	36	98	5	6	27	75
	6,5	76	300	760	5,5	73	290	730
	7	520			6	610		
550 PSI	5,5	0,1	0,3	1	4,5		0,2	0.6
	6	1	6	18	5	0.8	4	13
	6,5	13	60	160	5,5	13	57	150
	7	110	400		6	130	480	
	7,.5	620						

Fuente: HERNÁNDEZ MONZÓN, Jorge Mynor. *Consideraciones generales para el diseño de los diferentes tipos de pavimentos*. p. 69.

Tabla XI. **Integración de costos de pavimento rígido, colocación de formaleta**

PAVIMENTO RÍGIDO				
HOJA DE INTEGRACIÓN DE PRECIO UNITARIO				
RENGLÓN No.: 1,1			**UNIDAD:**	ml
COLOCACIÓN DE FORMALETA				
MATERIALES				
Descripción	**Unidad**	**Cantidad**	**P.U.**	**Total**
hierro No.3	qq	0,23	Q 250,00	Q 57,50
formaleta	Unidad	34	Q 50,00	Q 1 700,00
hilo de caña	rollo	1	Q 15,00	Q 15,00
TOTAL MATERIALES				**Q 1 772,50**
MANO DE OBRA				
Actividad	**Unidad**	**Cantidad**	**P.U.**	**Total**
Colocación de formaleta, estacas y nivelado de formaleta	ml	200	Q 11,50	Q 2 300,00
SUB-TOTAL MANO DE OBRA CALIFICADA				**Q 2 300,00**
factor de ayudante	%	45		Q 1 035,00
prestaciones	%	0,18		Q 600,30
TOTAL MANO DE OBRA				**Q 3 935,30**
MAQUINARIA Y EQUIPO				
Descripción	**Unidad**	**Cantidad**	**P.U.**	**Total**
herramientas y equipo	%	3		Q 118,06
TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPO				**Q 118,06**
TRANSPORTE				
Descripción	**Unidad**	**Cantidad**	**P.U.**	**Total**
flete de formaleta	global	1	Q 85,00	Q 85,00
TOTAL TRANSPORTE				**Q 85,00**
Total costo directo				Q 5 910,86
Total costo indirecto			40 %	Q 2 364,34
Subtotal (directo + indirecto)				Q 8 275,20
IVA			12 %	Q 993,02
TOTAL				**Q 9 268,23**

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Integración de costos de pavimento rígido, colocación de concreto**

PAVIMENTO RÍGIDO				
HOJA DE INTEGRACIÓN DE PRECIO UNITARIO				
RENGLÓN No.: 1,2			**UNIDAD:**	**m3**
COLOCACIÓN DE CONCRETO DE 4 000 PSI t = 0,14 m				
MATERIALES				
Descripción	**Unidad**	**Cantidad**	**P.U.**	**Total**
concreto premezclado 4000 PSI	m3	84	Q 1 380,35	Q 115 949,40
TOTAL MATERIALES				**Q 115 949,40**
MANO DE OBRA				
Actividad	**Unidad**	**Cantidad**	**P.U.**	**Total**
ayudantes (5)	hora	100	Q 12,30	Q 1 230,00
encargados (1)	hora	16	Q 40,23	Q 643,68
vibrado	global	1	Q 1 398,50	Q 1 398,50
SUBTOTAL MANO DE OBRA CALIFICADA				**Q 3 272,18**
prestaciones	%	0,54		Q 17,67
TOTAL MANO DE OBRA				**Q 6 562,03**
MAQUINARIA Y EQUIPO				
Descripción	**Unidad**	**Cantidad**	**P.U.**	**Total**
alquiler vibrador	global	1	Q 365,50	Q 365,50
herramientas y equipo	%	3		Q 196,86
TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPO				**Q 562,36**
Total costo directo				Q 123 073,79
Total costo indirecto			40 %	Q 49 229,52
Subtotal (directo + indirecto)				Q 172 303,31
IVA			12 %	Q 20 676,40
TOTAL				**Q 192 979,70**

Fuente: elaboración propia,

Tabla XIII. **Integración de costos de pavimento rígido, desmontaje de formaleta**

PAVIMENTO RÍGIDO				
HOJA DE INTEGRACIÓN DE PRECIO UNITARIO				
RENGLÓN No.: 1,3			**UNIDAD:**	ml
DESMONTAJE DE FORMALETA				
MATERIALES				
Descripción	**Unidad**	**Cantidad**	**P.U.**	**Total**
TOTAL MATERIALES				**Q -**
MANO DE OBRA				
Descripción	**Unidad**	**Cantidad**	**P.U.**	**Total**
Desmontaje	ml	200	Q 4,35	Q 870,00
SUBTOTAL MANO DE OBRA CALIFICADA				**Q 870,00**
Prestaciones	%	0.18		Q 1,57
TOTAL MANO DE OBRA				**Q 871,57**
MAQUINARIA Y EQUIPO				
Descripción	**Unidad**	**Cantidad**	**P.U.**	**Total**
herramientas y equipo	%	3		Q 26,15
TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPO				**Q 26,15**
Total costo directo				Q 897,71
Total costo indirecto			40 %	Q 359,09
Subtotal (directo + indirecto)				Q 1 256,80
IVA			12 %	Q 150,82
TOTAL				**Q 1 407,61**

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. **Integración de costos de pavimento rígido, alisado de losas**

PAVIMENTO RÍGIDO				
HOJA DE INTEGRACIÓN DE PRECIO UNITARIO				
RENGLÓN No.: 1,4			**UNIDAD:**	**m2**
ALISADO DE LOSAS				
MATERIALES				
Descripción	**Unidad**	**Cantidad**	**P.U.**	**Total**
TOTAL MATERIALES				**Q -**
MANO DE OBRA				
Descripción	**Unidad**	**Cantidad**	**P.U.**	**Total**
albañiles (3)	día	3	Q 240,00	Q 720,00
SUB-TOTAL MANO DE OBRA CALIFICADA				**Q 720,00**
factor de ayudante	%	45		Q 324,00
prestaciones	%	0,36		Q 3,76
TOTAL MANO DE OBRA				**Q 1 047,76**
MAQUINARIA Y EQUIPO				
Descripción	**Unidad**	**Cantidad**	**P.U.**	**Total**
alquiler cercha vibradora	hr	48	Q 35,00	Q 1 680,00
herramienta y equipo	%	3		Q 31,43
TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPO				**Q 1 711,43**
COMBUSTIBLES				
Descripción	**Unidad**	**Cantidad**	**P.U.**	**Total**
gasolina regular	gal	5,3	Q 22,36	Q 118,51
TOTAL COMBUSTIBLES				**Q 118,51**
Total costo directo				Q 2 877,70
Total costo indirecto			40 %	Q 1 151,08
Subtotal (directo + indirecto)				Q 4 028,78
IVA			12 %	Q 483,45
TOTAL				**Q 4 512,23**

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. **Integración de costos de pavimento rígido, juntas de dilatación**

PAVIMENTO RÍGIDO				
HOJA DE INTEGRACIÓN DE PRECIO UNITARIO				
RENGLÓN No.: 1,5			**UNIDAD:**	ml
JUNTAS DE DILATACIÓN				
MATERIALES				
Descripción	**Unidad**	**Cantidad**	**P.U.**	**Total**
TOTAL MATERIALES				**Q -**
MANO DE OBRA				
Descripción	**Unidad**	**Cantidad**	**P.U.**	**Total**
Cortador	ml	400	Q 3,14	Q 1 256,00
limpieza de abertura	ml	400	Q 2,30	Q 920,00
colocación de cordón de respaldo	ml	400	Q 3,60	Q 1 440,00
relleno y alisado de juntas	ml	400	Q 13,50	Q 5 400,00
SUBTOTAL MANO DE OBRA				**Q 9 016,00**
ayudante	%	45		Q 4 057,20
prestaciones	%	0,54		Q 70,60
TOTAL MANO DE OBRA				**Q 13 143,80**
MAQUINARIA Y EQUIPO				
Descripción	**Unidad**	**Cantidad**	**P.U.**	**Total**
alquiler cortadora de sierra	hr	48	Q 11,30	Q 542,40
alquiler de soplador	hr	48	Q 10,25	Q 492,00
TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPO				**Q 1 034,40**
Total costo directo				Q 14 178,20
Total costo indirecto			40 %	Q 5 671,28
Subtotal (directo + indirecto)				Q 19 849,47
IVA			12 %	Q 2 381,94
TOTAL				**Q 22 231,41**

Fuente: elaboración propia.

- Costo total de la pavimentación del parqueo con pavimento rígido: **Q 230 399,19 + base = Q 251 203,59**

- Costo unitario: **Q 418,67 $/m^2$**

- Pavimento semirrígido

En cuanto al pavimento semirrígido, será obtenido el espesor de diseño de los bloques por medio de la tabla XVII, pero para obtener estos datos se debe de ir a la tabla XVI donde se obtienen las repeticiones típicas en la vida de diseño equivalente a 18 Ksal las cuales son estipuladas en la tabla de diseño típico para cada una de las categorías de tráfico descritas en la misma (tabla XV).

Para efectos del problema por resolver, ya que es un estacionamiento, se debe de ubicar en la curva de transito A descrita en la tabla XVI. El resultado del espesor del adoquín según la tabla XVII será de 6 centímetros.

Tabla XVI. **Diseño típico para las categorías de tránsito**

Curva de Tránsito	Descripción del tránsito de diseño	Repeticiones típicas en la vida de diseño equivalentes a 18 Ksal.
M	Patios para peatón, patios, áreas para los alrededores de estaciones de natación, caminos de paseo en bicicleta.	no hay
A	Multidomicilios de parqueos, lotes de parqueo (autos solamente), calles residenciales (menos de 15 vehículos comerciales por día).	50 000
B	Calles residenciales menores (15 a 150 vehículos comerciales por día), áreas de estación de servicio.	150 000
C	Terminales de camiones de motor y áreas de almacenamiento, pisos para industrias ligeras, calles residenciales (50 a 150 vehículos comerciales por día), paradas de bus.	500 000
D	Caminos completos urbanos (150 a 500 vehículos comerciales por día), pisos para industrias donde existe tránsito mediano y pesado y accesos para industrias donde existe tráfico pesado.	1 500 000
E	Caminos completos urbanos (500 a 1 500 vehículos comerciales por día) y pisos para industrias donde existe tránsito pesado.	5 000 000

Fuente: HERNÁNDEZ MONZÓN, Jorge Mynor. *Consideraciones generales para el diseño de los diferentes tipos de pavimentos*. p. 85.

Tabla XVII. **Espesores de los block de adoquín**

18 Ksal repeticiones	**50 000**	**150 000**	**500 000**	**1 500 000**
Espesores de diseño de los bloques	2 ½ pulg. 6 cm.	5 1/8 pulg. 8 cm.	3 5/8 pulg. 9,5 cm.	4 pulg. 10,0 cm.

Fuente: HERNÁNDEZ MONZÓN, Jorge Mynor. *Consideraciones generales para el diseño de los diferentes tipos de pavimentos*. p. 85.

Tabla XVIII. **Integración de costos de pavimento semirrígido, colocación de arena**

PAVIMENTO SEMIRRÍGIDO				
HOJA DE INTEGRACIÓN DE PRECIO UNITARIO				
RENGLÓN No.: 2,1			**UNIDAD:**	m3
COLOCACIÓN DE ARENA				
MATERIALES				
Descripción	**Unidad**	**Cantidad**	**P.U.**	**Total**
arena	m3	12	Q 130,00	Q 1 560,00
TOTAL MATERIALES				**Q 1 560,00**
MANO DE OBRA				
Actividad	**Unidad**	**Cantidad**	**P.U.**	**Total**
albañil	m3	24	Q 25,96	Q 623,04
SUBTOTAL MANO DE OBRA				**Q 623,04**
factor de ayudante	%	45		Q 280,37
prestaciones	%	0,18		Q 1,63
TOTAL MANO DE OBRA				**Q 1 528,07**
MAQUINARIA Y EQUIPO				
Descripción	**Unidad**	**Cantidad**	**P.U.**	**Total**
herramienta y equipo	%	3		Q 45,84
TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPO				**Q 45,84**
Total costo directo				Q 3 133,92
Total costo indirecto			40 %	Q 1 253,57
Subtotal (directo + indirecto)				Q 4 387,48
IVA			12 %	Q 526,50
TOTAL				**Q 4 913,98**

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. **Integración de costos de pavimento semirrígido, colocación de adoquín**

PAVIMENTO SEMIRRÍGIDO				
HOJA DE INTEGRACIÓN DE PRECIO UNITARIO				
RENGLÓN No.: 2,2			**UNIDAD:**	m2
COLOCACIÓN DE ADOQUÍN				
MATERIALES				
Descripción	**Unidad**	**Cantidad**	**P.U.**	**Total**
adoquín de 280 kg/cm2	m2	600	Q 72,50	Q 43 500,00
TOTAL MATERIALES				**Q 43 500,00**
MANO DE OBRA				
Actividad	**Unidad**	**Cantidad**	**P.U.**	**Total**
albañil	m2	600	Q 10,35	Q 6 210,00
SUB-TOTAL MANO DE OBRA				**Q 6 210,00**
ayudante	%	45		Q 2 794,50
prestaciones	%	1,8		Q 162,08
TOTAL MANO DE OBRA				**Q 15 376,58**
MAQUINARIA Y EQUIPO				
Descripción	**Unidad**	**Cantidad**	**P.U.**	**Total**
herramienta y equipo	%	3		Q 461,30
TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPO				**Q 461,30**
TRANSPORTE				
Actividad	**Unidad**	**Cantidad**	**P.U.**	**Total**
flete de adoquín	global	1	Q 1 500,00	Q 1 500,00
TOTAL TRANSPORTE				**Q 1 500,00**
Total costo directo				Q 60 837,88
Total costo indirecto			40 %	Q 24 335,15
Sub-total (directo + indirecto)				Q 85 173,03
IVA			12 %	Q 10 220,76
TOTAL				**Q 95 393,79**

Fuente: elaboración propia.

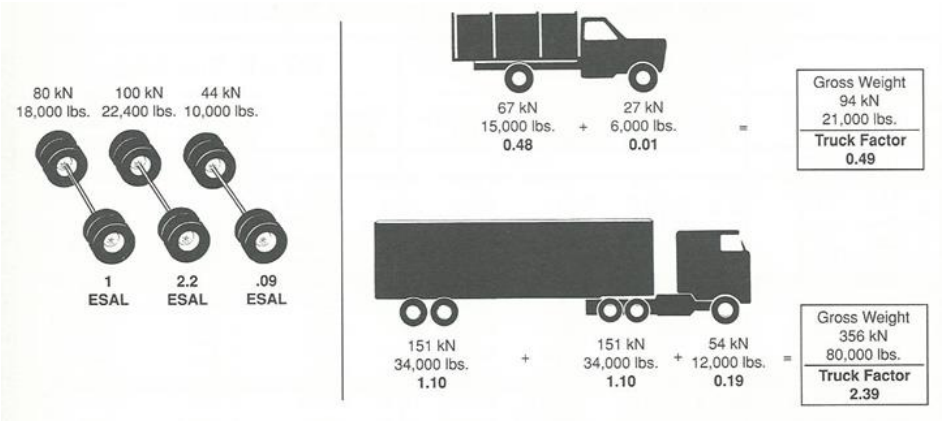
- Costo total de la pavimentación del parqueo con pavimento semirrígido: **Q 100 307,77 + base = Q 121 112,17**

- Costo unitario: **Q 201,85 $/m^2$**

- Pavimento flexible

El cálculo del espesor del pavimento será basado en la tabla de espesores mínimos recomendados del método Aashto en el cual se indican espesores de carpetas de rodadura en milímetros dependiendo del número de ESAL de los vehículos que vayan a ser tomados en cuenta para el tránsito que se tendrá en el estacionamiento. En la figura 20 se realiza una pequeña evaluación del tránsito ejemplificando el peso por eje de los vehículos, estos datos son tomados en cuenta y se ubican en la tabla XX en donde son especificados los espesores mínimos estipulados en el método AASHTO.

Figura 20. **Evaluación de tránsito**



Fuente: *Evaluación del tránsito*.
https://docs.google.com/file/d/0B9pqXmX8elDaYXJONXhlYzRXRE0/edit?usp=sharing.
Consulta: febrero de 2017.

Tabla XX. **Espesores mínimos recomendados (método AASHTO)**

Número de ESAL (W18)	**Capa**	
	Rodadura	**Base**
Menos de 50 000	30	100
50 001 – 150 000	60	100
150 001 – 500 000	75	100
500 001 – 2 000 000	90	150
2 000 001 – 7 000 000	100	150
Mayor que 7 000 000	120	150
* Espesores en milímetros		

Fuente: *Espesores mínimos recomendados*.
https://docs.google.com/file/d/0B9pqXmX8elDaYXJONXhlYzRXRE0/edit?usp=sharing.
Consulta: febrero de 2017.

Para este ejemplo se debe tomar en cuenta que por ser un estacionamiento de vehículos, en su mayoría livianos, picops, microbuses y camiones pequeños se debe ubicar en el segundo renglón de la tabla XX, la cual indica que existirá un rango de entre 50 001 y 150 000 ESAL. El espesor mínimo recomendado en dicha tabla es de 60 milímetros o lo que es equivalente a 6 centímetros de espesor de la capa o carpeta de rodadura.

Tabla XXI. **Integración de costos de pavimento flexible, imprimación**

PAVIMENTO FLEXIBLE						
HOJA DE INTEGRACIÓN DE PRECIO UNITARIO						
RENGLÓN No.: 3,1				**UNIDAD:**	m2	
RIEGO DE IMPRIMACIÓN						
MATERIALES						
Descripción	**Unidad**	**Cantidad**	**P.U.**		**Total**	
emulsión 63-37	galón	40	Q	24,12	Q	964,80
diésel	galón	5	Q	18,81	Q	94,05
secante	m3	18	Q	130,03	Q	2 340,54
TOTAL MATERIALES					**Q**	**3 399,39**
MANO DE OBRA						
Actividad	**Unidad**	**Cantidad**	**P.U.**		**Total**	
conductor de pipa	hora	7	Q	17,24	Q	120,68
operador de compresor portátil	hora	7	Q	10,40	Q	72,80
operador de barredora	hora	7	Q	15,53	Q	108,71
operador camión distribuidor de asfalto	hora	4	Q	28,36	Q	113,44
SUBTOTAL MANO DE OBRA					**Q**	**415,63**
factor ayudante	%	45			Q	187,03
prestaciones	%	0,18			Q	1,08
TOTAL MANO DE OBRA					**Q**	**1 019,38**
MAQUINARIA Y EQUIPO						
Descripción	**Unidad**	**Cantidad**	**P.U.**		**Total**	
camión distribuidor de asfalto 2 000 Gls.	hora	24	Q 151,61		Q	3 638,64
barredora autopropulsada	hora	24	Q 69,04		Q	1 656,96
compresor portátil, 125 - 149 CFM	hora	24	Q 24,29		Q	582,96
camión cisterna 2 000 Gls.	hora	24	Q 56,80		Q	1 363,20
herramienta y equipo	%	3			Q	30,58
TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPO					**Q**	**7 272,34**
Total costo directo					Q	11 691,11
Total costo indirecto				40 %	Q	4 676,44
Sub-total (directo + indirecto)					Q	16 367,55
IVA				12 %	Q	1 964,11
TOTAL					**Q**	**18 331,66**

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXII. **Integración de costos de pavimento flexible, concreto asfáltico**

PAVIMENTO FLEXIBLE				
HOJA DE INTEGRACIÓN DE PRECIO UNITARIO				
RENGLÓN No.: 3,2			**UNIDAD:**	m3
CONCRETO ASFÁLTICO EN CALIENTE				
MATERIALES				
Descripción	**Unidad**	**Cantidad**	**P.U.**	**Total**
material para la fabricación del concreto asfaltico, maquilación en planta en caliente	Ton-m	86,4	Q 590,00	Q 50 976,00
diésel	gal	4	Q 18,81	Q 75,24
TOTAL MATERIALES				**Q 51 051,24**
MANO DE OBRA				
Actividad	**Unidad**	**Cantidad**	**P.U.**	**Total**
operador de pavimentadora sobre oruga	hora	5	Q 30,92	Q 154,60
operador de vibrocompactador	hora	3	Q 28,36	Q 85,08
operador de compactador neumático	hora	3	Q 15,53	Q 46,59
conductor de camión de volteo	hora	6	Q 17,24	Q 103,44
tornillero	hora	5	Q 13,80	Q 69,00
rastrillero	hora	5	Q 9,20	Q 46,00
ayudantes especiales	hora	5	Q 10,12	Q 50,60
SUBTOTAL MANO DE OBRA				**Q 555,31**
factor de ayudante	%	45		Q 249,89
prestaciones	%	0,18		Q 1,45
TOTAL MANO DE OBRA				**Q 1 361,96**
MAQUINARIA Y EQUIPO				
Descripción	**Unidad**	**Cantidad**	**P.U.**	**Total**
pavimentadora sobre oruga	hora	24	Q 390,79	Q 9 378,96
vibrocompactador tándem	hora	24	Q 161,94	Q 3 886,56
compactador neumático autopropulsado	hora	24	Q 84,74	Q 2 033,76
barredora autopropulsada	hora	24	Q 69,04	Q 1 656,96
camión de volteo	hora	24	Q 55,87	Q 1 340,88
herramientas y equipo	%	3		Q 40,86
TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPO				**Q 18 337,98**
Total costo directo				Q 70 751,18
Total costo indirecto			40 %	Q 28 300,47
Subtotal (directo + indirecto)				Q 99 051,65
IVA			12 %	Q 11 886,20
TOTAL				**Q 110 937,85**

Fuente: elaboración propia.

- Costo total de la pavimentación del parqueo con pavimento flexible: **Q 129 269,51 + base = Q 150 073,91**

- Costo unitario: **Q 250,12 $/m^2$**

4. COMPARACIÓN DE PRECIOS

4.1. Resultados

Como se puede apreciar en el ejemplo expuesto en el capítulo 3, las integraciones de los costos fueron realizadas poniendo cada una en igualdad de condiciones, esto quiere decir que debieron obtenerse resultados en base a esa igualdad de condiciones para poder tomar una decisión posteriormente y así obtener resultados un poco más exactos y objetivos a la vez. Se debe tomar en cuenta que los costos unitarios obtenidos son en base a los metros cuadrados de pavimentación que se deben realizar. Para el caso del ejemplo realizado en el capítulo 3 fueron tomados los 600,00 metros cuadrados de pavimentación.

Los costos totales y costos unitarios obtenidos son los siguientes:

Tabla XXIII. **Costo total de pavimento rígido**

PAVIMENTO RÍGIDO	
TOTAL	Q 230 399,19

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIV. **Costo total de pavimento semirrígido**

PAVIMENTO SEMIRRÍGIDO	
TOTAL	Q 100 307,77

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXV. **Costo total de pavimento flexible**

PAVIMENTO FLEXIBLE	
TOTAL	Q 129 269,51

Fuente: elaboración propia.

4.2. Presentación de resultados

Los resultados obtenidos o alcanzados serán presentados en tablas las cuales son un resumen de la integración desarrollada para obtener el resultado de los costos totales y los costos unitarios y, así mismo, tomar una decisión en base a resultados reales.

Independientemente de la decisión que el dueño del proyecto vaya a tomar, se deberá solamente entregar las tablas resumen con sus respectivos resultados de los costos, si así fuera necesario, o bien, como la licitación lo requiera en su convocatoria

4.2.1. Tablas

A continuación se presentarán las tablas de resumen de cada una de las pavimentaciones basadas en el ejemplo expuesto en el capítulo 3.

Tabla XXVI. **Costo unitario de pavimento rígido**

1. PAVIMENTO RÍGIDO					
CÓDIGO	**RENGLÓN**	**UNIDAD**	**CANTIDAD**	**P.U.**	**TOTAL**
1.1	Colocación de formaleta	ML	200	Q 46,34	Q 9 268,23
1.2	Colocación de concreto 400 PSI t= 0,14 m	M3	120	Q 1 608,16	Q 192 979,70
1.3	Desmontaje de formaleta	ML	200	Q 7,04	Q 1 407,61
1.4	Alisado de losas	M2	600	Q 7,52	Q 4 512,23
1.5	Juntas de dilatación	ML	400	Q 55,58	Q 22 231,41
TOTAL					**Q 230 399,19**
COSTO UNITARIO					**Q 384,00**

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVII. **Costo unitario de pavimento semirrígido**

2. PAVIMENTO SEMIRRÍGIDO					
CÓDIGO	**RENGLÓN**	**UNIDAD**	**CANTIDAD**	**P.U.**	**TOTAL**
2.1	Colocación de arena	M2	600	Q 8,19	Q 4 913,98
2.2	Colocación de adoquín	M2	600	Q 158,99	Q 95 393,79
TOTAL					**Q 100 307,77**
COSTO UNITARIO					**Q 167,18**

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVIII. **Costo unitario de pavimento flexible**

3. PAVIMENTO FLEXIBLE					
CÓDIGO	**RENGLÓN**	**UNIDAD**	**CANTIDAD**	**P.U.**	**TOTAL**
3.1	Riego de imprimación	M2	600	Q 30,55	Q 18 331,66
3.2	Concreto asfáltico en caliente	M3	36	Q 3 081,61	Q 110 937,85
TOTAL					**Q 129 269,51**
COSTO UNITARIO					**Q 215,45**

Fuente: elaboración propia.

4.3. Análisis de resultados

Obtenidos todos los resultados en base al ejercicio desarrollado anteriormente se pueden realizar algunas comparaciones porcentuales y comparaciones económicas para, posteriormente, realizar la exposición de una propuesta o varias propuestas a la persona o entidad a la que se le vaya a realizar una construcción de algún estacionamiento y aun no se tenga establecido el pavimento que se utilizará para su construcción.

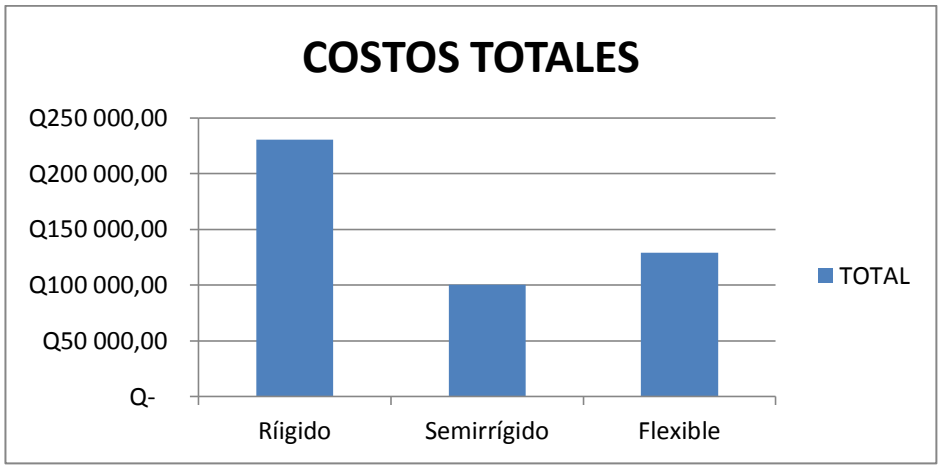
Se puede establecer, con los resultados obtenidos, que construir el estacionamiento con un pavimento rígido es 56,46 % más costoso que con un pavimento semirrígido y 43,89 % más costoso que con un pavimento flexible. Lo que indica que las pavimentaciones semirrígida y flexible tienen una diferencia del 22,40 % en costo.

Dentro de las integraciones de los costos se puede notar que en su mayoría, luego del total de los costos de los materiales, en algunos se aprecia que la mano de obra es un costo alto y en otras la maquinaria y equipo lo son. Esto se debe a que sin una mano de obra calificada no se obtendrán los resultados deseados y, por ende, la calidad del trabajo es mala. Mientras que si se selecciona y se paga una buena mano de obra se obtendrán resultados deseados y un cliente o usuario satisfecho.

4.4. Gráficos de los resultados obtenidos

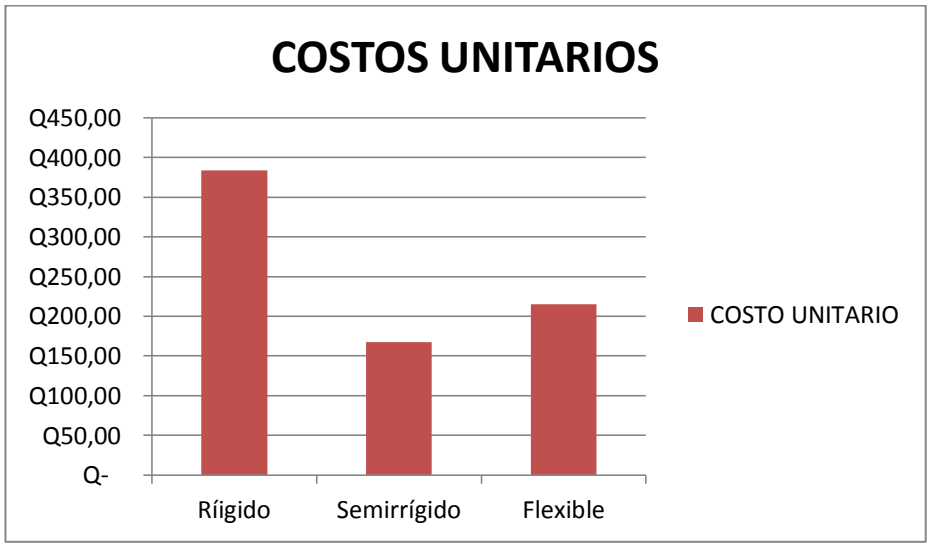
A continuación se presentan los gráficos obtenidos tanto de los costos totales como de los unitarios.

Figura 21. **Gráfica de costos totales de pavimentos**



Fuente: elaboración propia.

Figura 22. **Gráfica de costos unitarios de pavimentos**



Fuente: elaboración propia.

4.5. Determinación del costo más alto y costo más bajo de la pavimentación de un parqueo

Para el desarrollo de todo proyecto debe hacerse un análisis o un estudio de los costos que este vaya a generar, la pavimentación de un parqueo también debe contar con un análisis objetivo de costos y sus respectivas comparaciones, y así poder tomar una decisión en base a los resultados de los estudios realizados previamente.

Para el desarrollo de un proyecto de construcción debe ser tomada en cuenta la parte económica, y la construcción de un parqueo no es la excepción, así que a continuación serán presentadas las pavimentaciones desde la más cara hasta la más económica.

- Pavimento rígido
- Pavimento flexible
- Pavimento semirrígido

CONCLUSIONES

1. Se establece que la diferencia que existe entre realizar la construcción de un estacionamiento con un pavimento rígido y un semirrígido es del 56,46 %, para la ejecución del mismo con pavimento rígido y 43,89 % con flexible. La diferencia porcentual que existe entre la construcción del estacionamiento con pavimento flexible y semirrígido es del 22,40 %.

2. Los trabajos por desarrollarse en cada una de las pavimentaciones son distintos, no solo en maquinarias sino que también en la mano de obra, ya que existen diversos trabajos por realizarse. Estos pueden ser desarrollados o ejecutados manualmente o con algún tipo de maquinaria, como la colocación del concreto en un rígido, que puede ser premezclado o manualmente colocado *in situ* con mano de obra calificada. El semirrígido puede ser colocado manualmente o con una colocadora de adoquín. El flexible debe ser puesto luego de un riego de imprimación para obtener esa adherencia entre la base y la carpeta de rodadura.

3. Para tomar una decisión final de la pavimentación de un estacionamiento se debe tomar en cuenta que el costo más alto será con la rígida y el más bajo será con la semirrígida, aunque es conveniente recordar que existe el flexible. Además no la parte económica es importante de tomar en cuenta, ya que cada una de estas pavimentaciones posee características que deben ser analizadas como su durabilidad, tiempo de ejecución, futuros incrementos de TPD y TPDC, entre otros.

4. Tanto en el capítulo uno como en el tres, se dan a conocer los materiales considerados y utilizados en cada una de las pavimentaciones, ya que son distintos, por ejemplo, en la semirrígida se utilizan unidades de adoquín en la rígida, el hormigón o concreto; en la flexible, el asfalto en caliente. No solamente estos materiales son empleados ya que para ejecutar cualquiera de las antes mencionadas son necesarios otros materiales, los cuales se mencionan en los capítulos uno y tres de este trabajo de graduación.

RECOMENDACIONES

1. Quien desee realizar una integración de costos y obtener resultados apegados a la realidad, debe utilizar precios unitarios de materiales, mano de obra y alquileres de maquinaria actualizados para obtener resultados más exactos y apegados a la realidad del momento en que estos vayan a ser presentados como una propuesta para la construcción de un estacionamiento.

2. Deben ser tomadas en cuenta las prestaciones de los trabajadores, ya que son parte de sus derechos tal y como lo estipula la ley en el Código de Trabajo de Guatemala. Las prestaciones deben pagarse para no generar ningún tipo de problema legal, como una denuncia ante el Ministerio de Trabajo y Prevención Social.

3. Que la persona encargada de la integración de costos de un proyecto de construcción debe tomar en cuenta los días no trabajados del año debido a que estos, por ley, deben ser pagados a los trabajadores, y así se evita que genere algún tipo de pérdida económica al ente ejecutor.

4. Cuando es realizado el cálculo de los costos indirectos, deberán ser integrados, dependiendo de los costos que cada uno genere, así se obtiene el porcentaje que tendrá sobre los costos directos y se consigne

que este sea parte del total de las integraciones finales de cada uno de los renglones.

BIBLIOGRAFÍA

1. Dirección General de Caminos, Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda República de Guatemala. *Especificaciones Generales para construcción de carreteras y puentes.* Guatemala, 2001.

2. HERNÁNDEZ CANALES, Juan Carlos. *Características físicas y propiedades mecánicas de los suelos y sus métodos de medición.* Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2008. 510 p.

3. HERNÁNDEZ MONZÓN, Jorge Mynor. *Consideraciones generales para el diseño de los diferentes tipos de pavimentos.* Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1997. 149 p.

4. MORALES RAMÍREZ, Evelyn Maribel. *Manual de apoyo docente para desarrollar ensayos de laboratorio, relacionados con materiales de construcción.* Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2006. 166 p.

5. PÉREZ GARCÍA, Rafael Alexander Gaspar. *Diseño del pavimento rígido del camino que conduce a la aldea El Guayabal, municipio de Estanzuela del departamento de Zacapa.* Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2010. 108 p.

6. TORRES ZIRIÓN, Rafael Alejandro. *Análisis comparativo de costos entre pavimento flexible y pavimento rígido.* Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2007. 257 p.