

**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA  
FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**ANÁLISIS DE COSTOS DE EJECUCIÓN, REPARACIONES  
Y MANTENIMIENTO ANUAL DE LOSAS DE CONCRETO  
HIDRÁULICO CON Y SIN ENDURECEDOR SUPERFICIAL  
MINERAL EN NAVES INDUSTRIALES**

**TESIS  
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. BAMBARÉN MARTENS, JOHANA ELIZABETH**

**Bach. IBAÑEZ ALFARO, CHRISTIAN**

**Asesor: M. Sc. Ing. HUAMÁN GUERRERO, NÉSTOR W.**

**LIMA – PERÚ  
2020**

## **DEDICATORIA**

A mis madres, Gugliana y Dora, por ser las únicas personas incondicionales que siempre creyeron en mí y que desde que nací me dieron todo su amor y me enseñaron grandes valores, si hoy soy lo que soy, es gracias a ellas.

A mi tío, el Ing. Víctor Martens, por ser mi ejemplo a seguir y por haberme inculcado la pasión por la Ingeniería Civil desde que era pequeña.

A Valeria V., por haber sido una persona muy importante en mi vida y una gran compañera que siempre estuvo para mí en las buenas y en las malas. Siempre estarás en mi corazón.

Bambarén Martens, Johana Elizabeth

A Dios por haberme permitido llegar a culminar mi carrera y haberme dado salud para lograr mis objetivos y metas; a mis padres Mary Alfaro y Christian Boris Ibañez por haberme apoyado desde el momento que decidí estudiar esta carrera; a mis abuelos por el amor y cariño que me brindaron a lo largo de mi vida; a mis amigos con los cuales compartí mi etapa universitaria y siempre estuvimos para apoyarnos.

Ibañez Alfaro, Christian

## **AGRADECIMIENTO**

A mi tío, el Ing. Víctor Martens, por haber sido un excelente asesor y apoyo incondicional para mí durante el desarrollo de esta tesis, brindándome conocimientos que con mucho esfuerzo él logró aprender y, sobre todo, haber tenido tanta paciencia para enseñarme con tanta dedicación.

A mi madre, Gugliana, por amarme tanto, por siempre creer en mí y apostar por mi futuro profesional.

A Stephanie C., por ser pieza clave para mi desarrollo en el ámbito laboral y haberme apoyado en todo lo que necesité durante el desarrollo de esta tesis.

Bambarén Martens, Johana Elizabeth

Les doy gracias a mis padres y tíos por haberme inculcado los valores y principios necesarios para mi vida. Les agradezco por haberme dado siempre su apoyo incondicional, por sus consejos, así como por haber hecho el esfuerzo de darme la oportunidad de tener una excelente educación.

Ibañez Alfaro, Christian

## CONTENIDO

RESUMEN .....	xi
ABSTRACT .....	xii
INTRODUCCIÓN.....	xiii
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA....	1
1.1 Descripción del problema .....	1
1.2 Formulación del problema .....	3
1.2.1 Problema General .....	3
1.2.2 Problemas Específicos .....	3
1.2.3 Importancia y Justificación del Estudio.....	3
1.3 Limitaciones del Estudio .....	4
1.4 Objetivos.....	4
1.4.1 Objetivo General.....	4
1.4.2 Objetivos Específicos .....	4
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 Marco Histórico (Antecedentes).....	5
2.2 Investigaciones relacionadas con el tema .....	6
2.2.1 En el ámbito nacional .....	6
2.2.2 En el ámbito internacional.....	8
2.3 Obras de construcción de losas de concreto hidráulico .....	10
2.3.1 En el Sector Público .....	10
2.3.2 En el Sector Privado .....	12
2.4 Estructura teórica y científica que sustenta el estudio .....	14
2.4.1 Concreto hidráulico .....	14
2.4.1.1 Definición de concreto hidráulico .....	14
2.4.1.2 Componentes .....	14
2.4.1.3 Preparación del concreto en planta.....	16

2.4.1.4 Curado del concreto.....	16
2.4.1.5 Aditivos del concreto hidráulico.....	17
2.4.1.6 Otros materiales del concreto .....	18
a) Endurecedores superficiales .....	18
b) Endurecedores superficiales en base a agregado mineral .....	19
c) Curadores de concreto .....	20
d) Puente de adherencia.....	20
e) Adhesivo epóxico .....	21
f) Grouting .....	21
2.4.1.7 Fraguado del concreto .....	21
2.4.1.8 Fraguado inicial del concreto .....	21
2.4.1.9 Resistencia a la compresión.....	23
2.4.1.10 Resistencia a la tracción .....	23
2.4.1.11 Resistencia a la flexotracción, Módulo de rotura (MR) .....	23
2.4.1.12 Resistencia al impacto .....	24
2.4.1.13 Resistencia a la abrasión.....	28
2.4.2 Equipos para construcción de pisos y losas de concreto hidráulico..	33
2.4.3 Juntas .....	36
2.4.4 Refuerzo para losa .....	41
2.4.5 Refuerzo para juntas .....	43
2.4.6 Sellado de juntas .....	46
2.4.7 Gradiente térmico .....	47
2.4.8 Factores Climáticos .....	47
2.4.9 Contracción/dilatación de losas de concreto hidráulico .....	48
2.4.10 Coeficiente de contracción del concreto.....	48
2.4.11 Losas de concreto hidráulico .....	48
2.4.12 Losas planas.....	51

2.4.13 Principales fallas en losas de concreto hidráulico .....	52
2.4.14 Naves industriales .....	55
2.4.15 Reparación y mantenimiento de losas .....	55
2.4.16 Costos en losas de concreto hidráulico .....	56
2.4.16.1 Definición de Costos .....	56
2.4.16.2 Tipos de Costos en Construcción .....	57
2.4.17 Costos por reparación y mantenimiento de losas .....	66
2.5 Definición de términos básicos .....	70
2.5.1 Componentes del pavimento rígido .....	70
2.5.2 Losas de concreto hidráulico .....	71
2.5.3 P.E.T .....	71
2.5.4 Regularidad Superficial .....	71
<b>CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS .....</b>	<b>73</b>
3.1 Hipótesis .....	73
3.1.1 Hipótesis General .....	73
3.1.2 Hipótesis Específicas .....	73
3.2 Variables .....	73
3.2.1 Definición conceptual de variables .....	73
3.2.2 Operacionalización de variables .....	73
<b>CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DEL ESTUDIO .....</b>	<b>75</b>
4.1 Tipo y método de investigación .....	75
4.1.1 Tipo de la investigación .....	75
4.1.2 Método de la investigación .....	76
4.1.3 Nivel de la investigación .....	76
4.1.4 Diseño de la investigación .....	77
4.2 Población de estudio .....	78
4.3 Diseño muestral .....	78

4.3.1 Unidad de Análisis .....	78
4.3.2 Muestra .....	78
4.3.3 Técnicas de investigación e instrumento .....	78
4.3.4 Procedimiento para la recolección de datos .....	78
4.3.5 Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	79
<b>CAPÍTULO V: ANÁLISIS ECONÓMICO .....</b>	<b>80</b>
5.1 Costo de ejecución y reparación de losas de concreto hidráulico con refuerzo en las juntas con y sin endurecedor superficial expuestas a condiciones climáticas adversas. ....	81
5.1.1 Proyecto “Nave Industrial Bravo” .....	81
5.1.1.1 Costo de ejecución y reparación de losa de concreto hidráulico sin endurecedor .....	81
5.1.2 Proyecto “Nave Industrial Charlie” .....	91
5.1.2.1 Costo de ejecución de losa de concreto hidráulico con endurecedor .....	91
5.2 Costos de reparaciones y mantenimiento anual de fallas por impacto y abrasión con y sin endurecedor superficial mineral .....	98
<b>CAPÍTULO VI: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....</b>	<b>109</b>
6.1 Presentación de resultados .....	109
6.1.1 Cuadro comparativo de costo de ejecución de losa de concreto hidráulico con y sin endurecedor superficial mineral .....	109
6.1.2 Tablas comparativas de costos por mantenimiento y reparación anual de juntas en losas de diferentes características. ....	111
6.2.3 Resultados de cuadros comparativos .....	118
6.2 Contrastación de hipótesis .....	120
6.2.1 Contrastación de hipótesis general .....	120
6.2.2 Contrastación de hipótesis específica 1 .....	121
6.2.3 Contrastación de hipótesis específica 2 .....	122
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>124</b>

RECOMENDACIONES .....	125
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	126
ANEXOS .....	135



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°1: Regla vibratoria .....	33
Figura N°2: Vibrador manual de aguja .....	34
Figura N°3: Cortadora de concreto de ransfer.....	35
Figura N° 4: Cortadora de concreto manual.....	35
Figura N°5: Alisador o helicóptero .....	36
Figura N°6: Juntas .....	37
Figura N°7: Juntas de dilatación.....	38
Figura N°8: Juntas de aislamiento en muro.....	39
Figura N°9: Juntas de aislamiento en muros y pilares (ACI 360R-10).....	39
Figura N°10: Ubicaciones apropiadas para las juntas (ACI 360R-10).....	40
Figura N°11: Detalle de junta de construcción protegida con cantonera .....	41
Figura N°12: Barras de acero corrugado .....	42
Figura N°13: Juntas de construcción con varillas de refuerzo en encofrado .....	44
Figura N°14: Dowels en placas. ....	45
Figura N°15: Barras de transferência .....	45
Figura N°16: Barras de acero. ....	46
Figura N°17: Sellado de juntas.....	46
Figura N°18: Elementos de un piso industrial de hormigón. ....	49
Figura N°19: Falla por descascaramiento o escamadura.....	52
Figura N°20: Falla por deficiencia de material de sello .....	53
Figura N°21: Resultado de muestra sin endurecedor superficial expuesta a viento y calor. .....	90
Figura N°22: Resultado de muestra con aplicación de endurecedor superficial expuesta a viento y calor. ....	97
Figura N°23: Planta de juntas en losa Nave Industrial “Charlie” .....	104
Figura N°24: Planta de juntas en losa Nave Industrial “Bravo” .....	107
Figura N°25: Muelle de descarga Nave Industrial .....	117
Figura N°26: Puerta 02 en Av. Néstor Gambeta del CD Ransa – Callao .....	117
Figura N°27: Operación de montacargas con llantas neumáticas .....	118

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°1: Clasificación de pisos .....	50
Tabla N°2: Principales fallas en losas de concreto hidráulico .....	52
Tabla N°3: Salarios con beneficios sociales, régimen de construcción civil. ....	58
Tabla N°4: Unidades e Índices unificados de materiales .....	60
Tabla N°5: A.P.U. de vaciado de concreto premezclado $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ .....	62
Tabla N°6: A.P.U. de encofrado y desencofrado para losa de piso.....	62
Tabla N°7: A.P.U. de habilitación y colocación de acero corrugado .....	63
Tabla N°8: A.P.U. de losa de concreto hidráulico con acero de refuerzo .....	63
Tabla N°9: A.P.U. de sellado de juntas en pisos .....	70
Tabla N°10: A.P.U. Reconstrucción de acabado de pisos.....	70
Tabla N°11: Matriz de operacionalización .....	74
Tabla N°12: Presupuesto losa de concreto hidráulico con refuerzo en las juntas .....	82
Tabla N°13: A.P.U. Concreto premezclado c/cemento tipo I, $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ , para losa de piso (m <sup>3</sup> ) .....	83
Tabla N°14: A.P.U. Encofrado y desencofrado normal para losa de piso (h =20 cm.) .....	83
Tabla 15: A.P.U. Dowells de Acero liso L=0.60m, D=5/8"@0.20m (inc. Tub. PVC y Grasa).....	84
Tabla N°16: A.P.U. Curado con aditivo en concreto (m <sup>2</sup> ) .....	84
Tabla N°17: A.P.U. 02.01 Junta de Construcción .....	85
Tabla N°18: A.P.U. 02.02 Junta de Dilatación.....	85
Tabla N°19: A.P.U. 02.03 Junta de contracción.....	85
Tabla N°20: A.P.U. 02.04 Junta de Aislamiento.....	86
Tabla N°21: A.P.U. 04.01 Relleno en Juntas de Construcción .....	86
Tabla N°22: A.P.U. 04.02 Sellado de Juntas de dilatación .....	86
Tabla N°23: A.P.U. 04.03 Relleno de Juntas de Contracción.....	87
Tabla N°24: Sellado de Juntas de Aislamiento .....	87
Tabla N°25: Resultados de fisuración de muestra sin endurecedor superficial ensayada.....	89
Tabla N°26: A.P.U de reparación de fisuras en losa de concreto hidráulico ....	91
Tabla N°27: Presupuesto losa de concreto hidráulico con refuerzo en las juntas y endurecedor superficial mineral .....	92

Tabla N°28: A.P.U. 01.05 Suministro y aplicación de endurecedor superficial de cuarzo 5 kg/cm <sup>2</sup> .....	93
Tabla N°29: A.P.U. 03.01 Relleno de Juntas de Construcción .....	93
Tabla N°30: A.P.U. 03.02 Sellado de Juntas de Dilatación .....	94
Tabla N°31: A.P.U. 03.03 Relleno de Juntas de Contracción.....	94
Tabla N°32: A.P.U. 03.04 Sellado de juntas de Aislamiento.....	95
Tabla N°33: Resultados de fisuración de muestra con endurecedor superficial ensayada.....	97
Tabla N°34: Metrado de juntas en losa Nave Industrial “Charlie” .....	105
Tabla N°35: Metrado de juntas en losa Nave Industrial “Bravo” .....	108
Tabla N°36: Resultados de fisuración de muestra con endurecedor superficial ensayada.....	109
Tabla N°37: Tabla de costos por mantenimiento y reparación anual de juntas en losa Nave Industrial “Bravo”.....	111
Tabla N°38: Tabla de costos por mantenimiento y reparación anual de juntas en losa Nave Industrial “Charlie”.....	112
Tabla N°39: Diferencia de costos por mantenimiento y reparación anual de juntas por m <sup>2</sup> de losa sin (“Bravo”) y con (“Charlie”) endurecedor superficial mineral .....	113
Tabla N°40: Diferencia de costos por mantenimiento y reparación anual de losa continua por m <sup>2</sup> de losa sin (“Bravo”) y con (“Charlie”) endurecedor superficial mineral.....	114
Tabla N°41: Comparativo de costos y ahorros por mantenimiento y reparación anual de losa continua sin y con endurecedor superficial mineral .....	115
Tabla N°42: Diferencia de costos de mantenimiento y reparación anual de juntas y superficie de losa continua de concreto simple vs losa con endurecedor superficial mineral .....	116
Tabla N°43: Porcentaje anual de costos de reparaciones .....	123

## RESUMEN

La presente tesis tiene como objetivo principal brindar los lineamientos técnicos actuales requeridos para realizar el análisis de costos de ejecución, reparación y mantenimiento anual de losas de concreto hidráulico con y sin endurecedor superficial mineral en naves industriales para minimizar los costos de estos.

Es conveniente precisar que los usos principales de las naves industriales incluyen: distribución y almacenaje, plantas de producción, cámaras frigoríficas, salas de ventas, decorativos, etc., los cuales se pueden desarrollar para las industrias de retail, logística y distribución, industria pesada, alimentos y bebidas, agroindustria, automotriz, entre otros.

Debido al crecimiento industrial y comercial de las industrias mencionadas, las cuales requieren contar con losas de dimensiones cada vez mayores, especificaciones más exigentes, mayor complejidad o exigencias de servicio, además de las recurrentes fallas presentadas en numerosos proyectos ya ejecutados, se hace necesario el desarrollo y empleo de información técnica especializada y actualizada para efectos de su diseño y la elaboración de procedimientos escritos para su construcción, pues la losa es considerada como el caballo de batalla para lograr los objetivos de cada rubro.

Descrito lo anterior, para esta tesis, se ha considerado distinta información técnica (manuales, normas, investigaciones nacionales e internacionales y artículos relacionados) y también de los principales equipos y materiales requeridos para la ejecución de dichos trabajos. También, se ha obtenido información referida a trabajos de ejecución, reparación y mantenimiento en losas de concreto hidráulico (simple y con endurecedor superficial mineral).

**Palabras claves:** losas de concreto hidráulico, pisos industriales, endurecedor superficial mineral, naves industriales.

## ABSTRACT

The main objective of this thesis is to provide the current technical guidelines required to perform the cost analysis of execution, repair and annual maintenance of hydraulic concrete slabs with and without mineral surface hardener in industrial buildings to minimize costs.

It is convenient to specify that the main uses of industrial buildings include: distribution and storage, production plants, cold rooms, sales rooms, decorations, etc., which can be developed for the retail, logistics and distribution industries, heavy industry, food and beverages, agribusiness, automotive, among others.

Due to the industrial and commercial growth of the aforementioned industries, which require having increasingly larger slabs, more demanding specifications, greater complexity or service requirements, in addition to the recurring failures presented in numerous projects already executed, it is necessary to development and use of specialized and updated technical information for the purposes of its design and the elaboration of written procedures for its construction, since the slab is considered as the workhorse to achieve the objectives of each item.

Described the above, different technical information (manuals, standards, national and international investigations and related articles) has been considered for this thesis, as well as the main equipment and materials required for the execution of this works. Also, information has been obtained regarding repair and maintenance work on hydraulic concrete slabs (simple and with surface hardeners).

**Keywords:** Hydraulic concrete slabs, industrial floors, mineral surface hardener, industrial buildings.

## INTRODUCCIÓN

Debido a las fallas y daños generados durante la construcción y etapa de operaciones de losas de concreto hidráulico, producidas en muchos casos por desconocimiento o falta de actualización de información técnica especializada para la elaboración de proyectos y construcción de dichos elementos, como también a la creciente demanda por parte de las distintas industrias que requieren contar con losas y pisos cada vez más complejos y competentes, se vuelve trascendental disponer de información adecuada a fin de poderla implementar en la elaboración, construcción y uso de dichos elementos.

Es conveniente considerar que las fallas y daños que se generan en las losas, incluso a temprana edad, limitarán su funcionamiento y desempeño, generando mayores costos y plazos para ejecución de reparaciones y mantenimiento, como también restricciones al uso, perjudicando a su vez, los estándares de calidad acordes al uso de la nave industrial (limitación de generación de polvo, interferencias por mayor cantidad de trabajos de reparaciones, accidentes humanos y/o materiales por irregularidades de la superficie de la losa, etc.).

De lo anterior se desprende la importancia del desarrollo de la presente tesis y de las conclusiones y recomendaciones obtenidas, para lo cual se ha considerado los aspectos más trascendentes que influyen en la durabilidad de la losa, que para muchos de los usos requeridos de estas naves (tráfico pesado con llantas rígidas, etc.), el concreto estándar suele ofrecer resistencia muy limitada, resultando necesario incluir elementos complementarios en el diseño, a fin de mejorar las capacidades al impacto y abrasión, para lo cual según la información consultada y muchos proyectos emblemáticos de losas de concreto hidráulico ya ejecutados, en la presente tesis se ha considerado el empleo de endurecedor superficial mineral, comparando sus ventajas en términos de la disminución de fallas y daños generados y consecuentemente, la disminución de costos por reparaciones y mantenimiento anual de las losas.

Finalmente, resulta indispensable contar con personal para dirección técnica y personal obrero capacitado/acreditado para la ejecución de obras de losas de concreto hidráulico o pisos industriales (procedimientos, operación de equipos, manejo de materiales, control de calidad).

En el capítulo I, se describe el planteamiento del problema, acerca del costo de ejecución, reparaciones y mantenimiento anual de losas de concreto hidráulico con y sin endurecedor superficial mineral en naves industriales, también se describen los objetivos generales y específicos.

En el capítulo II, se desarrolla el marco teórico de la investigación, donde se hace referencia a los ámbitos nacionales e internacionales. También, se desarrollan las bases teóricas, desde la definición de concreto hidráulico, el concepto de endurecedores superficiales minerales y de costos y reparaciones anuales de losas de concreto hidráulico, entre otros.

En el capítulo III, se presenta el sistema de hipótesis general y específicas, al igual que la determinación de variables, tomando en cuenta su definición y operacionalización.

En el capítulo IV, se desarrolla el marco metodológico, desde los tipos, niveles, métodos y diseño de investigación, la población, muestra y las técnicas e instrumentos de datos.

En el capítulo V, se desarrolla el Análisis económico de ejecución de losas de concreto hidráulico en naves industriales con y sin endurecedor superficial mineral y su influencia en los costos de reparaciones y mantenimiento anual, donde se dará solución a los problemas general y específicos, objetivos generales y específicos e hipótesis general y específicas.

Luego, se presentan las conclusiones y recomendaciones de la investigación de acuerdo con el planeamiento del problema y los objetivos de la tesis.

Finalmente, se presentan los anexos A, B y C, siendo el primero la matriz de consistencia, el segundo, acciones preventivas para evitar/minimizar la generación de fallas durante la etapa constructiva y/o daños durante la etapa de operación en losas de concreto hidráulico y, por último, se presentarán las hojas técnicas de fabricantes de endurecedores superficiales reconocidos internacionalmente.

# **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA**

## 1.1 Descripción del problema

Un aspecto fundamental para proyectistas y otros profesionales involucrados en el diseño de losas o pisos industriales de concreto hidráulico debe ser el conocimiento de información técnica especializada y actualizada para poder proponer el tipo de pavimento a emplear para cada solución particular de los pisos de distintos proyectos (almacenes, centros de distribución, procesos industriales, centros comerciales, pistas, estacionamientos, etc.), en forma tal de definir en el proyecto la información técnica adecuada para el consecuente proceso de construcción, durante el cual además del empleo de dicha información, el constructor deberá elaborar procedimientos de trabajo especializados, a fin de poder lograr los objetivos en cuanto a calidad, plazos de ejecución y costos, entre otros, para lo cual, también el constructor deberá conocer o contar con asesoría técnica especializada y minimizar la generación de fallas durante la construcción o daños durante la etapa de operación.

Debido a que en los expedientes técnicos (planos, memorias, especificaciones técnicas, presupuestos, etc.) en general, no se precisan aspectos constructivos, es muy importante que previamente a la ejecución de las losas, los constructores elaboren procedimientos escritos de trabajo especializados y específicos a cada proyecto en particular, a fin de definir, planificar, ejecutar y monitorear (controlar la calidad, etc.) las distintas actividades requeridas para tal fin, todo lo cual debe ser realizado por personal que cuente con conocimientos actualizados en diseño y construcción de losas de concreto hidráulico (cabe precisar que la elaboración y/o empleo de procedimientos escritos de trabajo corresponden a lineamientos o recomendaciones de los sistemas de gestión de calidad y otros que se emplean en la actualidad, la recomendación es que deben de ser especializados y específicos para cada proyecto (condiciones climáticas, ubicación geográfica, calidad, plazos de ejecución, costos, etc., por ejemplo, para el caso específico de losas de concreto hidráulico con endurecedores, para el proceso constructivo se debe definir la colocación de concreto en función de aspectos técnicos como los equipos



disponibles (vaciado en franjas o vaciado en bloques y la secuencia correspondiente, etc.), como también, para la ejecución se deben tener en cuenta las condiciones climáticas, los plazos programados y de entrega de obra, todo lo cual es de manejo del constructor y debe plasmarse en un procedimiento de trabajo.

Se debe considerar que las fallas generadas en losas de concreto hidráulico, algunas de las cuales podrían ser reparadas durante la ejecución de la obra y otras no, pues podrían aparecer terminada la construcción, lo que sumado a las solicitaciones propias del uso de la losa (circulación de vehículos, como montacargas, estocas, cargas de racks o estantería metálica, cargas apoyadas directamente sobre la losa concentradas o distribuidas, etc.), producirán mayores daños durante la etapa de operación, con los consecuentes mayores costos y plazos de reparación, de mantenimiento y operativos (limitaciones en el funcionamiento de las actividades propias de cada usuario) en perjuicio del propietario.

Lo anterior, se puede apreciar en distinta bibliografía o información técnica, como se puede citar al Manual de diseño de pisos industriales del ICH de (Salsilli, 2017), donde también se indica que, “Es frecuente que profesionales y/o proyectistas involucrados en los diseños de este tipo de infraestructuras no conozcan cabalmente las diferentes tecnologías que existen y que permitan entregar una adecuada solución de pavimento para un piso” (Salsilli, 2017, pág. 11), por lo cual, además de posibles fallas durante el proceso de construcción, se atribuiría el sustento a los daños generados en distintas obras de losas de concreto hidráulico en nuestro medio y en el exterior, de ejecución anterior y también recientes, incluso en obras de gran complejidad/calidad.

(Argos, 2010) , menciona que, aún con los mejores diseños de pisos y una adecuada construcción, es normal esperar cierta clase de agrietamiento y ondulación de las losas en cada proyecto.

ACI 302 IR-04 (2006), indica que, para espaciamientos máximos de juntas de hasta 5.5 m., se han presentado buenos comportamientos con presencia de 0% y 3% del área de losas fisuradas.

## 1.2 Formulación del problema

### 1.2.1 Problema General

¿Cuál es el costo de ejecución, reparaciones y mantenimiento anual de losas de concreto hidráulico con y sin endurecedor superficial mineral en naves industriales?

### 1.2.2 Problemas Específicos

- a) ¿Cuál es la diferencia de costo de ejecución de losas de concreto hidráulico con y sin endurecedor superficial mineral, considerando condiciones climáticas desfavorables de temperatura ambiente y velocidad del viento?
- b) ¿Cuál es la diferencia de costo referencial de las reparaciones y mantenimiento anual de fallas generadas por impacto y abrasión de losas de concreto estándar con y sin endurecedor superficial mineral?

### 1.2.3 Importancia y Justificación del Estudio

La importancia de la presente tesis radica en determinar y resaltar las características y componentes de las losas de concreto hidráulico con y sin endurecedor superficial mineral que tienen mayor impacto en los costos de ejecución, reparaciones y mantenimiento anual, en forma tal que sirva como referencia para la ejecución de trabajos similares y se tenga especial cuidado en su tratamiento, para consecuentemente, mejorar el desempeño y prolongar la vida útil de las losas.

La mejora en el desempeño de la losa disminuirá los costos y plazos de ejecución para trabajos de reparaciones y mantenimiento anual y los tiempos improductivos por restricciones operativas en las áreas donde se realicen dichos trabajos, lo cual corresponde a las exigencias de calidad requeridas en muchas de estas instalaciones (evitar desprendimiento de polvo, daños en la superficie de losa y juntas, posibles accidentes humanos y daño a la propiedad privada, por irregularidades superficiales, caída de pallets y/o vuelco de montacargas, daños a las llantas de montacargas y otros vehículos, etc.), lo que a su vez, generará mayor rendimiento o utilidades operativas al propietario.

Finalmente, reforzar el uso de información técnica actual y elaboración/empleo de P.E.T específicos para construcción de losas de concreto hidráulico con

endurecedor superficial mineral, con los cuales se mejoran las principales características requeridas durante el uso de éstas (impacto y abrasión), como también motivar a que más profesionales y constructoras se especialicen en la ejecución de este tipo de obras.

### 1.3 Limitaciones del Estudio

El plazo definido para la realización de la presente tesis representa la principal limitación (desde el 22/06/20 hasta el 15/12/20), periodo durante el cual, se ha planificado desarrollar lo indicado en el ítem de objetivos específicos (ver ítem 1.4.2).

Adicional a ello, las limitaciones para adquirir información referida a ejecución, reparaciones y mantenimiento anual de losas de concreto hidráulico en naves industriales, pues constituye información de gestión interna privada, la cual no es de libre acceso, sin embargo, se ha recabado información de este tipo de obras en naves industriales del Centro de Distribución de Ransa (operador logístico) en la Av. Néstor Gambeta – Callao.

### 1.4 Objetivos

#### 1.4.1 Objetivo General

Determinar el costo de ejecución, reparaciones y mantenimiento anual de losas de concreto hidráulico con y sin endurecedor superficial mineral en naves industriales, en base a investigaciones bibliográficas, normativa vigente, hojas técnicas de fabricantes y a la descripción de trabajos realizados en losas de concreto hidráulico ya ejecutadas.

#### 1.4.2 Objetivos Específicos

- a) Determinar la diferencia de costo de ejecución de losas de concreto hidráulico con y sin endurecedor superficial mineral, considerando condiciones climáticas desfavorables de temperatura ambiente y velocidad del viento.
- b) Determinar la diferencia de costo referencial de las reparaciones y mantenimiento anual de fallas generadas por impacto y abrasión de losas de concreto estándar con y sin endurecedor superficial mineral.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1 Marco Histórico (Antecedentes)

Villalaz (2009) explicó:

Que es probable que la primera persona en diseñar un pavimento rígido de concreto hidráulico haya sido el Ingeniero Clifford Older, cuyo análisis afirmaba que el pavimento era una estructura la cual podía resistir determinadas cargas y que su punto crítico lo conformaba la esquina. En cuanto al diseño del pavimento rígido tomaba en consideración la resistencia de la losa mas no tomaba en cuenta la reacción de la subrasante. Posterior a este antecedente el análisis matemático del Dr. H.M. Westgaard, quien fue el que estudió los procesos provocados por las cargas de las ruedas en las esquinas y en el centro de la losa, la cual ha sido mayormente aceptado. (pp. 359-361).

Según Involucra S.L.,

Las primeras naves industriales se construyeron tras la Revolución Industrial, evento que tuvo lugar en Gran Bretaña entre los años 1760 y 1840, y ello supuso una enorme transformación del estilo de vida de la sociedad de esas épocas. Los materiales que se utilizaban para la edificación de centros de distribución eran piedra y vigas de madera. Conforme iba evolucionando la industria, se empezaron a tener en cuenta otros aspectos tales como la iluminación y la calefacción a la hora de construir la nave como factores clave de la edificación de las mismas. En la actualidad, los centros de distribución se construyen en sitios especializados y que estén autorizados para ello, tales espacios designados al uso industrial reciben la autorización de los ayuntamientos y administraciones públicas, con especificaciones que deben cumplir durante su construcción.

Una de las primeras referencias con las que se cuenta, acerca de los pavimentos industriales aparece recogida en la revista del Instituto Americano del Concreto, en los años 30. Tomando como punto de partida una caracterización física convencional (permeabilidad, densidad, resistencia a la penetración de agua), los estudios experimentales en pavimentos industriales se orientaron en criterios de durabilidad, evaluando el comportamiento que se presente frente a la abrasión, resistencia a los productos químicos y a impacto. (*García Hernández, 2008*)

En cuanto al ámbito nacional en el año 1950, con la finalidad de ampliar sus actividades se construye el primer almacén del Callao a través de la empresa Ransa S.A., brindando servicio de operador de carga nacional e internacional, participando principal y activamente en el rubro naviero de terminal de almacenamiento y transporte.

En el año 1983 la empresa Ransa S.A. construye los primeros almacenes para productos hidrobiológicos del Perú destinados a rubro de logística refrigerada la cual fue creada para ofrecer servicios de almacenamiento y/o procesamiento de productos refrigerados y congelados, el tipo de piso construido fue un pavimento de concreto hidráulico. (Ransa, 2015)

En cuanto a la infraestructura, se construyó una losa de concreto hidráulico de 38.156.98 m<sup>2</sup> con paños de 35 m x 35 m y el cerramiento fue de estructura metálica liviana.

## 2.2 Investigaciones relacionadas con el tema

En esta sección, se revisarán trabajos previos relacionados con el tema en desarrollo, ya sean guías, manuales, información técnica especializada, libros, artículos de investigación o tesis presentadas. Para el desarrollo de la presente tesis se cuenta con 05 manuales, 02 guías, 10 investigaciones internacionales, 08 nacionales y 20 artículos de investigación.

### 2.2.1 En el ámbito nacional

(Benites Sánchez, 2005) (Comparación de pisos de concreto para uso de almacenamiento con y sin aplicación de endurecedor superficial.), quien señala que, su tesis es un aporte para desarrollar conocimientos en la construcción de pistas de concreto, comparando pisos de concreto para almacenamiento, con aplicación de endurecedor superficial MASTERCRON FF y sin aplicación de éste, las aplicaciones toman como referencia las obras de la sede de Maestro Home Center, ubicado en San Miguel y la Planta de la Cervecería Ambev Perú, ubicada en Huachipa. Muestra los procesos constructivos que forman parte de la construcción de pisos de concreto para almacenamiento, teniendo en cuenta que los pisos de ambas obras realizan la misma función. Estos pisos fueron construidos de acuerdo con las especificaciones técnicas que se indicaban en el proyecto, se siguieron diferentes pautas en sus procesos, pero se mantuvieron los

objetivos. Se desarrollan diversos mecanismos innovadores para lograr resultados satisfactorios en el acabado final de los pisos de las 02 obras, basándose en el marco teórico y Norma ACI 302.1 R. Las comparaciones se realizan tanto a nivel de procesos constructivos como a nivel de costos, las cuales se plasman en este informe.

(Sinche, 2005) (Procedimiento constructivo y control de calidad del concreto en la construcción de losas con aplicación de un endurecedor de superficie Mastercron FF. ), quien comenta que su investigación pretende ser una guía práctica para el proceso constructivo y control de calidad durante la colocación de concreto en losas sobre terreno, losas colaborantes y aplicación de endurecedor superficial Mastercron FF en estos tipos de losas y a su vez, muestra información relativa a la construcción de losas de concreto hidráulico en edificaciones comerciales. Menciona también que su tesis es aplicable a la construcción de pisos y losas de concreto hechos con cemento Portland Tipo I convencional y del tipo premezclado. Comenta, además, que el éxito para obtener una losa de concreto de buena calidad va a depender en gran medida de las proporciones de dicha mezcla, técnicas de acabado de superficie empleado y se debe tener en consideración los aspectos críticos para conseguir acabados deseados y la tolerancia de superficie de losas que se requiere. También depende de la coordinación anticipada antes que inicie la construcción, por parte de los ingenieros encargados del proyecto con los contratistas, subcontratistas, proveedores de materiales y equipos, se recomienda llevar a cabo reuniones pre-construcción para establecer procedimientos que permitan a los participantes involucrados producir el mejor producto final posible de acuerdo con el diseño aprobado por el cliente o propietario. Las reuniones de pre-construcción deberán confirmar y documentar las responsabilidades y la interacción anticipada de los participantes directos involucrados en la construcción de losas. Se debe de tomar en cuenta los siguientes temas a tratar en las reuniones de pre-construcción: 1. Preparación de las condiciones del sitio. 2. Pendientes para drenaje adecuadas (de requerirse). 3. Instalación de materiales para protección tales como: barreras de vapor, aislamientos térmicos. 4. Clase de losa a obtener.

(Chumpitaz, F. J. & Nava, C. A., 2019) (Proceso constructivo de una losa industrial de concreto hidráulico con fibras de acero y sus beneficios obtenidos en su ejecución en un centro de distribución.), en su trabajo tienen como principal objetivo exponer un análisis sobre el proceso de construcción de una losa industrial realizada con fibras de acero, su finalidad es demostrar los beneficios que se obtuvieron en la construcción para el centro de distribución Saga Falabella ubicado en el distrito de Lurín. Los autores se enfocaron en el análisis del proceso constructivo de uno de los elementos principales de los centros de distribución de alta eficiencia, como lo es una losa superplana de gran panel. La construcción de una losa industrial de concreto hidráulico con mallas de acero y paños de pequeñas dimensiones es una de las más comunes, aunque, se planteó colocar en la mezcla fibras de acero con el fin de optimizar costos y tiempo de colocación, asimismo, añadieron un aditivo de retracción compensada, el cual brinda la posibilidad de obtener paños de concreto de hasta 40x40 mts. Se menciona el proceso constructivo de la losa desde la preparación del terreno hasta el acabado final de la losa industrial, donde se destacan las etapas de: encofrado, colocación, vibrado, reglado y nivelado del concreto, así como la corrección de niveles con check road, nivelación de losa para planimetría, alisado o pulido final, curado, sellado de juntas y lavado de losas de centro de distribución.

### 2.2.2 En el ámbito internacional

(García Hernández, 2008) (Desarrollo y análisis de pavimentos industriales desde el punto de vista del acabado superficial. Universidad de Cantabria.), en su investigación, el autor realizó una comparación cualitativa y cuantitativa entre los acabados superficiales para pavimentos de hormigón más utilizados en la actualidad, con el objetivo de estudiar las mejoras que supone su incorporación. Para conseguir esos resultados, el autor necesitó una muestra de 6 pavimentos experimentales, todos con acabados diferentes. El autor eligió el tipo de ensayo en función a las principales fallas que sufren los pavimentos: impacto, abrasión y ataque químico. Otros ensayos que realizó incluían características como la densidad o la penetración de agua en el hormigón, con la finalidad de determinar la influencia del pulido superficial. Como conclusión, el autor explicó que, un pavimento industrial de concreto que sufrirá fuertes agresiones deberá estar

pulido, debido a que, en el pavimento regleteado, solo se obtuvieron resultados óptimos en el ensayo de resistencia al impacto, sin embargo, en la mayoría de las ocasiones la abrasión y el impacto van de la mano y en el caso de la abrasión, el pavimento regleteado tuvo los resultados más deficientes. Por otra parte, de los resultados de los ensayos, concluyó que el pavimento industrial únicamente pulido sin incorporar endurecedor superficial, pese a tener unas mejores características que el pavimento regleteado, es el que presentó las peores características con respecto al resto de acabados, excepto en el caso del impacto, como se indicó anteriormente.

(Sepulveda, 2006) (Construcción de pavimentos industriales superplanas para bodegas de almacenamiento con estanterías de gran altura (Tesis de pregrado).), presenta los pasos correctos a seguir para llevar a cabo el proceso constructivo de un pavimento industrial con losas súper planas y que a su vez, se enfoque para la construcción de bodegas de almacenamiento u otros centros de distribución de dimensiones considerables, en donde se va a hacer uso de estanterías altas, dejando un espacio para los camiones montacargas, grúas, apiladores, etc. El uso de recursos humanos y recursos materiales calificados cumplen un rol fundamental en el óptimo proceso de construcción de este tipo de pisos y lo relevante que es para los clientes contar con esta superficie. En el caso de las losas súper planas, la principal característica es asegurar un suave rodado de los camiones de montacargas que operan en estos almacenes, ya que, al contar con estanterías altas, un movimiento brusco del suelo puede causar, que se caigan los objetos que estén encima. Por ello, para no ocasionar una desviación sustancial, no debe contar con diferencias mínimas de elevación a lo largo de la superficie por debajo de las ruedas de los camiones. La desigualdad de la superficie del almacén, además, puede producir que los camiones montacargas vayan a un ritmo más lento en los pasillos, lo cual tendría un efecto negativo sobre la productividad.

(Fernández Larrauri, 2012) (Reciclado en frío de pavimentos flexibles, con el uso de emulsiones asfálticas catiónicas), indica que su investigación es acerca de salas de ordeña que presentan falencias de desgaste superficial y agrietamiento, los cuales se atribuyen a las condiciones de uso propias del rubro, a esto se suma que existe despreocupación o desconocimiento acerca de la



importancia de construir un piso de hormigón duradero y definitivo y, sobre todo, de cómo elaborarlo adecuadamente. Se utilizó diferente normativa que indica la forma correcta de diseñar y elaborar un piso resistente a las condiciones de uso presentes en una sala de ordeña. Además, el mercado chileno ofrece productos aditivos, adiciones y endurecedores superficiales, que utilizados en una mezcla de hormigón diseñada y elaborada correctamente puede dar como resultado un pavimento industrial alta resistencia.

## 2.3 Obras de construcción de losas de concreto hidráulico

### 2.3.1 En el Sector Público

#### a) Centro de almacén y distribución-CADI

Es la unidad funcional que garantiza actividades como la recepción, almacenamiento y distribución de los recursos médicos y sanitarios a las instituciones y organismos públicos anexados al Ministerio de Salud o al Instituto de Gestión de Servicios de salud, a los Gobiernos Regionales y otras entidades que correspondan. El almacén se ubica en la Provincia Constitucional del Callao y se encarga de garantizar la calidad y conservación (temperatura, ambiente y humedad) durante la distribución de los productos. Dicho almacén tiene un área total de 910 m<sup>2</sup>, con una capacidad de almacenar hasta 720 m<sup>3</sup> ([MINSAL], 2020)

#### b) Proyecto de ampliación del terminal portuario del Callao

El terminal portuario del Callao actualmente trabaja en la aplicación y adquisición de equipos portuarios para la zona sur del terminal, esta instalación ha sido contemplada en la adenda N°2 del contrato de concesión. Dicho documento fue suscrito el día 27 de febrero del 2020 por el Estado peruano por medio del ministerio de transportes y comunicaciones representado por la autoridad portuaria nacional. Éste último se especializa en el desarrollo del sistema portuario nacional. Su presidente de directorio, Edgar Patiño, estableció el diseño, la construcción y el financiamiento de la ampliación de esta, que presenta una inversión de 300 millones de dólares. El Ministro de Transportes y Comunicaciones, Carlos Lozada, sostiene que esta inversión se asocia a un plan de desarrollo logístico para todo el país y que presenta una mirada integral. La

obra se divide en tres sub-fases, la primera, amplía el muelle de 650 a 960 m. como mínimo, esto incrementa gran área total del terminal, que pasará de 27.6 a 30.3 ha. Asimismo, se instalarán los equipos portuarios con 02 apiladores de contenedores llenos y 02 vacíos, 06 tractos de terminal e igual número de tráiler de terminal. El plazo de ejecución de esta sub-fase es de 02 años. Por otro lado, la sub-fase 2B inicia cuando se haya rebasado 1.5 millones de TEUS, es decir, contenedores de 20 pies y la tercera sub-fase, inicia al añadir otros 1.65 millones de TEUS, estas 02 últimas etapas tienen una duración de 540 días cada una, se implementarán 02 grúas pórtico de muelle y 06 grúas de patio. Se destaca que dicho terminal, desde el inicio de operaciones en mayo de 2010, ha movilizó un total de 12 millones de TEUS. Con estas acciones, el MTC mantiene su compromiso de formar un sistema portuario nacional desarrollado competitivo e integrado para fortalecer el comercio exterior nacional y así dinamizar la economía peruana, por consiguiente, mejorar la calidad de vida de todos los ciudadanos (Revista Perú Construye, 2020).

c) Proyecto de Ampliación y Modernización de la Refinería de Talara (PMRT),

Con la finalidad de incrementar el patrón de producción hacia productos de mayor valor, y aumentar la capacidad de procesar y el nivel de conversión de crudos pesados e incluso favorecer el autoabastecimiento de energía eléctrica, desde junio del año 2014 Petróleos del Perú – PETROPERÚ S.A. viene desarrollando el Proyecto de Ampliación y Modernización de la Refinería de Talara (PMRT), ubicada en la costa noroeste del Perú, en la ciudad de Talara, Provincia de Talara. El PMRT es un megaproyecto que implica la construcción de nuevas instalaciones estructurales. Una de ellas supone la construcción de una nave industrial la cual será destinada para el nuevo laboratorio de la Refinería de Talara. Se planificó la construcción de dicho edificio de laboratorio, en reemplazo del actual, el cual ha sido construido fuera de las áreas de procesos de la Refinería, estando proyectado un espacio tanto para el laboratorio existente como para el nuevo laboratorio requerido para las pruebas de las nuevas unidades de la Refinería ampliada.

El sistema de construcción del laboratorio es el aporticado, cuenta con 2 niveles y tanto en las divisiones como en la fachada se utilizó tabiquería de Drywall Gyplac, en la azotea cuenta con un techo de estructura metálica a 2 aguas, en cuanto al piso cuenta con un pavimento de concreto hidráulico.

El área total que ocupará el nuevo laboratorio es de aprox. de 1,200 m<sup>2</sup>, y está alejado de las zonas que podrían ser impactadas, en el caso más extremo por una explosión, por lo que el edificio cuenta con sistemas de seguridad que permiten proteger al personal.

Dicha ampliación convertirá a la Refinería de Talara como la infraestructura energética más grande del país. (Revista Perú Construye, pp.40-53, 2016)

### 2.3.2 En el Sector Privado

#### a) Proyecto MacrOpolis,

MacrOpolis es la primera ciudad industrial de Perú que se construyó sobre 980 ha y se encuentra en Lurín, al sur de Lima, además, fue construido por el grupo inmobiliario Centenario. Rodrigo Arróspide, quien es gerente central de dicho inmobiliario, indica que MacrOpolis ofrece soluciones a las grandes compañías y especifica que esta ciudad ha sido diseñada para satisfacer las necesidades de las principales industrias del país. En mayo de 2016, se iniciaron las primeras construcciones preliminares para desarrollar este proyecto y la inversión era de alrededor 34 millones. Por otro lado, en las principales ciudades de Latinoamérica, como Santiago de Chile y México DF, ya se estaban desarrollando estos tipos de ciudades industriales. Este plan inició para descongestionar las plantas industriales que se encuentran en zonas como la avenida Argentina, Cercado de Lima o en el distrito de Chorrillos, hacia zonas más periféricas. Por consiguiente, Lurín logró ser una zona adecuada para instalar este proyecto por 02 factores, el primero es porque no está tan alejado de Lima y el segundo es la importancia de su zona de influencia, donde residen aproximadamente 600,000 ciudadanos y que ya cuenta con servicios básicos como agua, electricidad y diversos comercios.

Víctor Albuquerque, director de análisis sectorial de apoyo consultoría, señala que las zonas industriales tradicionales que están en Lima, generan una serie de

problemas actualmente, como la imposibilidad de ampliarse, la congestión vehicular, la seguridad, etc. Por ende, migrar estas áreas industriales a zonas más periféricas, sería lo más conveniente. Este proceso de migración debe desarrollarse de manera ordenada, por ello es que el proyecto MacrOpolis se volvió muy atractivo para las empresas. Lo relevante de este proyecto es la excelente acogida que ha tenido por parte de los inversionistas, además de que ha generado un gran interés dentro de la comunidad empresarial e industrial. El ejecutivo informa que, en marzo de 2016, se logró vender el 59% de la primera etapa, lo que ya representa el 18% de los ingresos de la inmobiliaria Centenario en el año 2015, por otro lado, esta Ciudad Industrial cuenta con 16 clientes, de los cuales 09 son de sectores diferentes al industrial, como lo son Saga Falabella, Ransa, AC Capitales, entre otras. MacrOpolis inició operaciones el primer semestre del 2016 (Comercio, 2016)

b) Centro de Distribución Saga Falabella

Inaugurado en noviembre del 2017, demandó una inversión de US\$ 38 millones. Ubicado en la Ciudad Industrial Macrópolis, y con un área construida de 38,000 m<sup>2</sup> sobre una superficie de casi 100 mil m<sup>2</sup>, el nuevo Centro de Distribución cuenta con un moderno diseño y equipamiento electrónico que permite reducir el consumo de energía, agua y sus emisiones ambientales. Por esas características ecoamigables, será el primer centro logístico del Perú en recibir la Certificación LEED (Leadership in Energy & Environmental Design), que acredita su sostenibilidad ambiental.

En cuanto a la infraestructura, se construyó una losa de concreto hidráulico de 38.156.98 m<sup>2</sup> con paños de 35 m x 35 m y el cerramiento fue de estructura metálica liviana.

## 2.4 Estructura teórica y científica que sustenta el estudio

### 2.4.1 Concreto hidráulico

#### 2.4.1.1 Definición de concreto hidráulico

El concreto hidráulico “es una combinación de cemento Pórtland, agregados pétreos, agua y en ocasiones aditivos, que resultan en una mezcla moldeable que al fraguar forma un elemento rígido y resistente”. (Sociedad de Comunicaciones y Transporte de México, 2004, p. 1)

#### 2.4.1.2 Componentes

##### a) Cemento Portland:

Cementos La Nacional (2018), indica que el Cemento Portland está diseñado para la utilización en cualquier tipo de estructuras, como las obras de concreto estructural, infraestructura vial, industrial minera e incluso, en la construcción de viviendas que no cuenten con algún requerimiento específico. Está constituido por adecuadas proporciones de clinker y yeso, ambas materias primas que cumplen con los estándares de calidad y con las exigencias mínimas que sean especificadas según la Norma Técnica Peruana 334.009 y el ASTM C-150.

Tipos, usos y características del Cemento Portland.

- Cemento Portland Tipo I

Este tipo de cemento se usa en trabajos de albañilería que no requieren ningún tipo de propiedad o especificaciones especiales, así que su uso es general y común. Su uso y aplicaciones se pueden dar en concreto en clima frío, pavimentos, cimentaciones etc.

- Cemento Portland tipo II

Este cemento tiene la propiedad de resistir el ataque de los sulfatos, por lo que se recomienda su aplicación en ambientes más agresivos. Los sulfatos son sustancias que por lo general aparecen en aguas subterráneas o en aguas de los subsuelos y cuando logran tener contacto con el concreto, por lo general, lo deterioran.

- Cemento Portland tipo III

Este cemento desarrolla la resistencia de manera más rápida, por lo que se recomienda su empleo cuando se desea adelantar el proceso de desencofrado. Al fraguar genera alto calor, por lo que se puede aplicar en climas fríos.

- Cemento Portland tipo IV

Este cemento produce bajo calor, por lo que se recomienda en los vaciados de grandes volúmenes de concreto, como las presas por gravedad, donde al subir la temperatura derivada del calor generado durante el endurecimiento, va a ser minimizada.

- Cemento Portland Tipo V

Este cemento tiene propiedades de alta resistencia al ataque de sales, por lo que se recomienda su aplicación en ambientes salinos, sus aplicaciones se pueden dar en alcantarillados que estén en contacto con suelo, aguas subterráneas, también en obras de puertos que están expuestos al mar, piscinas o a los acueductos.

Como se expone, hay diferentes tipos de Cemento Portland, pero es importante recalcar que los cementos Tipo III y IV, no son fabricados actualmente en nuestro país.

b) Agua

El agua es la materia prima para la confección y el curado del concreto y hormigón. Este elemento, así como los otros ingredientes para elaboración de concreto, debe cumplir con determinadas normas de calidad, estas pueden variar por el país o por el tipo de cemento que se va a utilizar para la construcción. Las principales características que debe presentar este elemento son, que debe encontrarse limpio, fresco hasta donde sea posible, no debe contener nada de óleos, ni ácidos ni sulfatos de magnesio, ni sodio ni calcio (estos llamados también como álcalis blandos) y no debe mantener materias orgánicas ni lodo o cualquier otra sustancia dañina.

c) Agregado fino:

Concreto SuperMix (2017), señala que el agregado fino es la fracción que pasa por el tamiz de 4.75 m. Este proviene de arenas naturales o de la

trituration de rocas, gravas y escorias siderúrgicas. La arena triturada no puede sobrepasar el 30% del agregado fino.

d) Agregado grueso:

Concreto SuperMix (2017), señala que el agregado grueso es la porción retenida en el tamiz 4.75 mm. Este agregado debe proceder de la trituración de roca y grava o una combinación de ambas y sus fragmentos deben estar pulcros, resistentes y durables, no debe exceder de partículas planas ni alargadas ni blandas o desintegrables. Deberá estar libre de polvo, terrones de arcillas o cualquier otra sustancia que afecte directamente la calidad de la mezcla.

#### 2.4.1.3 Preparación del concreto en planta

Para esta tesis se considera concreto premezclado preparado en planta.

1. El cemento y el agregado grueso son colocados en la planta de hornada a través de un sistema de transporte y desciende en las respectivas tolvas de alimentación.
2. Los compuestos mencionados en el ítem anterior son colocados en una tolva pequeña con una balanza para determinar el peso de los materiales. Cuando se obtiene la cantidad correcta dentro de la tolva de pesado, la computadora detiene el proceso de alimentación.
3. A continuación, estos materiales descienden en la mezcladora, donde junto con una correcta cantidad de agua, son mezclados hasta obtener una mezcla homogénea.
4. Finalmente, el concreto es descargado en los camiones agitadores debajo del cabezal de espera. Dicho camión, con su tanque de almacenamiento giratorio, permite al concreto mantener su fluidez por un plazo máximo de una hora, previniendo que el cemento no endurezca prematuramente.

#### 2.4.1.4 Curado del concreto

El curado, según el ACI 308R, es el proceso por el cual el concreto elaborado con cemento hidráulico madura y endurece con el tiempo, como

resultado de la hidratación continua del cemento en presencia de suficiente cantidad de agua y de calor.

Esta definición pone de manifiesto dos cosas importantes: el cemento requiere de cierta cantidad de agua para hidratarse (en promedio 25% de la masa de cemento), sin embargo, para garantizar en toda la mezcla de concreto, disponibilidad de agua de hidratación para el cemento es conveniente contar con una cantidad mayor, ya que la hidratación sólo es posible en un espacio saturado. Esto no es un inconveniente ya que aún un concreto de baja relación agua/cemento, por ejemplo 0.45, tiene un 80% de agua por encima de lo requerido por el cemento para hidratarse, sin embargo, la prematura desecación del concreto puede reducir el agua en la mezcla, especialmente en elementos laminares, a niveles donde la hidratación será incompleta.

En la medida en que haya suficiente agua el cemento continuará hidratándose hasta que todos los espacios de poros disponibles se vean colmados con los productos de hidratación o hasta que no haya más cemento para hidratar.

#### 2.4.1.5 Aditivos del concreto hidráulico

Los aditivos son sustancias químicas que se añaden al concreto durante la mezcla, esto con la finalidad de modificar algunas de las propiedades de este. Sin embargo, no se deben considerar jamás como un sustituto de un buen diseño de mezcla, de una adecuada mano de obra o de un correcto uso de materiales. Los usualmente utilizados son:

##### a) Plastificantes

Los aditivos plastificantes se basan en compuestos orgánicos, logran mejorar los diseños de concreto y además disminuyen la necesidad de contar con agua y cemento para lograr las propiedades necesarias para la construcción (Sika, 2016).

##### b) Retardantes

De la misma forma que los plastificantes, estos aditivos son muy pocos usados en la construcción, aunque si se tiene tiempos de transportes muy



largos, si el ambiente cuenta con una temperatura alta o en todo caso, se trata de disminuir el calor de hidratación en el concreto, como es el caso de los concretos masivos, entonces se puede hacer uso de retardantes aislados o en dosis de forma individual, ya que esto va a permitir controlar los tiempos de fraguado (Sika, 2016).

c) Acelerantes

La tasa de hidratación del cemento, es decir, la velocidad en que reacciona el ransfe al hacer contacto con el agua, se puede modificar añadiendo ligeras cantidades de sustancias químicas en la mezcla. Esta sustancia aumenta la cantidad de hidratos que nacen para una edad determinada, surgiendo un efecto de aceleramiento general en el proceso. Por consiguiente, los acelerantes se añaden a la mezcla del concreto, mortero o la pasta el cemento, para disminuir el tiempo de fraguado y asimismo aumentar la resistencia temprana. (Sika, 2016)

d) Incorporadores de Aire

Estos aditivos incorporadores de aire provocan la disminución de la tensión superficial del agua, esto provoca que haya mayor facilidad para formar esferas de aire, disminuyendo la energía para originar superficies de contacto aire-agua. El rol de estos aditivos es estabilizar estas esferas de aire que pueden estar atrapadas en turbulencias que son provocadas por las palas de la mezcladora. (Sika, 2016)

#### 2.4.1.6 Otros materiales del concreto

a) Endurecedores superficiales

Se utilizan para incrementar la resistencia del concreto al impacto y a la abrasión, por lo que son de gran trascendencia para distintos usos (losas para distribución y almacenaje, planta de producción, cámaras frigoríficas, tránsito definido, salas de ventas, pisos decorativos, cargas peligrosas, etc.).

Según la distinta documentación técnica consultada, los principales tipos de endurecedores son: para aplicación antes del fraguado inicial del concreto (monolítico con la losa) en base a agregados metálicos y agregados minerales, endurecedores para aplicación posterior, concreto

endurecido (pavimentos de dos capas) o para losas existentes que requieren mejorar sus características de impacto y abrasión (endurecedores líquidos o densificadores).

En la presente tesis se desarrolla la aplicación de endurecedores superficiales en capas monolíticas con la losa de concreto o base, en los cuales dicha base se ejecuta con un concreto convencional, mientras que la capa superior (acabado superficial) se realiza con un mortero de mejor calidad que se tiende sobre la losa de hormigón en estado fresco y que luego se incrusta/pule para dotar al conjunto de mejores características que la losa de hormigón de base.

b) Endurecedores superficiales en base a agregado mineral

Utiliza agregado mineral especialmente graduado y dimensionado que, al espolvorearse y acabarse sobre concreto fresco, recién nivelado, y flotado, mejora la resistencia a la abrasión de los pisos de concreto.

Características:

- Aumenta la resistencia a abrasión
- Disponible en formulaciones de alta reflectancia
- Produce una superficie de alta densidad
- Color integral
- Reduce el desgaste superficial y el desprendimiento de polvo

Beneficios:

- Hasta 02 veces mayor vida en servicio del concreto normal
- Reduce los costos de energía
- Resistente a la penetración de líquidos y fácil de limpiar
- Elimina el costo de pintar el piso periódicamente
- Reduce los costos constantes de mantenimiento y reparación

#### Usos Recomendados:

- Áreas donde se requiera de un piso de concreto atractivo y coloreado para mejorar la apariencia
- Donde sea necesario aumentar la resistencia al desgaste para pisos con tráfico liviano a moderado
- Áreas de servicio ligero a moderado donde el tráfico y el desgaste no requieran de un endurecedor superficial con agregado metálico.
- Sobre concreto fresco, recién nivelado y flotado
- Almacenes y áreas de almacenamiento
- Pisos institucionales y comerciales
- Centros comerciales
- Escuelas
- Teatros
- Garajes de estacionamiento

#### c) Curadores de concreto

Z Aditivos (2018), indica que, este tipo de aditivos se utiliza para evitar que el agua del concreto escape fuera de él. Al ser aplicados, forman una película sobre la superficie del concreto que actúa como una capa que inhibe la salida del vapor. De esta forma, la mezcla puede absorber el agua correctamente hasta que el concreto haya secado por completo.

#### d) Puente de adherencia

Sika (2016), indica que, es un producto que mejora la adherencia de morteros, yesos o escayolas a soportes que, bien por su baja porosidad o bien por el paso del tiempo, no tienen una correcta capacidad de adhesión. Su uso está pensado como imprimación o capa de adherencia entre hormigón liso o superficies de poca absorción superficial, como placas cerámicas o granito; y los morteros, yesos o escayolas que se apliquen sobre los mismos.

e) Adhesivo epóxico

Los adhesivos epoxicos son un componente que puede presentarse de 02 formas, 100% sólidos o en presentación líquida y libre de solventes, su función es servir como adhesivo para el concreto endurecido fresco, evitando juntas frías. Es decir, para anexar materiales como el acero, la madera, concreto endurecido, vidrio entre otros.

f) Grouting

Sika (2016), indica que, es un material compuesto generalmente por agua, cemento y arena. Se utiliza típicamente para rellenar los huecos bajo las máquinas u otros elementos estructurales, sellar juntas y aperturas en las superficies y reforzar las estructuras existentes.

#### 2.4.1.7 Fraguado del concreto

El fraguado es el proceso donde el hormigón se endurece y pierde plasticidad. Esto es producido por la desecación y recristalización de los hidróxidos metálicos que son propios de la reacción química que se genera cuando el agua es amasada con el transfer. Este procedimiento se realiza en encofrados para su moldeado adecuado.

#### 2.4.1.8 Fraguado inicial del concreto

El concreto se puede considerar como un sistema de 03 fases: agua, partículas sólidas y aire. Inmediatamente luego de la mezclaz del agua con el cemento, las partículas sólidas se encuentran desconectadas o conectadas, siendo que el concreto tiene un comportamiento de un líquido viscoplástico, su resistencia última es función de la fracción de volumen de sólidos. En este instante, las partículas pueden ser consideradas como completamente aisladas; resultando que en una escala de 0 a 1, la conectividad o percolación de los poros del hormigón será 1. Es decir, los capilares se encuentran completamente conectados. Conforme avanza hidratación, las partículas de cemento construyen puentes entre ellas (percolan), incrementando progresivamente la fracción volumétrica de sólidos e interrumpiendo la porosidad capilar, la cual se encuentra rellena de agua. Estos puentes contruidos por los productos de hidratación son considerablemente más fuertes que las fuerzas interparticulares que generan que floculen, existiendo

un instante en el que la resistencia de la masa crece más rápidamente que la fracción volumétrica de sólidos, formando así, el esqueleto sólido del concreto.

El fraguado inicial precisa el instante en el que la masa ha adquirido tanta rigidez que no puede ser vibrado sin dañar su estructura interna. Por lo que, conocer el comportamiento de fraguado del hormigón es primordial para programar los tiempos de acabado de la losa.

El tiempo de inicio del fraguado se define como el tiempo en el que la masa deja de ser un líquido para convertirse en un sólido. Antes del fraguado, las presiones son hidrostáticas, siendo el tiempo de inicio de fraguado el instante en que las presiones laterales en el concreto se vuelven cero. Otro enfoque, puede ser estudiar el fraguado como un proceso de percolación con las partículas de cemento interconectadas o percoladas por los productos de hidratación. El grado crítico de percolación; es decir, el momento en que la masa deja de ser un líquido para convertirse en un sólido es del 16% de las partículas conectadas.

El tiempo de fraguado del concreto y del mortero se determina mediante un ensayo de resistencia a la penetración. Según la norma ASTM C403, el tiempo de inicio de fraguado o fraguado inicial se define como el tiempo transcurrido entre el contacto inicial del agua y el cemento hasta que la resistencia a la penetración del mortero usando el tamiz N° 4 es de 3.5 MPa y de 27.6 MPa para los tiempos de inicio y final de fraguado, respectivamente.

El fraguado del concreto dependerá de la resistencia a la penetración en la pasta de cemento en un momento dado y de los factores que afecten el nivel de conectividad entre partículas y vacíos, como lo es su consistencia.

El método más usado para determinar el fraguado de la pasta de cemento es el método de la aguja de Vicat, según la norma UNE 83-311 86, en el que se describe cómo en una muestra de cemento hecha con suficiente agua para tener consistencia normal, el inicio y el final de fraguado se miden a partir

de la penetración de una aguja de 1mm de diámetro con una longitud de 50 mm y un peso de 300 g.

#### 2.4.1.9 Resistencia a la compresión

Es el esfuerzo máximo que soporta un material bajo una carga de aplastamiento. La resistencia a la compresión de un material que falla debido a la rotura de una fractura se define en límites bastante ajustados, como una propiedad independiente. Sin embargo, la resistencia a la compresión de los materiales que no se rompen en la compresión se define como la cantidad de esfuerzo necesario para deformar el material una cantidad arbitraria. La resistencia a la compresión se calcula dividiendo la carga máxima por el área transversal original de una probeta en un ensayo de compresión.

#### 2.4.1.10 Resistencia a la tracción

Es una forma de comportamiento de gran trascendencia para el diseño y control de calidad en todo tipo de obras y en especial de pavimentación. Sin embargo, como los métodos de ensayo a la tracción aparecen de manera tardía, en la década de los 50, la resistencia a la compresión mantiene su hegemonía como indicador de la calidad, principalmente por el largo tiempo de aplicación que ha permitido acumular experiencia.

Inicialmente la determinación de la resistencia a la tracción del concreto se efectuó por ensayos de flexotracción. Posteriormente, se han desarrollado 02 métodos de prueba conocidos como ensayos de tracción directa por hendimiento, también denominado de compresión diametral.

#### 2.4.1.11 Resistencia a la flexotracción, Módulo de rotura (MR)

Es una medida de la resistencia a la tracción del concreto (hormigón) y de la resistencia a la falla por momento de una viga o losa de concreto no reforzada. Se debe medir con la aplicación de cargas a vigas de concreto de 6 x 6 pulgadas (150 x 150 mm.) de sección transversal y con luz de 03 veces el espesor como mínimo. Se expresa como el Módulo de Rotura en libras por pulgada cuadrada (MPa) y es determinada mediante los métodos de ensayo ASTM C78 (cargada en los puntos tercios) o ASTM C293.

El Módulo de Rotura (MR) es casi del 10% al 20% de la resistencia a la compresión, dependiendo del tipo, dimensiones y volumen del agregado grueso utilizado, no obstante, la mejor correlación para los materiales específicos se obtiene mediante ensayos de laboratorio para los materiales dados y el diseño de mezcla. El MR determinado por la viga cargada en los puntos tercios es más bajo que el módulo de rotura determinado por la viga cargada en el punto medio, en algunas ocasiones puede llegar al 15%.

#### 2.4.1.12 Resistencia al impacto

En solados o pisos de tránsito no exclusivamente peatonal y/o vehicular, para uso comercial (grandes superficies) o uso industrial, las losas suelen estar sometidas a cargas de impactos (caída de objetos). Un ensayo que evalúe el comportamiento ante esta sollicitación mecánica que genera fisuras e incluso, escamaduras, brindará información respecto a su durabilidad en dichas condiciones de trabajo.

Según La norma EN 14411, se establece esta característica como opcional para el fabricante, se mide mediante el coeficiente de restitución, magnitud adimensional que indica la energía perdida en el rebote de una esfera de acero sobre la superficie, ya adherida a una losa de concreto, que, restando la energía perdida en el rozamiento con el aire y la deformación de la bola de acero, debe ser atribuida a la deformación de la superficie.

Adjunto a la norma EN 14411, el anexo P (informativo) recomienda un valor mínimo de 0.55 losas con bajas exigencias mecánicas, los ingleses recomiendan valores de 0.70 para losas de exigencias mecánicas medias y de 0.85 en losas de altas exigencias, los franceses cuentan con 02 ensayos específicos (impacto pesado e impacto ligero) para losas del tipo UGL y GL, respectivamente.

El ensayo a la resistencia al impacto según ISO 10545-5 relaciona la resistencia al impacto con el coeficiente de restitución, el cual se define como el cociente entre la velocidad de partida (de rebote) luego del impacto y la velocidad de la esfera en el momento de impactar.

Si se desprecian los rozamientos y la deformación propia de la esfera y se aplica la ecuación de la cinemática correspondiente a la conversión de la energía potencial (esfera a 1 m. de altura de la superficie de la baldosa o losa), en energía cinética al momento del impacto, se deduce la definición del coeficiente de restitución como la raíz cuadrada de la altura alcanzada por la bola en el rebote, lo que se mide en el ensayo (o midiendo el tiempo entre 02 rebotes consecutivos).

Los pasos para seguir durante el ensayo son:

1. La losa de concreto deberá estar endurecida
2. Luego, se deja caer una bola de acero de 19 mm. de diámetro desde una altura de 1 m.
3. Contabilizar el tiempo que transcurre entre el primer y segundo impacto sobre la losa y se calcula mediante fórmula la altura que se alcanza en el rebote, con ella calcular el coeficiente de restitución
4. El coeficiente de restitución (adimensional) se representa con la letra “e”, el resultado del ensayo debe describir los efectos sobre la superficie de la losa:
5. Un coeficiente de restitución próximo a 1 indica que casi no se ha perdido energía en la losa, consecuentemente no se producirá deterioro (tratándose de un material rígido, la deformación será por lo menos la generación de fisuras).
6. Un coeficiente de restitución menor de 0.5 significa que más de la mitad de la energía en el rebote se ha perdido en la deformación de la superficie de la losa.

El coeficiente de restitución definido como una magnitud adimensional que brinda información de la energía perdida durante el choque elástico entre una bola de acero y la superficie vista de losa, siendo aproximadamente constantes las energías perdidas por rozamiento con el aire y por la leve deformación de la bola de acero se deduce que la energía perdida por la bola durante el primer rebote se transfiere al sistema de la losa de concreto, alterando su estructura y generando una onda de choque.



Para deducir dicha energía transferida se emplean principios elementales de mecánica, tomando en referencia el plano de la losa, toda la energía potencial de la bola de acero situada a 1 m. de altura sobre dicho plano teórico, se convertirá en energía cinética, medida por la velocidad de la bola en el momento de impactar contra la losa, energía perdida en el rozamiento con el aire y energía transferida al impacto elástico entre los 02 cuerpos, si despreciamos el rozamiento del aire respecto a la energía perdida en el choque se tendrá:

1. Momento inicial antes de soltar la bola a 1 m. de altura:  $E_p = mgh_1$ , siendo  $m$ , la masa de la bola,  $g$ , la aceleración de la gravedad y  $h_1$ , la altura inicial (1 m.)
2. Momento del impacto sobre el plano de la losa, la energía potencial se transforma en cinética (despreciando el rozamiento con el aire).  $E_p = mgh_1 = 1/2mv^2$ , siendo  $v$ , la velocidad de la bola al momento del impacto, de lo cual se obtiene  $v = (2gh_1)^{1/2}$
3. La energía cinética se transformará en el primer rebote en:
  - a) Energía potencial en la posición 3,  $E_p = mgh_2$
  - b) Energía transferida al sistema durante el impacto

Denotando por  $V_R$  la velocidad inicial de la bola en el rebote luego del impacto, la energía cinética de la bola será:  $E_c = 1/2mv_R^2$ , despreciando siempre el rozamiento con el aire, dicha energía cinética se transformará otra vez en energía potencial en el punto más alto de la trayectoria 3, en dicho instante y posición ( $h_2$ ), su velocidad será nula e iniciará el descenso hacia el segundo impacto con la losa:

$$1/2mv_R^2 = mgh_2, \text{ de donde se obtiene } V_R = (2gh_2)^{1/2}$$

Definido el coeficiente de restitución como magnitud adimensional, que cuantifica la pérdida de energía en el impacto, se calculará como el cociente entre la energía cinética de la bola de acero tras el impacto (momento inicial del rebote  $2mv_R^2$ ) y la energía cinética antes del mismo ( $2mv^2$ ).

$$e = (1/2mv_R^2) / (1/2mv^2) = h_2/h_1$$

Siendo  $h_1 = 1$  m, midiendo  $h_2$  durante el ensayo (en metros), se obtendría directamente el coeficiente de restitución.

El método de ensayo contemplado en la norma ISO 10545-5: 1998 define el coeficiente de restitución como el cociente entre las velocidades después del impacto y antes del impacto, con lo que

$$c = v_R/v = (h_2/h_1)^{1/2}$$

En forma práctica se mide el tiempo transcurrido entre el primer impacto y el segundo, luego del primer rebote, empleando ecuaciones de cinemática:

$$h_2 = 1/2gt^2$$

Pues, en la posición más alta del rebote, la velocidad de la bola es cero y donde  $t$  = la mitad del tiempo transcurrido entre los 02 impactos que forma el primer rebote

Si calculamos dicho tiempo entre los primeros 02 impactos consecutivos con un sistema automático que percibiendo el sonido de 02 impactos active y desactive un cronómetro, se tendrá:

$$h_2 = 1/2gt^2 = 1/2 \times 9.8 \times (T/2)^2 = 1.226T^2 \text{ (m)} = 122.6T^2 \text{ (cm)}$$

La fórmula propuesta por el ensayo según ISO 10545-5 1998, el coeficiente de restitución se calcula con:

$$e = (h_2/h_1)^{1/2} = (1.226T^2/h_1)$$

y siendo que  $h_1 = 1$  m

$$e = (h_2)^{1/2} = (1.226T^2)^{1/2} = 1.11 \times T$$

$T$  = tiempo transcurrido entre los 02 primeros impactos

El coeficiente de restitución se encuentra en un rango definido por 02 valores teóricos límites:

$e = 0$ , en cuyo caso no hay choque elástico, la bola queda incrustada en la baldosa y toda la energía que almacenaba cuando estaba a 1 m. de altura respecto al plano de la losa (energía potencial) se transforma en:

- a) Energía empleada en vencer el rozamiento con el aire (energía disipada)
- b) Energía empleada en modificar la estructura del cuerpo y la bola de acero

$e = 1$ , toda la energía potencial inicial se transforma en energía cinética luego del impacto sin pérdidas por el rozamiento por el aire ni durante el choque

Consecuentemente, mientras más nos acerquemos a  $e = 1$ , más seguridad tendremos que la losa impactada apenas habrá sufrido deformación con el choque

Según trabajos de investigación, se obtienen coeficientes de restitución de 0.91 a 0.93 empleando bolas de acero de diámetro 19 mm. sobre losas BI<sub>a</sub> UGL, de espesores entre 8 y 16.5 mm. Con bolas de 31.5 mm. se obtienen coeficientes de restitución de 0.76 a 0.82 para el mismo tipo de losas.

El análisis visual luego del impacto es fundamental para garantizar el buen comportamiento en el tiempo de la losa, cualquier microfisuración superficial (incluso fisuras no contempladas en la norma) supone deterioro irreversible del pavimento

#### 2.4.1.13 Resistencia a la abrasión

Según ACI 201.2R-01, se define la resistencia a la abrasión como la capacidad de una superficie para resistir el desgaste por frotamiento y

fricción, como resultado del uso de losas o pisos de concreto, estos pueden sufrir daño por abrasión, resultando que es una característica relevante.

En general, la abrasión no constituye una consideración estructural, pero la generación de polvo debida al desgaste por abrasión puede resultar muy perjudicial para algunos servicios específicos (almacenaje de productos estériles, equipos electrónicos, etc.).

Existen varios tipos de abrasión y los ensayos para determinar su valor son específicos a cada uno de ellos (abrasión en pisos y losas de concreto, en superficies viales, en estructuras hidráulicas, etc.).

a) Abrasión en pisos y losas de concreto:

En la tabla 1 (Tabla 2.1, ACI 302.1R), define los tipos de desgaste y muestra consideraciones especiales para obtener una buena resistencia a la abrasión.

Los ensayos de resistencia a la abrasión también pueden efectuarse de acuerdo con la norma UNE-EN 1338. Se lleva a cabo con una rueda de acero de 200 mm de diámetro y 70 mm de anchura, que gira a 75 r.p.m. y que está en contacto con la muestra a estudiar. La fuerza entre la rueda y la muestra viene dada por el peso de una plomada que cuelga libremente. Durante este proceso, el abrasivo se dejaba caer entre la rueda y la muestra. La velocidad de descarga de abrasivo es de 2.5 l/min y la duración total del ensayo era de 02 minutos. Se colocan dos transductores en el carrito, de forma tal que se puede medir sus movimientos en el tiempo, que se correspondían con la profundidad de penetración en el pavimento. La señal analógica proveniente de los comparadores se convierte a señal numérica usando una tarjeta rápida de adquisición de datos, cuya frecuencia es de 1 kHz.

Según la norma ASTM C 779, se tienen 03 procedimientos para evaluar las superficies de los pisos: Procedimiento A, con discos giratorios (Schuman y Tucker 1939), Procedimiento B, ruedas abrasivas y Procedimiento C, rodamientos de bolas.

Prior (1966), mencionó que el método más confiable es el que emplea discos giratorios.

Es importante la reproducibilidad de los ensayos de abrasión al momento de seleccionar el método de ensayo, se deben reproducir los resultados y no utilizar datos obtenidos a partir de una única probeta.

El estado de una superficie de concreto, el empleo de agregados que sufren abrasión durante el ensayo y el cuidado con que se eligen las muestras son aspectos que afectarán los resultados del ensayo.

Para definir límites de la resistencia a la abrasión del concreto, se deben emplear valores relativos basados en resultados de ensayos que permitan inferir el comportamiento de la losa de concreto en condiciones de servicio.

Dentro de los aspectos que influyen en la resistencia a la abrasión del concreto, la cual es un fenómeno progresivo, inicialmente está muy relacionada con la resistencia a la compresión en la superficie de desgaste, siendo la mejor forma de expresar el desgaste de un piso es en función a esta resistencia. Conforme la pasta se desgasta, los agregados (gruesos y finos) quedan expuestos, los impactos y abrasión generarán una degradación adicional de la losa relacionada con la resistencia de adherencia existente entre la pasta y los agregados y la dureza de éstos últimos.

Considerando que la abrasión de una losa se presenta en la superficie, es prioritario mejorar la resistencia superficial, lo cual se puede lograr empleando mezclas para espolvorear en seco y capas de acabado, técnicas de acabado y procedimientos de curado adecuados.

Además de los resultados obtenidos en los ensayos de compresión de probetas cilíndricas, se debe tener especial cuidado en la instalación y terminado de la superficie de la losa (Kettle y Sadegzadeh, 1987).

Para un diseño de mezcla determinado de concreto, la resistencia a la compresión de la superficie se mejora:

1. Se debe evitar la segregación de componentes
2. Se debe eliminar la exudación
3. Planificando una adecuada secuencia para el acabado
4. Minimizando y controlando la relación a/c superficial, evitando adicionar agua a la superficie para trabajos de acabado
5. Realizando el acabado superficial o fratasado con herramientas o equipos duros
6. Utilizando procedimientos adecuados para el curado

Un diseño de mezcla económico para obtener mayor resistencia a la compresión implica considerar una relación a/c mínima y agregados de tamaño adecuado.

Se debe tener en cuenta la calidad de los agregados en la superficie de la losa. El periodo de vida útil de algunos concretos como podrían ser los empleados en pisos de almacenes sujetos a desgaste por abrasión por tráfico pesado con llantas rígidas se incrementa considerablemente si se emplean agregados más fuertes o resistentes.

Los productos o agregados especiales se pueden incorporar a la superficie de la losa mediante espolvoreo en seco o como componentes de una capa de acabado de alta resistencia (pavimentos de concreto bicapa o tricapa), en los casos en que las condiciones de servicio generan que la resistencia a la abrasión rija el diseño se deben incluir agregados de cuarzo, trapa o esmeril (endurecedores minerales) de alta calidad y adecuadamente dosificados, con el cemento puede aumentar la resistencia a la abrasión, mejorando también la resistencia a la compresión en la superficie de la losa. Para incrementar aún más la resistencia a la abrasión y la vida útil de la losa, se puede utilizar una mezcla de agregados metálicos y cemento (endurecedores metálicos).

El uso de losas de 02 capas (bicapa), con 01 capa superficial de acabado de alta resistencia, se aplica a las losas en las cuales la abrasión e impacto generan efectos destructivos en la superficie. Aún cuando puedan proveer gran resistencia a la abrasión, las losas bicapa son en general, más costosas y su empleo se justifica en los casos en los que es necesario considerar los

impactos, pudiéndose lograr mayor resistencia a ellos empleando 01 capa de acabado que contenga cemento portland y agregados metálicos.

El curado es uno de los aspectos trascendentales para obtener una superficie transitable satisfactoria (Prior, 1966).

Algunas medidas para obtener superficies de concreto resistente a la abrasión son:

- a) Baja relación a/c superficial, para la mezcla de concreto se deben emplear aditivos reductores de agua, dosificación en forma tal de eliminar o atenuar la exudación, planificar el terminado de la losa de manera de evitar que se adicione agua durante el fratasado, una buena alternativa puede ser la deshidratación al vacío
- b) Gradación adecuada del agregado fino y el agregado grueso (según ASTM C 33), el tamaño máximo del agregado grueso se debe elegir en forma de optimizar la trabajabilidad y minimizar el contenido de agua
- c) Emplear el menor asentamiento consistente con una adecuada colocación y compactación, tal como lo indica el ACI 309 R, dosificación de la mezcla según el asentamiento y la resistencia requerida
- d) El contenido de aire debe ser acorde a las condiciones de exposición. Para losas interiores no expuestas a congelamiento y deshielo, es recomendable que el contenido de aire sea menor igual que 3%
- e) Los altos contenidos de aire pueden generar aparición de ampollas si el terminado de la losa no se realiza en el momento correcto. No se debe emplear aire incorporado cuando se utilicen mezclas para espolvorear en seco (endurecedores), a menos que se tengan especiales cuidados

## 2.4.2 Equipos para construcción de pisos y losas de concreto hidráulico

### 2.4.2.1 Regla vibratoria

Revista Perú Construye (2018), indica que, es un equipo que trabaja con un motor que permite la vibración de este para nivelar, compactar y desaparecer las burbujas que se puedan generar en el concreto de forma rápida y poder lograr buenos resultados. Así, esta herramienta de vibrado multifuncional trabaja intensamente en la construcción de pisos y nivelación de losas de concreto, con el cual, de acuerdo con determinado uso de regla, se consiguen acabados rústicos o finos, según la necesidad del proyecto.

El diseño compacto y ligero de las reglas vibratoras es especial para abarcar superficies de grandes longitudes, característica que la convierte en una herramienta útil en proyectos a diferentes escalas, fácil de maniobrar y poco complicada de trasladar (ver figura N°1).



Figura N°1: Regla vibratoria

Fuente: (Edipesa, 2018), Catálogo de reglas vibratorias.

### 2.4.2.2 Vibradores manuales de aguja

Esta es una herramienta que brinda los impulsos de compresión al concreto, esto a su vez, reduce la fricción que se genera entre las partículas de sus componentes. Como resultado, estas partículas se ubican en posiciones más cercanas entre ellas, por su propio peso y por los movimientos rotatorios que se les aplica (ver Figura 10).





Figura N°2: Vibrador manual de aguja

Fuente: (Maquinarias, 2020), Vibradores de concreto, la guía definitiva.

#### 2.4.2.3 Cortadora de concreto

Renthal Machinery & Services (2020), señala que, si bien existen múltiples maneras de generar la junta de un piso de concreto, para crear la junta de un piso industrial se debe hacer mediante el corte con disco, para luego ser sellado. Esto se debe al uso esperado del piso y además, a los esfuerzos que sean ejercidos por las ruedas diminutas de los montacargas a los bordes de las juntas. Existen cortadoras de gasolina o eléctricas, por otro lado, los discos de corte pueden ser de diamantes o abrasivos. Hoy en día, los dos tipos de corte que tienen mayor uso son el corte convencional húmedo y el corte temprano en seco.

El corte temprano en seco se debe utilizar cuando se quiera formar juntas desde el inicio. Estas juntas se forman usando discos impregnados de diamante, el corte que se obtiene no es tan profundo como el corte en el proceso convencional. La profundidad máxima que se puede lograr es de 32 mm (1 ¼). Los beneficios del corte temprano son que las juntas se forman ya desde el inicio y esto permite que se desarrollen esfuerzos de tensión significativos en el concreto y asimismo, que se forme la grieta en la junta cuando se desarrollen los esfuerzos suficientes. Sin embargo, se debe tener sumo cuidado y evitar que no se interrumpa el corte cuando pase por un agregado grueso. El agregado grueso también debe ser aserrado, para que la junta trabaje correctamente.



Figura N°3: Cortadora de concreto de ransfer

Fuente: (Services, 2018), Uso de la cortadora de concreto y asfalto.

#### 2.4.2.4 Cortadora de concreto manual

(Prodiamco, 2020), indica que esta cortadora de trabajo portátil se usa más que nada para cortar ciertos materiales, a través del movimiento rotatorio de un disco abrasivo.

Existen actualmente tres tipos de cortadoras las cuales son:

- Fresadora de hormigón: para realizar cortes en el hormigón.
- Tronzadora: para cortar barras de metal.
- Rozadora: para realizar surcos en el hormigón.

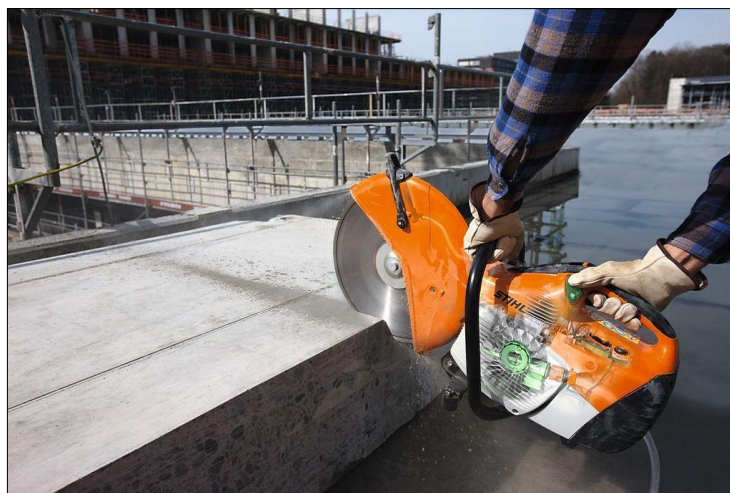


Figura N° 4: Cortadora de concreto manual

(Prodiamco, 2020), Productos diamantados de Colombia.

#### 2.4.2.5 Alisadores o helicópteros

Construtech (2010), explica que, el alisador o helicóptero se usa para generar superficies que nos permitan gastar menos en materiales de masillado y lograr superficies aptas para los diferentes tipos de recubrimientos, tales como el paleteado, cerámica, tabloncillo, alfombra etc. El cemento pulido es la técnica clásica, consiste en enrasar la superficie del suelo mediante la aplicación de una capa de mortero, sobre esta capa se añade polvo mientras está fresco para darle color, además de un preparado que está hecho a base de cuarzo y otros aditivos, para que posteriormente todo sea pulimentado con una máquina denominada alisador o helicóptero.



Figura N°5: Alisador o helicóptero

Fuente: (Maquinarias, 2020), Catálogo de alisadoras.

#### 2.4.3 Juntas

##### 2.4.3.1 Definición de juntas

Las juntas en una losa de concreto tienen como finalidad permitir que el concreto se mueva y evitar las fisuras irregulares que se producen como consecuencia de asentamientos, retracción del concreto, cambios de temperatura y esfuerzos debidos a cargas aplicadas.

Hay tres tipos de juntas: juntas de dilatación o aislamiento, juntas de contracción y juntas de construcción.

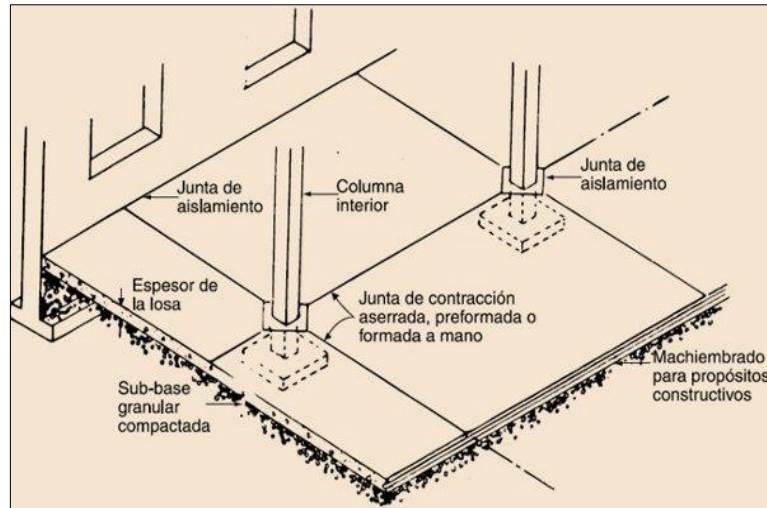


Figura N°6: Juntas

Fuente: (Maguiña, 2020)

Revitalízate Grupo Empresarial (2012), señala que existe la posibilidad de que los pisos se agrieten de forma aleatoria, esto se debe a que es inevitable que haya contracciones por enfriamiento o por secado. Se hace uso de las juntas de acero de refuerzo y de fibras para controlar el agrietamiento plástico. Asimismo, se pueden usar para los sistemas de postensado, esto para controlar la aparición de grietas.

#### 2.4.3.2 Tipos de juntas

##### a) Juntas de dilatación

El Instituto del cemento Pórtland argentino (2012), indica que este tipo de junta se utiliza para independizar el movimiento de tramos de losas, debido a incrementos de temperatura formados por la interacción de un material de relleno comprensible en toda la profundidad de la junta, es decir, todo el peralte de la losa, estas juntas contienen dispositivos para el traspaso de carga. Asimismo, estas producen la separación de la losa en 02 partes. Por otro lado, para la expansión del concreto, se debe tener una abertura lo suficientemente grande para evitar que haya otra deformación o combadura indeseable. Esta abertura se debe sellar con un material comprimible, esto evitará que la junta se atore con tierra y por lo tanto, se vuelva ineficaz. Para obtener impermeabilidad, se debe instalar a través de la junta una barrera flexible. Por otro lado, si lo que se desea es transferencia de carga, se deben

sumergir espigas entre las partes separadas por la junta. Los extremos que se deslizan de las espigas se deben colocar sobre una protección metálica que se ajuste de forma precisa, dejando un espacio prudente para la expansión del concreto, este espacio debe estar por lo menos 1/4 más largo que el ancho de la junta.

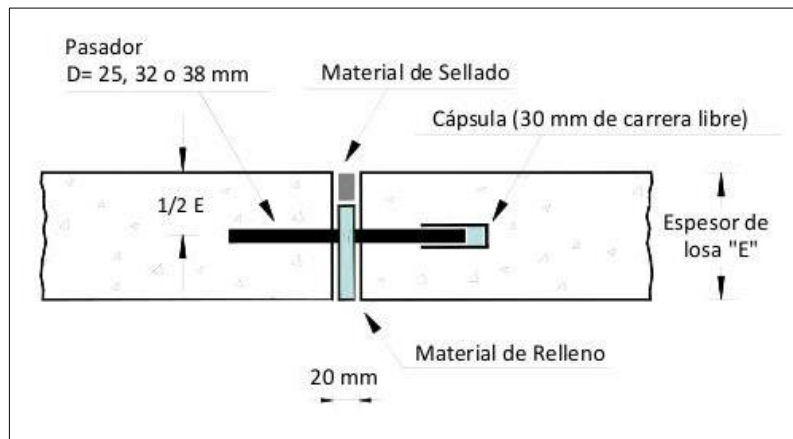


Figura N°7: Juntas de dilatación

Fuente: (Curso, 2018), Diseño y construcción de juntas (p. 31).

b) Juntas de aislación-dilatación (entre losa y muros, entre losa y columnas, etc.)

(Salsilli, 2017), señala que las juntas de dilatación son utilizadas para independizar los movimientos de la losa, así como los elementos estructurales cercanos. “Estas forman mediante la inserción de un material de relleno compresible entre la losa y un elemento adyacente empotrado” (Salsilli, 2017, pág. 39)

Agrega que, el material debe cubrir toda la profundidad o en todo caso, llegar hasta por debajo de la parte superior de la losa, esto es para lograr la separación y que no llegue a sobresalir por encima de ella. Finalmente, en el mismo pilar a través de la aislación de este con un material compresible y colocando una armadura en la losa en torno al pilar, la mezcla se podrá colocar en una sola etapa.

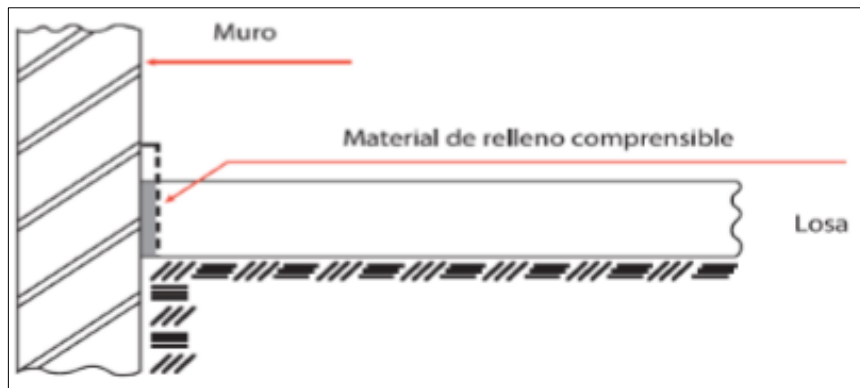


Figura N°8: Juntas de aislamiento en muro

Fuente: (Salsilli, 2017), Manual de diseño de pisos industriales, (p. 39).

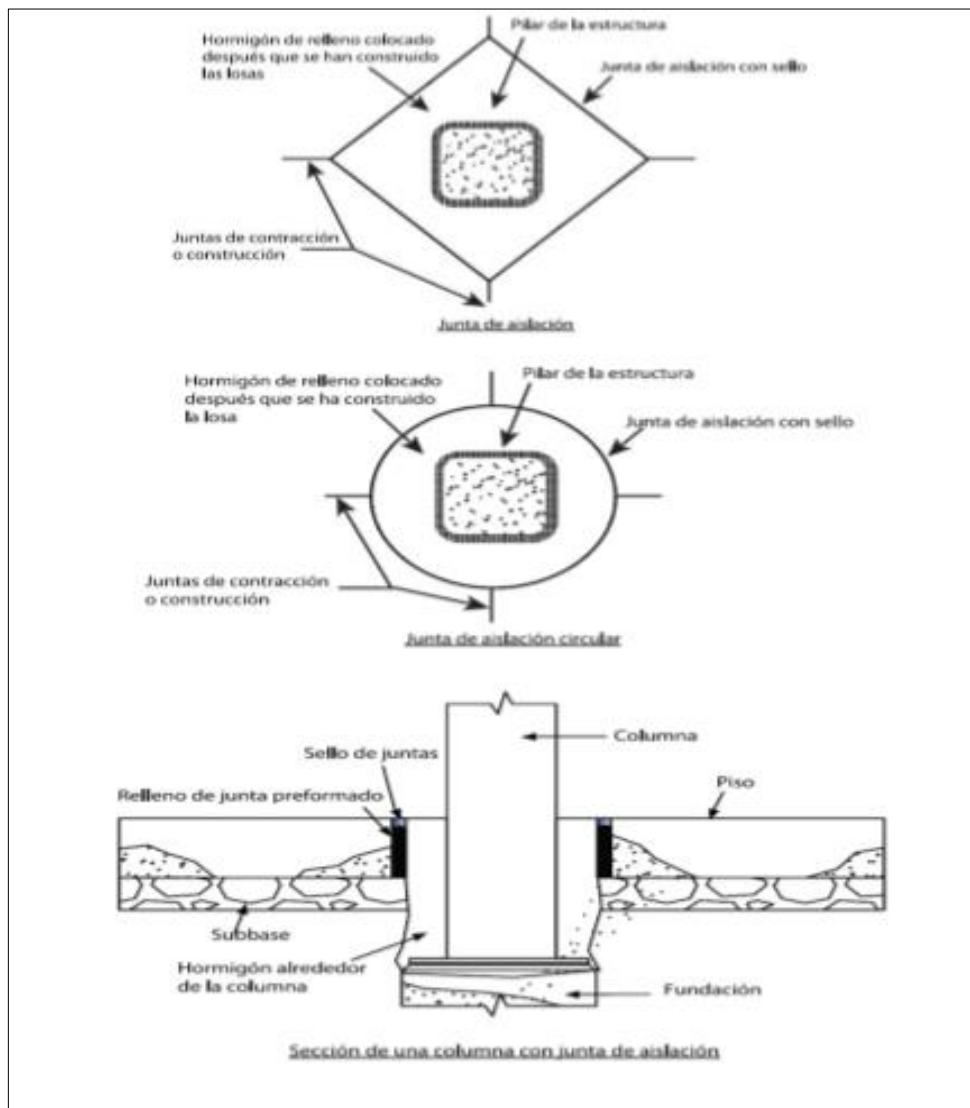


Figura N°9: Juntas de aislamiento en muros y pilares (ACI 360R-10)

Fuente: (Salsilli, 2017)Manual de diseño de pisos industriales, (p. 40)

c) Juntas de contracción

(Salsilli, 2017), indica que, para lograr estas juntas, se debe hacer un corte con una sierra eléctrica en la superficie de la losa a una profundidad de  $1/4$  del espesor de esta última. Asimismo, para formar grietas bajo cada corte que se haga en la superficie, se debe introducir un plano de debilidad en la losa para que se generen las tensiones de atracción en el concreto. Finalmente, las juntas se deben formar en las líneas de pilares, para formar paños que deben ser cuadrados y por razones de longitud y ancho no pueden ser superiores a 1.25. (Ver figura 18).

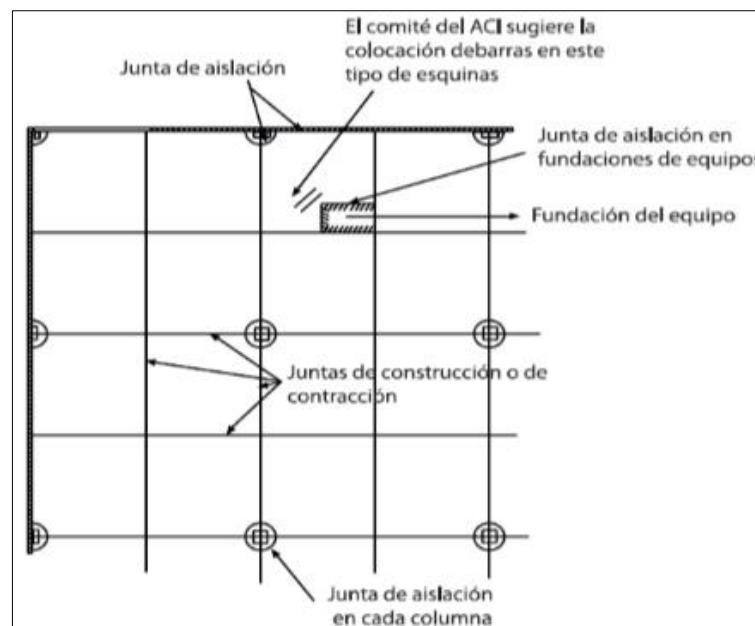


Figura N°10: Ubicaciones apropiadas para las juntas (ACI 360R-10).

Fuente: (Salsilli, 2017) Manual de diseño de pisos industriales, (p. 40).

d) Juntas de construcción

Salsilli (2017), dice que las juntas de construcción deben contener un dispositivo para la transferencia de carga, sobre todo si el uso está contemplado para el paso de equipos de levante o cualquier otro vehículo. Añade que, las juntas de construcción deben estar planeadas, de no ser así, estas no quedarían alineadas con las juntas de contracción. También recomienda que las juntas estén conformadas con barras de acero estriadas y que ambos lados de la losa estén anclados. Además, se debe lograr que la junta forme una unión monolítica, esto se puede lograr a través de un tratamiento superficial. Añade que, en el caso de losas de concreto de retracción compensada, las juntas deben contener elementos

para el traspaso de carga. Esto se debe a que se requiere libertad de movimiento en ambas direcciones del plano, para ello se debe utilizar barras de traspaso de carga de sección cuadrada o del tipo placa. Finalmente, para proteger los bordes se puede agregar un perfil de acero que tenga la función de cantonera. Por consiguiente, los bordes de la losa se verán protegidos al paso de las cargas de los vehículos o ante el paso de ruedas rígidas.

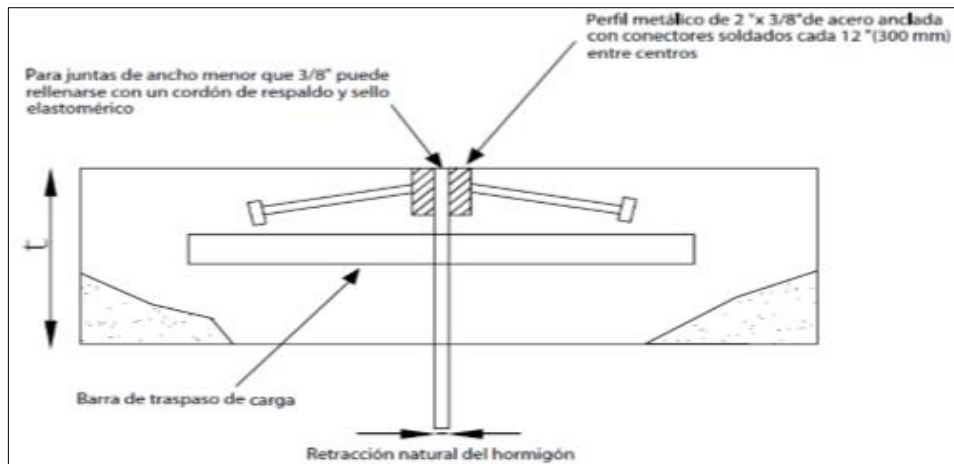


Figura N° 11: Detalle de junta de construcción protegida con cantonera

Fuente: (Salsilli, 2017), Manual de diseño de pisos industriales, (p. 41).

## 2.4.4 Refuerzo para losa

### 2.4.4.1 Acero

Aceros Arequipa (2012), indica que el acero de refuerzo, es decir, la ferralla, se utiliza para reforzar estructuras que estén expuestas a altas cargas. El acero corrugado se incrusta dentro del concreto para que pueda tolerar esfuerzos de tensión, así como de compresión. Según la norma E070, el acero debe cumplir los siguientes requerimientos:

1. La armadura de los elementos de confinamiento debe cumplir con lo estipulado en la Norma Barras De Acero con Resaltes para Concreto Armado (NTP 341.031).
2. Se pueden utilizar barras lisas en estribos y armaduras electrosoldadas solo para refuerzos horizontales. Dicha armadura tiene que cumplir con la Norma de Malla de Alambre de Acero Soldado para Concreto Armado (NTP 350.002).



3. Los elementos de la armadura de confinamiento podrán ser canastillas de barras de acero. Aunque solo se podrá aplicar para edificaciones de dos pisos como máximo o en todo caso para edificaciones que tienen más de 02 pisos, pero su primer piso deberá ser elaborado con la armadura convencional.
4. La armadura de elementos como el arriostre en cercos, tabiques y parapetos también pueden ser mediante canastillas de barras de acero electrosoldadas.

Los aceros de refuerzo se usan en forma de:

- a) Varillas de acero.
- b) Malla de acero soldada.
- c) Anillos de acero.
- d) Alambre de refuerzo.



Figura N°12: Barras de acero corrugado

Fuente: (G&J, 2020), Aceros para la construcción.

#### 2.4.4.2 Refuerzo difundido

- a) Fibras metálicas

Las fibras de acero pueden ser de distintos tipos. Además, sus longitudes pueden oscilar de 0.75 a 2.5” de diámetro, para después ser incorporadas en la mezcla del concreto en el camión mixer. Como resultado, se tendrá una masa homogénea del concreto y se obtendrá una distribución aleatoria del refuerzo, así se obtendrá un refuerzo multidireccional. La fibra de acero aumenta la

dureza, ductilidad, resistencia al impacto y desgaste, todo esto va a depender del tipo de fibra y de la forma en la que se dosifica.

b) Fibras sintéticas

Las fibras sintéticas se añaden al camión mixer para mezclarlas con el concreto fresco, como resultado, se logra obtener una mezcla homogénea con millones de fibras dispersas en la masa. La fibra sintética proporciona un sistema de soporte interno al concreto, por consiguiente, se logrará una exudación más homogénea y así se podrá evitar la segregación de los materiales, asimismo, se reduce el agrietamiento por retracción plástica durante la fase de rigidización y contracción inicial del concreto y así se evita que se presenten microfisuras.

2.4.4.3 Postensado de losa

El Instituto Tecnológico de Querétaro (2013), señala que el postensado es el procedimiento donde los cables de acero se tensan una vez que el concreto ha fraguado. Por otro lado, el presfuerzo es instalar un elemento que esté en estado de compresión, previo a la aplicación de las cargas; el esfuerzo que se desarrolla por el mismo presfuerzo puede presentarse en pretensado o postensado.

El concreto presforzado es estructural, por eso mismo, los esfuerzos internos se inducen para reducir los de tensión, resultantes a la acción de las cargas que van en direcciones opuestas, dependiendo del grado que se desee. Asimismo, mediante la tensión de cables se puede incitar el presfuerzo en el concreto reforzado

2.4.5 Refuerzo para juntas

2.4.5.1 Refuerzo para juntas de dilatación

a) Dowels de barras

Un dowel o pasador es una varilla cilíndrica sólida, generalmente hecha de madera, plástico o metal. En su forma original fabricada, se denomina varilla de clavija. Los dowels a menudo se cortan en longitudes cortas llamadas pasadores de pasador. Los dowels se colocan en contracción

transversal o juntas de construcción de pavimentos de concreto y ayudan a transferir la carga entre las losas individuales. También, permiten el movimiento horizontal de las losas durante la contracción en el período de tiempo después de colocar el pavimento de concreto y en los cambios de temperatura. Además, previenen diferentes movimientos de losas verticales y la aparición de los llamados “pasos” durante la vida útil del pavimento de concreto. Las juntas transversales son puntos críticos en la estructura, cuando las clavijas y el concreto en sí se cargan mediante la combinación de vehículos pesados de alto avance y gradiente de temperatura en la losa. El modelado de estructuras de caminos de pavimento de concreto aporta un valioso conocimiento sobre la carga de estructuras, que se prueba posteriormente mediante mediciones en segmentos de caminos de prueba.



Figura N°13: Juntas de construcción con varillas de refuerzo en encofrado  
Fuente: (Arkiplus, 2018), Dowels en construcción.

b) Dowels de placas

Soluciones en concreto (2016) señala que los dowels tienen como principal objetivo la transferencia de carga en las juntas de los pisos o pavimentos de concreto y brindan una alineación correcta para asegurar el libre movimiento de las losas de concreto. Su sistema se compone en 02 partes, placa de acero y funda.



Figura N°14: Dowels en placas.

Fuente: (Permaban, 2019), Tipos de dowels.

#### 2.4.5.2 Refuerzo para juntas de contracción

##### a) Barras de transferencia

Son las barras de acero instaladas en las juntas de contracción; el objetivo de este procedimiento es dispensar una parte de la carga que requiera una losa vecina. Son puestas de forma que uno de sus extremos quede empotrado, mientras que el otro pueda deslizarse. Su objetivo es dar una mayor eficiencia de la transferencia de carga, al enlazar los trozos vecinos, de modo tal que se distribuya la carga uniformemente. El mejoramiento de la transferencia mejora la estructura del pavimento y reduce el potencial de escalonamiento.

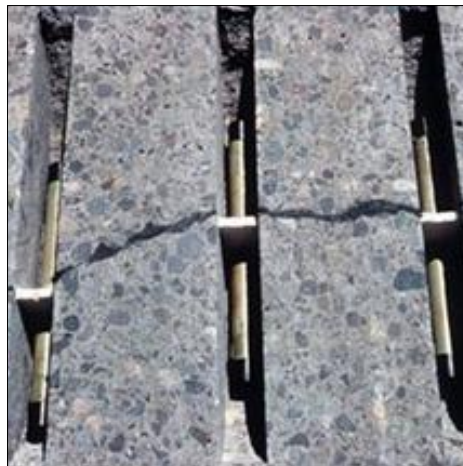


Figura N°15: Barras de transferência

Fuente: Prezi (2020), Barras de transferencia de carga.

### 2.4.5.3 Refuerzo para juntas de construcción

#### a) Barras de acero

Las barras de acero o varillas tienen forma de barra circular, sus diámetros pueden variar dependiendo del diseño o del rol que van a cumplir, como los mencionan en la ASTM (American Society for Testing and Materials o Sociedad Americana de Ensayos y Materiales) o en la NTP (Norma Técnica Peruana).



Figura N°16: Barras de acero.

Fuente: (Arequipa, 2020), Catálogo de acero.

### 2.4.6 Sellado de juntas

Sellar las juntas garantiza durabilidad y resistencia a través de los años, por ello es un proceso relevante dentro de la industria de la construcción. Este proceso previene que se dañe la superficie de la losa por cuestiones ambientales, como lo son la humedad o los cambios drásticos de clima o temperatura. Las juntas, además, evitan el agrietamiento a través de su propiedad de absorción de esfuerzo, que por lo general es producido por los forjados.



Figura N°17: Sellado de juntas.

Fuente: (Probacons, 2017), Sellado de juntas.

#### 2.4.7 Gradiente térmico

Jorge Yela Quijada (2017), menciona que, durante el fraguado del concreto, se pueden presentar deformaciones como el alabeo por gradiente térmico y si no se controla, estos pueden perjudicar a la losa, por ende, se tendría que reparar o en el peor de los casos, reconstruirla. Por otro lado, la temperatura que existe entre la superficie y el fondo de las losas de concreto hidráulico genera deformaciones.

La temperatura en la parte superior de la losa aumenta durante el día, por ello esta parte se expande, mientras que la parte inferior se contrae. No es el caso de las noches cuando la temperatura en la parte superior es menor que la de la parte inferior, por lo tanto, esta última parte se expande mientras que la parte superior se contrae. Por consiguiente, con estos cambios de temperatura lo que se produce son concavidades hacia abajo y hacia arriba respectivamente. Este fenómeno se denomina alabeo por temperatura y puede producir esfuerzos en las esquinas y en los bordes, logrando dejar sin apoyo a la losa, generando fallas que se puedan presentar a temprana edad si no lleva un control adecuado.

El concreto se contrae durante el secado, esto genera que el movimiento ceda libremente y no se logren desarrollar tensiones ni fisuras. Se pueden generar fisuras cuando los esfuerzos de tracción, que se generan de la contracción por secado restringido, superen la resistencia. Además, otra manera de generar fisuras es si las juntas no tienen el espacio adecuado entre ellas y el concreto se restringe para cortarse.

Esto se puede evitar si las juntas tienen espacios con una distancia de 24 a 36 veces el espesor de la losa.

#### 2.4.8 Factores Climáticos

Los factores climáticos tienen impacto en el pavimento. Es el caso de la temperatura que tiene un impacto directo en el pavimento, ya que, puede modificar su rigidez, esto se da porque el termoplástico es un elemento que constituye las capas del pavimento, es decir, si la temperatura aumenta, la rigidez disminuye y viceversa. Esto también se puede observar en mayor grado en las capas de rodadura, ya que generan estados tensionales que son de origen térmico, estos se superponen a los que son generados por la misma acción del tráfico, lo que conlleva a tener una mayor durabilidad de la estructura. Sin embargo, si la

capa se encuentra muy profunda, como en el caso de las capas en base de mezclas asfálticas, las tensiones térmicas no tendrán ningún efecto en los estados tensionales, sólo tendrán influencia en la rigidez.

#### 2.4.9 Contracción/dilatación de losas de concreto hidráulico

La contracción o dilatación es un fenómeno que se da cuando el concreto pierde agua. Cuando el concreto fresco después de ser colocado pierde humedad sin haber desarrollado resistencia, ocurre la contracción plástica. Por otro lado, la dilatación y la contracción térmica son consecuencia de los cambios bruscos de temperatura en el ambiente. Es el caso que durante el día las losas se dilatan o se expanden, mientras que en la noche ocurre lo contrario, es decir, se contraen, lo cual puede conducir a la fisuración de la losa.

#### 2.4.10 Coeficiente de contracción del concreto

Sirve para determinar el espesor de las grietas que se presentan en la losa. La fórmula empleada es:  $(4 \times 10^{-4} \times \text{separación entre juntas})$ . El espesor de grietas debe ser 2 mm. como máximo.

#### 2.4.11 Losas de concreto hidráulico

##### 2.4.11.1 Definición de losas de concreto hidráulico

La losa de concreto hidráulico o el pavimento de concreto es una estructura para el tránsito, ya sea vehicular o peatonal, que se realiza en el terreno de fundación o apoyo de la estructura. Su diseño define la densidad y las cotas del terreno. Para Salsilli (2013), la estructura de un concreto hidráulico consta de una sub-base granular en la cual va el pavimento de hormigón. La losa y la sub-base se ejecutan sobre una subrasante, es decir, una superficie preparada que se encuentra en el mismo suelo de fundación. La capa de la sub-base proporciona una alineada y estable plataforma para continuar con el proceso de construcción del pavimento rígido industrial. Los endurecedores de superficie, también llamados Toppings, que pueden ser de cuarzo o metálicos, se agregan para otorgarles más resistencia al desgaste superficial del suelo que son consecuencia de las cargas a las que se somete la losa.

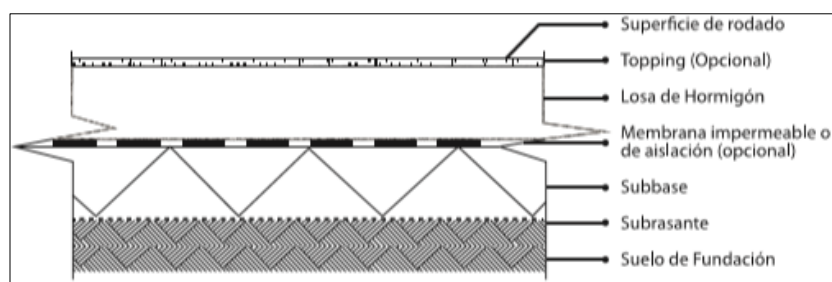


Figura N°18: Elementos de un piso industrial de hormigón.

Fuente: (Salsilli, 2017)), Manual de Diseño de Pisos Industriales

#### 2.4.11.2 Clasificación de pisos de concreto hidráulico

En la tabla 1, se observa la clasificación de los pisos propuestos según ACI 302 (2002). Su clasificación tiene consideraciones especiales y expone las diferentes técnicas de acabado para los diferentes tipos de piso. Los requerimientos de uso que presenta se consideran al escoger las propiedades del concreto. Asimismo, los procedimientos dependerán de la clase de piso que se escoja.

La resistencia al desgaste debe ser considerada. Aunque actualmente, no hay criterios específicos para evaluar esta resistencia, ni tampoco, estimar la calidad del concreto con respecto a la facultad de bregar el desgaste. Sin embargo, el desgaste tiene una relación directa con las proporciones que se da en la mezcla, así como los agregados y la técnica de construcción que se emplea.



Tabla N°1: Clasificación de pisos

CLASE	TIPO DE TRÁNSITO PREVISTO	USO	CONSIDERACIONES ESPECIALES	ACABADO FINAL
1. Una Capa	Superficie expuesta. Tránsito peatonal.	Oficinas, iglesias, comerciales, residenciales.  Decorativos	Acabado uniforme, agregado antideslizante en áreas específicas, curado. Agregado mineral de color, pigmentación de color o agregado expuesto, estampada o patrones de incrustaciones, disposición de junta artística, curado	Acabado normal con llana de acero, terminación antideslizante cuando sea necesario.  Cuando sea necesario.
2. Una Capa	Superficie cubierta. Tránsito peatonal.	Oficinas, iglesias, comerciales, residenciales, institucionales con revestimiento de pisos.	Losas planas y a nivel adecuado para la aplicación de revestimientos, curado. Coordinar las juntas con los revestimientos aplicados.	Acabado ligero con llana de acero.
3. Dos Capas	Superficie expuesta o cubierta. Tránsito peatonal o vehicular liviano.	Recubrimiento adherido o no adherido sobre la losa edificios comerciales o no industriales.	Losa Base – tolerancia superficial uniforme, curado. Recubrimiento no adherido – espesor mínimos 75mm, reforzado, curado. Recubrimiento adherido – agregados apropiadamente dimensionados, espesor mínimo 19mm, curado	Losa Base – Acabado con llana bajo cubierta no adherida; limpia superficie texturada bajo cubierta adherida. Cubierta para superficie expuesta, acabado con llana de acero normal. Para superficie cubierta, acabado ligero con llana de acero.
4. Una Capa	Superficie expuesta o cubierta. Tránsito peatonal o vehicular liviano	Institucional o comercial	Losas planas y niveladas adecuadamente para la colocación de revestimientos, agregado antideslizante para áreas específicas, curado. Coordinar las juntas con los revestimientos aplicados	Acabado normal con helicóptero.
CLASE	TIPO DE TRÁNSITO PREVISTO	USO	CONSIDERACIONES ESPECIALES	ACABADO FINAL
5. Una Capa	Superficie expuesta. Tránsito vehicular industrial, es decir ruedas neumáticas y ruedas solidas moderadamente blandas.	Plantas industriales para la fabricación, procesamiento y almacenamiento	Sub_rasante uniforme, distribución de juntas, resistencia a la abrasión, curado.	Acabado con helicóptero pesado.
6. Una Capa	Superficie expuesta. Tránsito vehicular industrial pesado e intenso, es decir ruedas rígidas y cargas elevadas de ruedas.	Pisos industriales sometidos a tránsito pesado; puede estar sometido a cargas de impacto.	Sub_rasante uniforme, distribución de juntas, transferencia de cargas, resistencia a la abrasión, curado.	Endurecedor superficial metálico o mineral, acabado superficial con helicóptero pesado.
7. Dos Capas	Superficie expuesta. Tránsito vehicular industrial pesado e intenso, es decir ruedas rígidas y cargas elevadas de ruedas.	Pisos en dos capas adheridas sometidas a tránsito pesado y cargas de impacto.	Losa Base - Sub_rasante uniforme, reforzada, distribución de juntas, nivel superficial, Curado. Recubrimiento agregado mineral o metálico bien graduado, espesor mínimo 19mm. Aplicación de endurecedor superficial de árido mineral o metálico, curado.	Limpio, superficie de losa de base texturizada adecuada para la colocación del recubrimiento adherido. Acabado con helicóptero pesado.
8. Dos Capas	Al igual que en las clases 4, 5 o 6	Recubrimiento no adherido en pisos nuevos o existentes.	Antiadherente en la losa base, espesor mínimo de 100mm, resistencia a la abrasión, curado.	Al igual que en las clases 4, 5 o 6
9. Una Capa o Recubrimiento	Superficie expuesta – pisos superplanos requerimientos de tolerancia superficial críticos. Vehículos especiales para el transporte de elementos o materiales o tolerancias específicas que requieren los equipos de robótica.	Pisos estrechos, almacenes de gran altura; estudios de televisión, pistas de patinaje de hielo o gimnasios.	Diversos requerimientos de calidad del hormigón. Procedimientos de aplicación especiales y se recomienda un control exhaustivo a los detalles cuando se utilizan endurecedores. FF 50 o FF 125. Curado Aislar de efectos ambientales.	Hormigonado en franjas de 6m de ancho máximo. Se requiere suministro continuo de hormigón.

Fuente: (Salsilli, 2017), Manual de diseño de pisos industriales ACI 302.

#### 2.4.12 Losas planas


Las losas planas son elementos de construcción armado que no hacen uso de vigas para poder apoyarse sobre las columnas (a diferencia de las losas macizas que sí necesitan vigas o muros para apoyarse), por consiguiente, actúa como un marco rígido. Las losas planas dan profundidad mínima, construcción en menos tiempo y proporcionan rejillas de columna flexibles, sin embargo, las losas planas no pueden construirse en zonas de alto riesgo sísmico. Su uso es más apropiado para diseños irregulares de columnas o para suelos curvados, como las rampas. Sus principales características son que incluyen flexibilidad en la disposición del plano, así como los acabados limpios y total libertad de disponer de los servicios y el alcance para formas diferentes en el espacio.


##### 2.4.12.1 Losas superplanas

Las losas superplanas cuentan solo con una capa que cuentan con una superficie expuesta y una tolerancia crítica de acabado superficial para vehículos y robots que manejen materiales especiales con tolerancias de planicidad de niveles específicos. Según el acuerdo de la norma 302.1R del Instituto Americano del Concreto (ACI), estas losas se encuentran en la clase 09. Estas losas son comúnmente formadas por franjas con 20 hasta 25 cm de espesor y pueden variar entre 4.5 y 9.0 m de ancho, para la longitud puede ser de cualquier valor. Ante una nueva construcción; la colocación y el acabado exitoso de una losa superplana juega un papel muy importante, que está sujeto a variaciones como el revenimiento, relación de arena-agregados-cemento-agua, la temperatura de la mezcla, los aditivos que se les incorpore, la temperatura del medio ambiente y el tiempo de entrega, todos estos son variables que son difíciles de controlar, sin embargos si se consideran algunos parámetros se podrá lograr obtener una losa superplana adecuada.

## 2.4.13 Principales fallas en losas de concreto hidráulico

Tabla N°2: Principales fallas en losas de concreto hidráulico

Falla	Descripción	Imagen
<p>1. Delaminación o Descascaramiento</p>	<p>Consiste en la aparición de ampollas en la superficie de la losa debido mayormente a que la superficie se sella o cura antes de que el agua de exudación y el aire hayan salido, luego del secado y endurecimiento del concreto y con el tránsito de vehículos generalmente afloran estos problemas.</p> <p>El allanado de la superficie de la losa con elementos metálicos (llanas) antes de que el concreto termine su proceso de exudación puede generar estas delaminaciones, por lo que es recomendable que el primer alisado de la superficie sea con llanas de madera o de magnesio, pues dejan los poros abiertos que permiten la exudación y eliminación del aire, en zonas de alta exposición a vientos, la parte superficial tiende a secarse más rápido que el interior de la losa, si se realiza el acabado o alisado demasiado pronto, se deben instalar barreras de viento en las zonas donde se coloca el concreto para evitar dicho efecto. Prácticas constructivas incorrectas (mal uso del endurecedor, entre otros, también pueden generar estas fallas), es necesario definir el procedimiento constructivo adecuado para la colocación de selladores de juntas, considerando las especificaciones y lineamientos del fabricante del endurecedor seleccionado.</p> <p>Si se presenta delaminación antes de dar el acabado final a la losa (allanado o</p>	 <p>Figura N°19: Falla por descascaramiento o escamadura</p> <p>Fuente: Emaze (2017), Daños en Pavimentos</p>

	<p>alisado) se podría realizar una reparación localizada empleando el mismo concreto del vaciado, debiéndose picar entre 5 y 6 mm. de profundidad desde la superficie y realizar la reposición de concreto en forma tal que quede bien adherido y mimetizado al concreto ya vaciado.</p> <p>La forma de medición o cuantificación de este tipo de fallas para efectos de reparación durante o post construcción es de acuerdo al área superficial afectada o dañada, definiendo según observaciones in situ la profundidad para eliminación y reposición del endurecedor y losa de concreto (5 a 6 mm. de profundidad para reposición de concreto fresco y endurecedor, para concreto endurecido pueden requerirse mayores espesores de reparación, incluso con mortero epóxico/expansivo o grouting y endurecedor)</p>	
<p>2. Deficiencia de Material de Sello</p>	<p>El material no comprensible se acumula en las juntas y esto no permite el movimiento de la losa, por lo tanto, provoca los despostillamientos, levantamientos o fracturas.</p> <p>Se debe evitar el empleo de selladores de baja capacidad de elongación, como lo son los asfálticos sin un diseño especial.</p>	 <p>Figura N°20: Falla por deficiencia de material de sello Fuente: Argos (2016), Tipos de deterioros en pavimentos de concreto</p>
<p>3. Falla del material de relleno o sello de junta por adherencia</p>	<p>El movimiento o actividad de las juntas (dilatación/contracción de las losas) pueden generar que falle la extensibilidad</p>	

	<p>del material de sello y provocar que se separe de las caras del corte de la junta.</p> <p>Para evitar este tipo de falla, se debe seleccionar materiales de sello con capacidad de elongación adecuada a la actividad de la junta.</p> <p>Para evitar este tipo de falla es necesario incluir selladores de juntas acordes a la actividad esperada de la junta y sus condiciones de exposición (losa exterior, losa interior, zonas cálidas, zonas muy frías), pudiéndose elegir entre selladores flexibles (elastómeros, poliuretano) y selladores semirígidos (poliurea) siempre verificando las características de elongación requeridas.</p> <p>También es recomendable que el sello de juntas se realice mínimamente luego de 30 días de colocación del concreto, a fin de permitir mayor exudación que pueda desprender el material de sello de las paredes.</p> <p>Alterativamente, de requerirse, según las características del sellador a emplear, previo al sellado se podrá aplicar un primer en las caras de la junta a fin de evitar exudación que desprenda el sello.</p>	
<p>4. Falla del material de relleno o sello de junta por cohesión</p>	<p>El movimiento o actividad de las juntas (dilatación/contracción de las losas) pueden generar que el material de sello falle abriéndose o agrietándose interiormente sin separarse de las caras de la junta o del corte.</p> <p>Para evitar este tipo de falla es necesario incluir selladores de juntas acordes a la actividad esperada de la junta y sus condiciones de exposición (losa exterior,</p>	

	<p>losa interior, zonas cálidas, zonas muy frías), pudiéndose elegir entre selladores flexibles (elastómeros, poliuretano) y selladores semirígidos (poliurea) siempre verificando las características de elongación requeridas.</p> <p>Alterativamente, de requerirse, según las características del sellador a emplear, previo al sellado se podrá aplicar un primer en las caras de la junta a fin de evitar exudación que desprenda el sello.</p>	
--	---	--

Fuente: Elaboración propia

#### 2.4.14 Naves industriales

##### 2.4.14.1 Definición de naves industriales

Es aquella construcción que tiene como objetivo almacenar los bienes industriales, como máquinas, mercancía e incluso, recursos humanos. Además, las naves industriales brindan soluciones constructivas y dentro de ellas se pueden realizar considerables actividades, ya que pueden servir para almacenamiento y producción. Por ello, es que cada vez es más común utilizar este elemento en renta.

##### 2.4.14.2 Actualidad de naves industriales

Actualmente, su construcción se da únicamente en espacios autorizados denominamos polígonos industriales o zona industrial, que es un espacio del terreno destinado solo para este tipo de actividades. Estas áreas deben contar con servicios de electricidad, agua potable, alcantarillado, internet, etc. Además, debe encontrarse en una zona estratégica donde converja la comunicación marítima, terrestre y aérea.

#### 2.4.15 Reparación y mantenimiento de losas

Considerando que las losas en naves industriales son sometidas a repetición de cargas - llantas rígidas - (circulación de montacargas y otros vehículos para traslado e izaje de cargas), además de posibles accidentes durante la operación de estas (vuelco de equipos y/o caída de cargas, golpe de uñas de elevación de

los montacargas contra la losa, etc.) se generan daños localizados principalmente en:

- a) Superficie continua de la losa (áreas de la losa entre juntas o entre juntas y bordes libres), en la cual se generan principalmente daños por impacto puntual sobre la losa que pueden afectar no solo al acabado superficial (endurecedor), sino también a la losa de concreto de base, además pueden presentarse daños por abrasión (giro de ruedas rígidas sobre el sitio o desplazamientos repetidos), lo que puede generar falla por desprendimiento del endurecedor.
- b) Juntas: se puede destacar el despostillamiento de bordes de las juntas por impacto de llantas rígidas, lo cual se ve agravado en zonas donde el relleno o sellado de juntas ha fallado (falla por adhesión entre el material de relleno o sello y la carga de la junta, pérdida de respaldo, así también puede presentarse falla por cohesión del material de sello o relleno, etc.).
- c) Cabe precisar que las fallas indicadas arriba (fallas generadas durante la etapa operativa de la losa), se pueden combinar con fallas durante el proceso de construcción, las cuales muchas veces se manifiestan recién luego de la imposición de cargas (vehículos, cargas de racks, cargas directamente apoyadas sobre la losa).

#### 2.4.16 Costos en losas de concreto hidráulico

##### 2.4.16.1 Definición de Costos

Según la Universidad Peruana los Andes (2012) la definición de costo tiene diferentes significados según su estructura y aplicación.

Una definición fundamentada en la estructura de mano de obra directa, materia prima directa y costos indirectos de fabricación es la de Edward Menesby, el cual define al costo medición en términos monetarios, de la cantidad de recursos utilizados para algún propósito u objetivo, como, por ejemplo, un producto comercial ofertado para la venta en general o un proyecto de construcción.

C. Ferguson y J. Gould (1979) definen al costo como “un aspecto de la actividad económica, para el empresario individual esto implica sus obligaciones de hacer pagos en efectivo, para el conjunto de la sociedad, el costo representa los recursos que deben sacrificarse para obtener un bien dado”.

#### 2.4.16.2 Tipos de Costos en Construcción

En la industria de la construcción para la elaboración de un presupuesto de ejecución se tienen 2 tipos de costos, los directos e indirectos.

##### a) Costos Directos

El costo directo es el resultado de la suma de los costos materiales, mano de obra (leyes sociales incluidas), equipos, herramientas, y todos los elementos requeridos para la construcción de una obra.

Estos costos directos que se analizan en cada una de las partidas que conforman una obra, pueden tener diversos grados de aproximación de acuerdo al interés propuesto. Sin embargo, el realizar un análisis más fino de los mismos no siempre conlleva a una mayor exactitud, ya que siempre habrá diferencias entre los diversos estimados de costos de la misma partida. Ello debido a los diferentes criterios que se pueden asumir, así como a la experiencia del ingeniero que realice los mismos. (Cámara Peruana de la Construcción, 2003, p.12)

##### a.1) Elementos del Costo Directo

###### 1. Costo de mano de obra

Son los gastos por salarios, prestaciones y gravámenes imputables específicamente al concepto de trabajo específico.

En el país los rangos de mano de obra calificada son los siguientes:

2. Capataz: También denominado jefe de cuadrilla es el responsable del equipo de operarios al que se asigna la ejecución material de un



trabajo de obra determinado. En una obra pequeña, las funciones del encargado y el capataz suelen recaer en una misma persona.

3. Operario: Es aquel trabajador especializado o calificado en una especialidad. En este rango podemos encontrar a: carpinteros, albañiles, fierros, pintores, electricista, choferes, mecánicos, etc.
4. Oficial: Trabajador que desempeña las mismas ocupaciones pero que laboran como auxiliar del operario. No ha alcanzado plena calificación en la especialidad.
5. Ayudante o peón: Trabajadores no calificados, ocupados en diversas tareas de obra.

La tabla N° 3, muestra los precios de mano de obra actualizados a mayo del 2020.

Tabla N°3: Salarios con beneficios sociales, régimen de construcción civil.

OPERARIO					
Jornal Básico	70.30	*	6	Días	421.80
Dominical	11.72	*	6	Días	70.30
BUC 32%	22.50	*	6	Días	134.98
Movilidad	8.00	*	6	Días	48.00
Indem. 12% + Util. 3%	10.55	*	6	Días	63.27
Vacaciones 10%	7.03	*	6	Días	42.18
Gratificación Fiestas Patrias	13.39	*	7	Días	93.73
B. Extraordinaria Ley 29351	1.21	*	7	Días	8.44
<b>Total bruto salarios</b>					<b>882.70</b>
Descuento S.N.P. 13%					87.00
Descuento CONAFOVICER 2%					9.84
<b>Pago neto semanal</b>					<b>785.85</b>
OFICIAL					
Jornal Básico	55.40	*	6	Días	332.40
Dominical	9.23	*	6	Días	55.40
BUC 30%	16.62	*	6	Días	99.72
Movilidad	8.00	*	6	Días	48.00
Indem. 12% + Util. 3%	8.31	*	6	Días	49.86
Vacaciones 10%	5.54	*	6	Días	33.24
Gratificación Fiestas Patrias	10.55	*	7	Días	73.87
B. Extraordinaria Ley 29351	0.95	*	7	Días	6.65
<b>Total bruto salarios</b>					<b>699.13</b>
Descuento S.N.P. 13%					67.70
Descuento CONAFOVICER 2%					7.76
<b>Pago neto semanal</b>					<b>623.68</b>
PEON					
Jornal Básico	49.70	*	6	Días	298.20
Dominical	8.28	*	6	Días	49.70
BUC 30%	14.91	*	6	Días	89.46
Movilidad	8.00	*	6	Días	48.00
Indem. 12% + Util. 3%	7.455	*	6	Días	44.73
Vacaciones 10%	4.97	*	6	Días	29.82
Gratificación Fiestas Patrias	9.47	*	7	Días	66.27
B. Extraordinaria Ley 29351	0.85	*	7	Días	5.96
<b>Total bruto salarios</b>					<b>632.14</b>
Descuento S.N.P. 13%					60.73
Descuento CONAFOVICER 2%					6.96
<b>Pago neto semanal</b>					<b>564.45</b>

Fuente: Federación de trabajadores en construcción civil del Perú.

## 2. Aporte unitario de materiales

Son los insumos requeridos para el proceso constructivo, su análisis se realiza a través de listados en lo que se comparan precios de los materiales proporcionados por los proveedores y las condiciones de pago. (Gardner, 2001, p. 21)

Las cantidades de materiales son establecidas de acuerdo con condiciones pre- establecidas físicas o geométricas dadas a través de un estudio técnico del mismo, teniendo como referencia publicaciones especializadas o mejor aún, elaborando los análisis de con registros directos de obra.

Los insumos de materiales se expresan en unidades de comercialización, por ejemplo: bolsa de cemento, m<sup>3</sup> de arena o piedra chancada, pie<sup>2</sup> de madera, Kilogramo o varillas de fierro, etc.

En la siguiente tabla se muestra las unidades e índices unificados de los materiales más comunes de la construcción de un almacén.

Tabla N°4: Unidades e Índices unificados de materiales

DESCRIPCIÓN	UND	ÍNDICE UNIFICADO
Alambre negro recocido n° 16	kg	2
Acero corrugado fy = 4200 kg/cm2	kg	3
Clavos para madera con cabeza	kg	2
Piedra chancada 1/2"	m3	5
Arena fina	m3	4
Arena gruesa	m3	4
hormigón	m3	5
Afirmado	m3	5
Agua	m3	5
Grass americano	und	39
Concreto premezclado	m3	21
Cemento portland	bol	22
Fragua porcelana blanca	kg	24
Bloquetas de concreto	und	17
Cables	m	6
Cerámicos	m2	24
Triplay fenólico	M2	45
Pintura esmalte	gal	54
Tubería conduit	und	61

Fuente: Elaboración Propia

Teniendo en consideración los diversos tipos de maquinarias y equipos que se utilizan en la construcción, se puede definir, el costo de operación de una maquinaria como la cantidad de dinero invertido en adquirirla, hacerla funcionar, realizar el trabajo y mantenerla en buen estado de conservación.

### 3. Costo de equipos de construcción y herramientas

El cálculo del costo de operación puede referirse a términos de un año, un mes, un día o una hora, siendo lo común el “costo diario de operación” y el “costo de hora máquina”. (Cámara Peruana de la Construcción, 2003, p.91)

### a.2) Metrados de construcción

Se define metrado al conjunto ordenado de datos obtenidos o logrados mediante lecturas acotadas, preferentemente, y con excepción con lecturas a escala, es decir, usando el escalímetro. Los metrados se realizan con la finalidad de calcular la cantidad de obra a construir y que al ser multiplicado por el respectivo costo unitario (cuyo análisis se verá en el capítulo V) y sumados obtendremos el costo directo.

### a.3) Análisis de precios unitarios (A.P.U.)

El análisis de precio unitario es el costo de una actividad por unidad de medida escogida. Usualmente se compone de una valoración de los materiales, la mano de obra, equipos y herramientas.

El análisis de precios unitario se compone de los siguientes conceptos:

- Rendimiento: Según Botero (2002), se define rendimiento de mano de obra, como la cantidad de obra de alguna actividad completamente ejecutada por una cuadrilla, compuesta por uno o varios operarios de diferente especialidad por unidad de recurso humano, comúnmente expresada como HH (unidad de medida de la actividad por hora Hombre).
- Cuadrilla: Según la Cámara Peruana de la Construcción (2003), define a cuadrilla al número de trabajadores (sea sólo o en grupo) necesarias teniendo en cuenta el procedimiento de construcción adoptado, para cumplir el rendimiento establecido para su actividad.

Según los tipos de losa estudiados en la presente tesis, se muestran los siguientes análisis de precios unitarios:

#### 1. A.P.U. de construcción de losas de concreto hidráulico

Tabla N°5: A.P.U. de vaciado de concreto premezclado f'c= 210 kg/cm2

Partida	02.05.11.01 Concreto premezclado c/cemento tipo I, F'c=210 kg/cm2, para losa de piso						
Rendimiento	m3/DIA	MO.	50.0000	EQ.	50.0000	Costo unitario directo por : m3	308.72
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/		
<b>Mano de Obra</b>							
CAPATAZ	hh	0.1000	0.0160	32.48	0.52		
OPERARIO	hh	1.0000	0.1600	23.95	3.83		
OFICIAL	hh	2.0000	0.3200	18.96	6.07		
PEON	hh	5.0000	0.8000	17.12	13.70		
						<b>24.12</b>	
<b>Materiales</b>							
CONCRETO PREMEZCLADO FC=210 kg/cm2 CON CEMENTO TIPO I	m3		1.0300	240.45	247.66		
SERVICIO DE BOMBA PARA CONCRETO PREMEZCLADO	m3		1.0300	34.00	35.02		
						<b>282.68</b>	
<b>Equipos</b>							
VIBRADOR ELECTRICA PARA CONCRETO 4 HP 2.40"	hm	1.0000	0.1600	7.50	1.20		
HERRAMIENTAS MANUALES	% mo		3.0000	24.12	0.72		
						<b>1.92</b>	

Fuente: Presupuesto "Ampliación y Remodelación C.C. Plaza San Miguel"

Tabla N°6: A.P.U. de encofrado y desencofrado para losa de piso

02.05.11.03		Encofrado y desencofrado normal para losa de piso					
Rendimiento	m2/DIA	MO.	40.0000	EQ.	40.0000	Costo unitario directo por : m2	46.75
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/		
<b>Mano de Obra</b>							
CAPATAZ	hh	0.1000	0.0200	32.48	0.65		
OPERARIO	hh	1.0000	0.2000	23.95	4.79		
PEON	hh	1.0000	0.2000	17.12	3.42		
						<b>8.86</b>	
<b>Materiales</b>							
CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA 3"	kg		0.0741	3.00	0.22		
ADITIVO DESMOLDADOR PARA ENCOFRADO	kg		0.4000	55.50	22.20		
MADERA TORNILLO	p2		3.2000	4.75	15.20		
						<b>37.62</b>	
<b>Equipos</b>							
HERRAMIENTAS MANUALES	% mo		3.0000	8.86	0.27		
						<b>0.27</b>	

Fuente: Presupuesto "Ampliación y Remodelación C.C. Plaza San Miguel"

Tabla N°7: A.P.U. de habilitación y colocación de acero corrugado

02.05.11.04		Acero f'y= 4200 kg/cm2					
Rendimiento	kg/DIA	MO.	330.0000	EQ.	330.0000	Costo unitario directo por : kg	3.82
Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/	
<b>Mano de Obra</b>							
CAPATAZ		hh	0.1000	0.0024	32.48	0.08	
OPERARIO		hh	1.0000	0.0242	23.95	0.58	
PEON		hh	1.0000	0.0242	17.12	0.41	
						<b>1.07</b>	
<b>Materiales</b>							
ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 16		kg		0.0600	3.00	0.18	
ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60		kg		1.0500	2.40	2.52	
						<b>2.70</b>	
<b>Equipos</b>							
TRONZADORA BOSCH GCO 2000		hm	0.1000	0.0024	10.00	0.02	
HERRAMIENTAS MANUALES		% mo		3.0000	1.07	0.03	
						<b>0.05</b>	

Fuente: Presupuesto "Ampliación y Remodelación C.C. Plaza San Miguel"

Tabla N°8: A.P.U. de losa de concreto hidráulico con acero de refuerzo

02.05.11.05.01		Curado con Aditivo en Concreto					
Rendimiento	m2/DIA	MO.	250	EQ.	250	Costo unitario directo por : m2	3.13
Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/	
<b>Mano de Obra</b>							
CAPATAZ		hh	0.1000	0.0032	32.48	0.10	
PEON		hh	1.0000	0.0320	17.12	0.55	
						<b>0.65</b>	
<b>Materiales</b>							
ADITIVO CURADOR PARA CONCRETO		l		0.21	9.1	1.91	
						<b>1.91</b>	
<b>Equipos</b>							
MOCHILA PULVERIZADORA		und		0.0008	680	0.54	
HERRAMIENTAS MANUALES		% mo		5.0000	0.65	0.03	
						<b>0.57</b>	

Fuente: Presupuesto "Ampliación y Remodelación C.C. Plaza San Miguel"

## b) Costos Indirectos

La construcción es una actividad de un variado espectro de obras que pueden ser desde la ejecución de una vivienda común hasta una central hidroeléctrica, teniendo como una de sus fundamentales características que se desarrolla en un determinado tiempo, de acuerdo con la obra, la cual la hace vulnerable a los efectos de la economía del medio en que se desenvuelve.

Sin embargo, es habitual en las obras de construcción la participación en el cálculo del Presupuesto de obra de dos conceptos de costos:

- Costos Directos
- Costos Indirectos

En términos generales se puede definir el costo indirecto como todos aquellos gastos que no pueden aplicarse a una partida determinada, sino al conjunto de la obra. Los costos indirectos se clasifican en: Gastos Generales y Utilidad. (Cámara Peruana de la Construcción, 2003, p.242)

### b.1) Gastos Generales

Según la Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO) (2003), el D.S. N° 01 1 -79-VC de 01.03.79 define a los Gastos Generales como aquellos gastos que debe realizar el contratista durante la construcción, derivados de la propia actividad empresarial del mismo, por lo cual no pueden ser incluidos dentro de las partidas del presupuesto de obra.

Los gastos generales se subdividen en:

- **Gastos Generales Variables:** Son los gastos que están relacionados con el tiempo de ejecución de la obra. En este apartado se encuentran la remuneración del staff de obra (Ing. Residente, Ings. de campo, etc.), viáticos, vehículos y transporte en general, gastos de oficina.
- **Gastos Generales Fijos:** Son aquellos gastos que no están relacionados con el tiempo de ejecución de la obra, tales como gastos de licitación y contratación, además de los seguros para la obra tales como: Póliza

CAR, seguro de responsabilidad cruzada, seguro de responsabilidad civil por automóviles. (Cámara Peruana de la Construcción, 2003, p.242)

#### b.2) Utilidad

La utilidad es un monto percibido por el contratista, resultado de un porcentaje del costo directo del presupuesto, y que forma parte del movimiento económico general de la empresa con el objeto de dar dividendos, reinvertir, capitalizar, pagar impuestos relacionados a la misma utilidad e inclusive cubrir pérdidas de obra si fuere el caso.

Con relación a la utilidad debemos señalar que, en relación del alto grado de desarrollo alcanzado por la actividad constructora en nuestro país, se hace necesario que las empresas contratistas fijen su porcentaje de utilidad en base a criterios técnicos, apartando las estimaciones empíricas tradicionales, para lo cual es imprescindible que cuenten con información y, sobre todo, método para el cálculo. (Cámara Peruana de la Construcción, 2003, p.255)

En primer lugar y en términos generales, la utilidad bruta está conformada por tres sumandos:

1. Uno que corresponde a la utilidad neta.
2. El impuesto sobre esta utilidad, y finalmente,
3. El margen por variaciones o imprevistos no considerados en los análisis de precios de las diferentes partidas por ejecutar.

Es imperante para cualquier empresa fijar y obtener una utilidad justa y dado que ésta posibilita, además de seguir existiendo, su crecimiento y/o expansión, con una determinada capacidad de ahorro interno que incrementa su capital, todo lo cual incide en cierto momento en el desarrollo de la economía en general, cumpliendo además su función social de dar trabajo con mejores ingresos a su personal.

En nuestro medio es tradicional aplicar un porcentaje promedio de utilidad de 10% sobre el costo directo total de obra, indistintamente se trate de



obras de edificación, irrigaciones, carreteras, habilitaciones urbanas, etc., lo cual conlleva el riesgo de que en determinadas circunstancias el contratista se vea en la necesidad de tomar parte de su margen de utilidad para sobrellevar las brechas económicas de una anormal e imprevista marcha de la obra, mermando así la utilidad esperada y las expectativas de haber realizado, por ejemplo, compra de algún equipo.

#### 2.4.17 Costos por reparación y mantenimiento de losas

El mantenimiento y reparación de las fallas listadas arriba debe realizarse considerando productos químicos específicos para estos trabajos (resina epóxica, mortero epóxico, puentes de adherencia, rellenadores o selladores de juntas, inyección epóxica, mortero expansivo/grouting, etc. La determinación de los costos para los trabajos de reparación y mantenimiento deben considerar el empleo de personal calificado (certificado de capacitación por los fabricantes de los productos empleados) con herramientas y equipos especializados, por ejemplo, cortadoras manuales para concreto, rotomartillos, máquinas para sello de juntas, pistolas para aplicación de productos varios, etc.

En términos generales, se pueden considerar 02 componentes principales para definir y cuantificar los daños y fallas en losas:

- Daños y fallas en juntas (dilatación/aislamiento, contracción y construcción), siendo los principales:
  1. Despostillamiento de bordes de juntas, las cuales son producidas principalmente por impacto frecuente de llantas rígidas en los bordes de las juntas, agravado en muchos casos por desprendimiento del material de sello o falta de resistencia de este, siendo más crítico en juntas de dilatación, debido a su mayor espesor que facilita el impacto sobre las mismas.

Otra causa del despostillamiento en juntas de contracción puede ser el corte temprano deficientemente ejecutado (lo que puede generar debilitamiento de los bordes). En este caso, las fallas se evidencian predominantemente no en la etapa constructiva, sino más bien luego de la imposición de cargas durante la etapa de servicio (tráfico pesado).

2. Fallas del material de sello o relleno de juntas (fallas por adherencia y fallas por cohesión), el movimiento o actividad de las juntas (dilatación/contracción de las losas) pueden generar que falle la extensibilidad del material de sello y provocar que se separe de las caras del corte de la junta (falla por adhesión) o agrietándose interiormente sin separarse de las caras de la junta o del corte (falla por cohesión).

3. Material de sello o relleno inadecuado para las condiciones de servicio (tráfico, exposición a la intemperie o cambios bruscos de temperatura), el empleo de materiales de sello debe corresponder al tipo de tráfico (pesado, mediano y ligero), en el caso de juntas de dilatación para losas exteriores, se deben considerar selladores con capacidad de elongación adecuada, resistencia a la humedad/lluvias, como pueden ser los selladores de poliuretano, no siendo recomendables en estos casos, selladores epóxicos semirígidos.

El empleo de selladores flexibles para juntas en losas interiores que soporten tráfico pesado, puede resultar insuficiente, permitiendo daños por impacto de llantas rígidas, en estos casos es recomendable el empleo de selladores semirígidos (epóxicos y poliurea).

- Daños y fallas en losa continua (entre juntas o juntas y bordes libres), siendo los principales:

1. Fallas o daños por impacto
2. Fallas o daños por abrasión
3. Entre otras

- Los procedimientos de reparación de estos tipos de fallas deben considerar materiales específicos, personal calificado y equipos especializados, a continuación, se detallarán algunos procedimientos referenciales aplicables:

1. Reparación de fallas por impacto (despostillamiento de bordes de juntas e impacto sobre losa continua), luego de identificar y definir los bordes dañados, se debe realizar un trazo para delimitar el área a reparar, iniciándose un corte en el borde de la junta de profundidad acorde con el daño producido (variable desde 5 mm. a 5 cm., con cortadora manual, luego de lo cual se debe realizar

un perfilado con rotomartillo o manualmente con cincel para homogeneizar la profundidad del área a reparar, posteriormente, se debe aplicar un puente de adherencia para concreto, en función del material de relleno a emplear, el material de relleno o reposición puede ser mortero epóxico y/o mortero cementicio, mortero expansivo u otro, según se haya definido previamente, finalmente en la superficie horizontal (del borde de la junta o losa continua) se debe realizar la reposición del endurecedor que corresponda.

2. Reparación de fallas por abrasión, usualmente los procedimientos son similares al caso de las fallas por impacto requiriéndose menor profundidad de intervención para reposición de la superficie desgastada (endurecedor superficial), de 5 a 10 mm. de corte y reposición con mortero epóxico, grouting, etc. y reposición del endurecedor.

Se podrá permitir tráfico sobre las zonas reparadas en un tiempo acorde a lo sugerido en hojas técnicas del fabricante de los materiales empleados (mortero epóxico, grouting, endurecedores), en el caso de reparaciones con mortero epóxico, es posible permitir tráfico en menos de 01 hora, por ejemplo en el caso del endurecedor superficial “MasterTop 100” de BASF (ver anexo C), se indica mantener los pisos libres de tráfico y carga por un periodo mínimo de 01 día después de la terminación (es decir, se puede someter a las cargas de servicio en un periodo mínimo de 01 día.

3. Reparación de fallas del material para sello o relleno de juntas, luego de identificar el sello deteriorado, se debe realizar la remoción de dicho material, incluyendo preferentemente, el cordón de respaldo en los casos que exista, luego realizar limpieza con compresora de aire y posteriormente, el resellado en la profundidad recomendada por el fabricante o en toda la profundidad de la junta cuando se trate de relleno.

Se podrá permitir tráfico sobre las juntas reselladas en un tiempo acorde a lo sugerido en hojas técnicas del fabricante del sello, lo cual depende principalmente del tipo de sello (flexible, semirígido), por ejemplo, en el caso del material de relleno para juntas de poliurea 100% sólidos “Masterfill 400CT” de BASF (ver anexo C), se indica que la puesta en servicio (dependiendo de la temperatura) puede ser entre 01 y 03 horas, en el caso de

sellador de poliuretano elastomérico “MasterSeal SL 1” de BASF (ver anexo C), se indica secado al tacto: de la noche a la mañana o dentro de las 24 horas y curado completo, aproximadamente 01 semana.

4. En el caso de materiales de sello o relleno de juntas inadecuado para las condiciones de servicio, se recomienda la remoción de la totalidad del sello de juntas o mínimamente las que se encuentren expuestas a tráfico pesado para ser reemplazadas por materiales de características adecuadas, a este respecto cobra gran trascendencia la revisión preliminar de lo considerado en el expediente técnico antes de la colocación de los selladores.

En campo se deben evaluar los metrados para reparación de puntos de daños por impacto y puntos de daños por abrasión, estimando las áreas y profundidades comprometidas las dimensiones de las distintas fallas o daños a reparar, como lo son:

- Reparaciones por impacto sobre la losa
- Reparaciones por abrasión sobre la losa

Es conveniente aclarar que, si bien es cierto, las reparaciones y mantenimientos suelen contabilizarse o tratarse como anuales, se debe entender que los daños y/o fallas se pueden presentar gradualmente durante el año, pudiéndose requerir desde 03 o 04 mantenimientos por año, es decir, los daños se deben reparar progresivamente según aparezcan, a fin de evitar que se propaguen.

Tabla N°9: A.P.U. de sellado de juntas en pisos

01.02.01		Sellado de Juntas en Pisos				Costo unitario directo por : m		36.10
Rendimiento	m/DIA	MO.	30.0000	EQ.	30.0000			
Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/		
<b>Mano de Obra</b>								
OPERARIO		hh	1.0000	0.2667	23.77	6.34		
PEON		hh	1.0000	0.2667	17.19	4.58		
								10.92
<b>Materiales</b>								
SIKAFLEX 11FC GRIS HORMIGON 600 ml		und		0.5500	33.10	18.21		
PER BACKER ROD 1 1/4" ROLLO X 122 M		rl		0.0167	340.84	5.69		
APLICADOR PARA SIKAFLEX 600 ml		und		0.0167	34.75	0.58		
CINTA MASKING TAPE 1" x 40 yd		und		0.0670	2.24	0.15		
								24.63
<b>Equipos</b>								
HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		5.0000	10.92	0.55		
								0.55

Fuente: Presupuesto "Ampliación y Remodelación C.C. Plaza San Miguel"

Tabla N°10: A.P.U. Reconstrucción de acabado de pisos.

01.03.02		Acabado de piso Pulido, con MAPEI - cemento				Costo unitario directo por : m2		50.39
Rendimiento	m/DIA	MO.	50.0000	EQ.	50.0000			
Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/		
<b>Mano de Obra</b>								
CAPATAZ		hh	1.0000	0.1600	32.51	5.20		
OPERARIO		hh	6.0000	0.9600	23.98	23.02		
OFICIAL		hh	4.0000	0.6400	18.97	12.14		
PEON		hh	1.0000	0.1600	17.13	2.74		
								43.10
<b>Materiales</b>								
AGUA		m3		0.1250	20.00	2.50		
CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)		bol		0.1250	21.00	2.63		
								5.13
<b>Equipos</b>								
HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		5.0000	43.10	2.16		
								2.16

Fuente: Presupuesto "Reparación de piso del Edificio de Fac. de Gastronomía PUCP."

## 2.5 Definición de términos básicos

### 2.5.1 Componentes del pavimento rígido

a) Subrasante: Según la definición planteada por Rondón et al (2015), es la capa donde se cimienta la estructura del pavimento de concreto hidráulico. Debe resistir en última instancia las cargas efectuadas por el tránsito, igualmente debe suministrar un sostén homogéneo a la estructura del pavimento. La calidad de la capa va a influir directamente en el espesor del pavimento.

b) Sub-base: El Manual de Diseño de Pavimentos AASHTO 93, señala que es una mezcla densa de arena y grava con un establecido porcentaje de finos. Los

pavimentos de concreto hidráulico tienen el espesor de esta capa entre los 0 a 9 pulgadas.

c) Losa de concreto de cemento Portland: La Norma CE.010 de Pavimentos Urbanos, la señala como una capa de rodadura que es considerada como la más importante de la estructura del pavimento de concreto hidráulico.

d) Suelo: Según Montejó Fonseca (Año), el suelo es el agregado natural de granos minerales que puede o no contener material orgánico y puede ser separado a través de medios mecánicos comunes. Los suelos son producto de la alteración de las rocas, que se generan gracias a los fenómenos atmosféricos y ambientales.

#### 2.5.2 Losas de concreto hidráulico

Según la norma mexicana N-CTR-CAR-1-04-0009/06, estas losas se construyen a través de la colocación de una mezcla de cemento portland, agregados pétreos y agua, proporcionado al usuario una superficie de rodadura uniforme, resistente al derrapamiento, cómoda y segura. Asimismo, tienen una función estructural de soportar y distribuir la carga de los vehículos hacia las capas inferiores del pavimento.

#### 2.5.3 P.E.T

Procedimiento Escrito de Trabajo, es el documento que contiene la descripción específica de la forma cómo llevar a cabo o desarrollar una tarea de manera correcta, desde el comienzo hasta el final, dividida en un conjunto de pasos consecutivos o sistemáticos.

#### 2.5.4 Regularidad Superficial

El concepto de regularidad superficial de un pavimento se relaciona con el grado de planicidad con que quedó la superficie de este. Lo anterior es una propiedad del pavimento terminado y tiene una incidencia directa en el servicio que otorga el pavimento a los usuarios y que corresponde a los equipos de transporte y carga que utilizan estos pavimentos. Mientras mayor es la altura en que se debe almacenar la carga, mayor relevancia toma la planicidad del pavimento.

Es relevante reconocer que una superficie perfectamente plana no se puede lograr y que el costo de terminación aumenta a medida que se requieren mejores terminaciones superficiales, como por ejemplo pisos planos o súper planos.

En lo que afecta a la regularidad superficial conviene distinguir entre las que tienen un tránsito de vehículos con trayectorias determinadas, normalmente porque los vehículos están guiados por perfiles metálicos o por inducción magnética, que denominan instalaciones con tránsito definido o guiado; y las que tienen un tránsito vehicular o peatonal sin trayectorias determinadas.

Las primeras suelen ser almacenes con estanterías de diversas alturas y con pasillos muy estrechos, normalmente de menos de dos metros de anchura. Las segundas suelen ser almacenes en donde el tráfico es variable.

## **CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS**

### 3.1 Hipótesis

#### 3.1.1 Hipótesis General

El empleo de endurecedores superficiales minerales genera una disminución de al menos un 25% del costo de reparaciones y mantenimiento de losas de concreto hidráulico de naves industriales.

#### 3.1.2 Hipótesis Específicas

- a) El costo de ejecución y reparación de losas de concreto hidráulico expuestas a condiciones climáticas desfavorables de temperatura ambiente y velocidad del viento, aplicándole endurecedor superficial mineral es al menos un 5% más económico con respecto al costo de ejecución y reparación de una losa sin la aplicación de este.
- b) Los mayores costos por reparaciones y mantenimiento anual de losas de concreto hidráulico son generados por las juntas, llegando a representar hasta el 60% de dichos costos.

### 3.2 Variables

#### 3.2.1 Definición conceptual de variables

Estas son definidas de acuerdo con el tipo y dependencia de las variables. La variable Losa de Concreto Hidráulico es independiente y de tipo cuantitativo. Por otro lado, la variable Costos de Proyecto es dependiente, de tipo cuantitativo.

#### 3.2.2 Operacionalización de variables

Respecto a las variables de la investigación, la variable independiente es la Losa de Concreto Hidráulico, la cual contiene Endurecedor Superficial Mineral y Fallas respectivamente y serán relacionados con información de entidades técnicas especializadas y de fabricantes.

Mientras que la variable dependiente es Costos de Proyecto, la cual será medida mediante costo de ejecución, costo de reparación y mantenimiento anual.



Tabla N°11: Matriz de operacionalización

TIPO	VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍNDICES	INSTRUMENTO
<b>INDEPENDIENTES</b>	<b>Losa de Concreto Hidráulico</b>	La losa de concreto hidráulico o el pavimento de concreto es una estructura para el tránsito, ya sea vehicular o peatonal, que se realiza en el terreno de fundación o apoyo de la estructura	<b>Endurecedor Superficial Mineral</b>	Dosificación	Kg/cm2	Guía ACI 302.1R-04
			<b>Fallas</b>	Impacto	Kg/cm2	EN 14411
				Abrasión	Kg/mm3	ASTM C1138 / ASTM C779
				Fisuras	mm	Guía ACI 302.1R-04
<b>DEPENDIENTES</b>	<b>Costo de proyecto</b>	Medición en términos monetarios, de la cantidad de recursos utilizados para algún propósito u objetivo, como, por ejemplo, un producto comercial ofertado para la venta en general o un proyecto de construcción.	<b>Ejecución</b>	Costo de Ejecución	Soles (S/)	Norma técnica de metrados para obras de edificación y habilitaciones urbanas
			<b>Reparaciones y Mantenimiento Anual</b>	Costos de Reparación y Mantenimiento Anual	Soles (S/)	Norma técnica de metrados para obras de edificación y habilitaciones urbanas

Fuente: Elaboración propia

## CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DEL ESTUDIO

### 4.1 Tipo y método de investigación

#### 4.1.1 Tipo de la investigación

Tamayo (2007), indica que la investigación cuantitativa es contrastar una serie de teorías que se generan a partir de una serie de hipótesis, para ello es necesario establecer una muestra que represente a la población u objeto de estudios, esta puede generarse de forma aleatoria o discriminada. Por consiguiente, para elaborar estudios cuantitativos es necesario trabajar con una teoría existente, debido a que el método que se utiliza es el deductivo. Por otro lado, la investigación cualitativa es elaborar una teoría, a partir de una serie de proposiciones que se extraen de fuentes teóricas, estas serán el punto de partida para la investigación, además ya no será necesario contar con una muestra y población representativa, sino una muestra teórica que se conforma de casos, debido a ello es que el método que se utiliza para investigaciones cualitativas es el deductivo.

La metodología cuantitativa consta de una serie de procedimientos. Inicia con escoger una idea, formular una serie de problemas o preguntas, luego, plantear una serie de hipótesis y variables, que respondan a los problemas y, por último, establecer una metodología y cronograma para probar las hipótesis. Para ello, deberá medir las variables en un determinado tiempo y espacio, analizar e inferir los resultados a través de métodos estadísticos y establecer las conclusiones, con respecto a las hipótesis.

Por lo indicado en párrafos anteriores, el tipo de investigación es cuantitativa-cualitativa, porque se recopilarán, procesarán y analizarán datos de costos de ejecución, reparaciones y mantenimiento anual de losas de concreto hidráulico en naves industriales con y sin endurecedor superficial mineral, además de tomar en cuenta la información técnica en las referencias, las cuales brindan calificaciones o valores cualitativos o descriptivos de algunas variables.

Tamayo (2007), indica que, producir teorías y conocimiento representa una investigación básica, mientras que la resolución de problemas representa una investigación aplicada. (p. XXIV)

El tipo de investigación es aplicada, porque pretende proponer una solución a un problema existente en los costos de ejecución, reparaciones y mantenimiento anual de losas de concreto hidráulico con y sin endurecedor superficial mineral en naves industriales.

#### 4.1.2 Método de la investigación

De acuerdo con Tamayo (2007), el razonamiento deductivo plantea que, si las premisas son verdaderas, por lo tanto, lo será también, la conclusión. Esta forma de razonamiento organiza las premisas en silogismos que provee la prueba para la validez de las conclusiones; “es necesario empezar con premisas verdaderas para llegar a conclusiones válidas”. (p.184). El método de investigación de la presente tesis es deductivo, debido a que, inicialmente se comenzará con la búsqueda de teoría, la cual, se probará con la realidad plasmada mediante información técnica especializada. “En el razonamiento deductivo primero deben conocerse las premisas para que pueda llegarse a una conclusión, mientras que en el inductivo la conclusión se alcanza observando ejemplos y generalizando de ellos a la clase completa” (Tamayo, 2017, p.186).

El método de investigación de la presente tesis es deductivo, debido a que, inicialmente se comenzará con la búsqueda de teoría, la cual, se probará con la realidad plasmada mediante investigaciones bibliográficas, información de entidades técnicas y normativa vigente.

En el razonamiento deductivo primero deben conocerse las premisas para que pueda llegarse a una conclusión, mientras que en el inductivo la conclusión se alcanza observando ejemplos y generalizando de ellos a la clase completa. (p.186)

#### 4.1.3 Nivel de la investigación

Según Tamayo (2007), la investigación descriptiva consta de describir, registrar, analizar, interpretar y comprender la naturaleza y la composición de los fenómenos, sobre como un grupo de personas u objetos, funciona, actúa o se desenvuelve en el presente. Además, este tipo de investigación trabaja sobre hechos y realidades, y se caracteriza por representar una interpretación correcta, tal cual se presente el objeto de estudios.

El nivel de la investigación es descriptivo, porque determina las características y propiedades de los costos de ejecución, reparaciones y mantenimiento anual de losas de concreto hidráulico con y sin endurecedor superficial mineral en naves industriales.

Según Hernández (2014), “los estudios explicativos poseen un mayor campo de investigación puesto que no se basan solo en la descripción de conceptos o fenómenos, se interesan en explicar el porqué de los fenómenos e identificar las causas” (Pág. 95).

La investigación posee un nivel explicativo, ya que, se busca describir los pasos a seguir para lograr reducir los costos de ejecución, reparaciones y mantenimiento anual de losas de concreto hidráulico con y sin endurecedor superficial mineral en naves industriales, basándose en investigaciones pasadas, información de entidades técnicas y normativa vigente; para de este modo, cumplir con los objetivos propuestos, dando recomendaciones para que se lleve a cabo de manera correcta.

#### 4.1.4 Diseño de la investigación

Hernández (2014), indica que, las investigaciones no experimentales no realizan ningún tipo de manipulación de las variables, ni influye en los resultados. Es decir, es aquella investigación donde no se hace ninguna modificación intencional a las variables independientes. Lo que se realiza en la investigación no experimental es observar y analizar los fenómenos como se dan en su contexto natural.

El diseño de la investigación es de tipo no experimental, ya que no se manipularán las variables para permitir encontrar relación entre ellas, asimismo, se analizarán los pasos a seguir para lograr la disminución de los costos de ejecución, reparaciones y mantenimiento anual de losas de concreto hidráulico con y sin endurecedor superficial mineral en naves industriales, basándose en investigaciones pasadas, información de entidades técnicas y normativa vigente.

Según Tamayo (2007), el estudio transversal es un tipo de investigación observacional los datos de las variables recopiladas en un periodo determinado de tiempo sobre una muestra determinada de una población o un subconjunto predefinido.

Por lo expuesto en el párrafo anterior, el diseño de la investigación es transversal, puesto que, dicha investigación se produce en un periodo de tiempo determinado para analizar los costos de ejecución, reparaciones y mantenimiento anual de losas de concreto hidráulico con y sin endurecedor superficial mineral en naves industriales.

#### 4.2 Población de estudio

La población de estudio utilizada para la presente tesis serán las losas de concreto hidráulico con y sin endurecedor superficial en naves industriales.

#### 4.3 Diseño muestral

##### 4.3.1 Unidad de Análisis

La unidad de análisis utilizada para la presente tesis serán las losas de concreto hidráulico con y sin endurecedor superficial en naves industriales.

##### 4.3.2 Muestra

La muestra utilizada en la presente tesis serán las losas de concreto hidráulico de las naves industriales “Bravo” y “Charlie” del Centro de Distribución de Ransa, ubicadas en la Av. Néstor Gambeta, Callao – Perú.

##### 4.3.3 Técnicas de investigación e instrumento

La técnica de investigación para la recolección de datos es la observación. A través de dicha técnica se permite el análisis y evaluación de investigaciones pasadas, información de entidades técnicas y normativa vigente para lograr la mejora de los costos de ejecución, reparaciones y mantenimiento anual de losas de concreto hidráulico con y sin endurecedor superficial mineral en naves industriales.

##### 4.3.4 Procedimiento para la recolección de datos

Información registrada en investigaciones internacionales (10), investigaciones nacionales (08), artículos (20), manuales (6) e información de trabajos realizados en losas de concreto hidráulico ya ejecutadas, al igual que datos de reparación y mantenimiento de fallas y daños por impacto y abrasión observados en losas de concreto hidráulico en naves industriales por los responsables de construcción/mantenimiento.

#### 4.3.5 Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Se han recogido datos ya procesados, fuentes de segunda mano, que tienen el valor de estar focalizados en el tema referido, con amplio reconocimiento en el mundo académico.

## CAPÍTULO V: ANÁLISIS ECONÓMICO

Consideraciones para el desarrollo comparativo de losa de concreto con endurecedor superficial Nave Industrial “Charlie” respecto a losa de concreto estándar Nave Industrial “Bravo”

Con la finalidad de poder comparar las características de resistencia al impacto y abrasión de la losa en estudio (Nave Industrial “Charlie”, con endurecedor superficial mineral), se considerará la losa de concreto simple (losa estándar sin endurecedor de la Nave Industrial “Bravo”), ambas pertenecientes al Centro de Distribución de Ransa, ubicado en la Av. Néstor Gambeta – Callao.

La Nave Industrial “Charlie” tiene un área techada de 60 m. x 240 m. = 14,400 m<sup>2</sup> y un muelle de descarga exterior de 2,400 m<sup>2</sup>, la nave cuenta con cimentación de concreto armado mediante zapatas aisladas y columnas de concreto hasta una altura de 2 m. sobre NPT, sobre las cuales se fijan columnas metálicas hasta una altura referencial de 10 m. (03 ejes de columna, 02 exteriores y 01 central, conformando 02 tramos de 30 m. de luz cada uno, sobre las columnas metálicas (cada 7.20 m.) se apoyan tijerales metálicos de soporte y una cobertura ligera del tipo perfil gran onda, la nave cuenta con una losa de concreto simple con refuerzo en las juntas H = 0.20 m, f'c = 280 kgs/cm<sup>2</sup> con endurecedor superficial mineral, donde circularán montacargas eléctricos y otros equipos para traslado e izaje de pallets (tráfico pesado), asimismo cuenta con racks metálicos fijados a la losa, mediante pernos de expansión para almacenamiento de pallets.

La Nave Industrial “Bravo” tiene un área techada de 60 m. x 240 m. = 14,400 m<sup>2</sup>, la nave cuenta con cimentación de concreto armado mediante zapatas aisladas y columnas de concreto hasta una altura de 2 m. sobre NPT, sobre las cuales se fijan columnas metálicas hasta una altura referencial de 10 m. (03 ejes de columna, 02 exteriores y 01 central, conformando 02 tramos de 30 m. de luz cada uno, sobre las columnas metálicas (cada 7.20 m.) se apoyan tijerales metálicos de soporte y una cobertura ligera del tipo perfil gran onda, la nave cuenta con una losa de concreto simple con refuerzo en las juntas H = 0.20 m, f'c = 210 kgs/cm<sup>2</sup>.

## 5.1 Costo de ejecución y reparación de losas de concreto hidráulico con refuerzo en las juntas con y sin endurecedor superficial expuestas a condiciones climáticas adversas.

Para el desarrollo de este punto se determinó el costo de ejecución de una losa de concreto hidráulico del proyecto “Nave Industrial Bravo” y otra losa de concreto hidráulico de similares características incluyendo el uso de endurecedor superficial con una dosificación correspondiente a tráfico pesado ( $5 \text{ Kg/m}^2$ ), del proyecto “Nave Industrial Charlie”.

Para la estimación de fisuras ocasionadas por exposición climáticas adversas en las losas de concreto hidráulico de ambos proyectos se tomó como referencia la investigación realizada por Rocha (2008), en la cual ensaya 5 losas de 0.20 m de ancho por 1.00 m de largo con un espesor de 4.5 cm expuestas a condiciones de viento intenso y temperatura de  $35^\circ \text{ C}$ .

### 5.1.1 Proyecto “Nave Industrial Bravo”

La Nave Industrial “Bravo” tiene un área techada de  $60 \text{ m.} \times 240 \text{ m.} = 14,400 \text{ m}^2$ , la nave cuenta con cimentación de concreto armado mediante zapatas aisladas y columnas de concreto hasta una altura de 2 m. sobre NPT, sobre las cuales se fijan columnas metálicas hasta una altura referencial de 10 m. (03 ejes de columna, 02 exteriores y 01 central, conformando 02 tramos de 30 m. de luz cada uno, sobre las columnas metálicas (cada 7.20 m.) se apoyan tijerales metálicos de soporte y una cobertura ligera del tipo perfil gran onda, la nave cuenta con una losa de concreto simple con refuerzo en las juntas  $H = 0.20 \text{ m}$ ,  $f^c = 210 \text{ kgs/cm}^2$ .

#### 5.1.1.1 Costo de ejecución y reparación de losa de concreto hidráulico sin endurecedor

##### A) Presupuesto

Para el cálculo del costo de ejecución de la losa de concreto hidráulico con refuerzo en las juntas, tomaremos como referencia el proyecto “Nave Industrial Bravo”, dicho proyecto contempló la construcción de una nave



industrial y en el primer nivel se construyó el mencionado tipo de losa, la cual tuvo las siguientes características:

- Área de losa de concreto ejecutada: 14,400 m<sup>2</sup>
- Espesor de Losa: 20 cm
- Concreto utilizado: f'c = 280 kg/cm<sup>2</sup>

Tabla N°12: Presupuesto losa de concreto hidráulico con refuerzo en las juntas

<b>PRESUPUESTO</b>					
<b>LOSA DE CONCRETO HIDRÁULICO CON REFUERZO EN LAS JUNTAS</b>					
<b>Item</b>	<b>Descripción</b>	<b>Und.</b>	<b>Metrado</b>	<b>Precio (S/)</b>	<b>Parcial (S/)</b>
<b>1.00</b>	<b>LOSA DE CONCRETO HIDRÁULICO CON REFUERZO EN LAS JUNTAS</b>				<b>1,310,489.92</b>
01.01	Concreto premezclado c/cemento tipo I, f'c=280 kg/cm <sup>2</sup> , para losa de piso	m <sup>3</sup>	2,880.00	S/ 365.09	1,051,451.85
01.02	Encofrado y desencofrado normal para losa de piso (h=20 cm.)	m	2,815.00	S/ 39.37	110,826.55
01.03	Dowells en juntas de dilatación 3/4" liso L= 0.60 m. @.30 m	und	1,600.00	S/ 12.02	19,239.52
01.04	Barras de transferencia en juntas de construcción 3/4" corrugado L= 0.60 m. @.30 m	und	8,000.00	S/ 10.49	83,900.00
01.05	Curado con aditivo en concreto	m <sup>2</sup>	14,400.00	S/ 3.13	45,072.00
<b>2.00</b>	<b>JUNTAS EN LOSA</b>				<b>91,107.46</b>
02.01	Junta de Construcción	m	2,400.00	S/ 10.56	25,355.41
02.02	Junta de Dilatación	m	480.00	S/ 18.00	8,640.00
02.03	Junta de Contracción	m	2,660.00	S/ 10.56	28,102.25
02.04	Junta de Aislamiento	m	1,048.80	S/ 27.66	29,009.81
<b>3.00</b>	<b>REPARACIÓN DE FISURAS (EN CASO DE COND. EXTREMAS)</b>				<b>211,395.26</b>
03.01	Reparación de fisuras en losa	m	8,456.00	S/ 25.00	211,395.26
<b>4.00</b>	<b>SELLADO Y/O RELLENO DE JUNTAS</b>				<b>88,264.36</b>
04.01	Relleno de juntas de construcción	m	2,400.00	S/ 12.00	28,811.93
04.02	Sellado de juntas de dilatación	m	480.00	S/ 18.00	8,640.00
04.03	Relleno de juntas de contracción	m	2,660.00	S/ 12.00	31,933.22
04.04	Sellado de juntas de aislamiento	m	1,048.80	S/ 18.00	18,879.21
	<b>COSTO DIRECTO (1)</b>			S/	<b>1,701,257.00</b>
	GASTOS GENERALES (2)		0.00%	S/	-
	UTILIDAD (3)		0.00%	S/	-
	<b>SUB TOTAL (4) = (1)+(2)+(3)</b>			S/	<b>1,701,257.00</b>
	IGV (5) = (4)*18%		18.00%	S/	306,226.26
	<b>TOTAL (6) = (4) + (5)</b>			S/	<b>2,007,483.26</b>
	ÁREA DE LOSA DE CONCRETO HIDRÁULICO (7)		14,400.00 m <sup>2</sup>		
	<b>COSTO DE EJECUCIÓN MÁS REPARACIÓN DE FISURAS POR M<sup>2</sup> (8) = (4) / (7)</b>			S/ <b>118.14</b>	SIN I.G.V.

Fuente: Elaboración propia

## B) Análisis de precios unitarios

Para el desarrollo de los análisis de precios unitarios se tomó como referencia el libro "Costos y Presupuestos en Edificación", publicado por la Cámara Peruana de la Construcción CAPECO (2003).

El precio de la mano de obra, materiales y herramientas están actualizados a diciembre del 2020.

Tabla N°13: A.P.U. Concreto premezclado c/cemento tipo I, f'c=280 kg/cm<sup>2</sup>, para losa de piso (m<sup>3</sup>)

Partida	01.01	Concreto premezclado c/cemento tipo I, f'c=280 kg/cm <sup>2</sup> , para losa de piso			
Rendimiento	m <sup>3</sup> /DIA	MO. 30.0000	EQ. 30.0000	Costo unitario directo por : m <sup>3</sup>	
<b>365.09</b>					
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
<b>Mano de Obra</b>					
CAPATAZ	hh	0.1000	0.0267	34.69	0.93
OPERARIO	hh	2.0000	0.5333	25.67	13.69
OFICIAL	hh	1.0000	0.2667	20.36	5.43
PEON	hh	4.0000	1.0667	18.44	19.67
OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	1.0000	0.2667	26.09	6.96
					<b>46.67</b>
<b>Materiales</b>					
CONCRETO PREMEZCLADO FC=280 kg/cm <sup>2</sup> CON CEMENTO TIPO I	m <sup>3</sup>		1.0500	264.60	277.83
SERVICIO DE BOMBA PARA CONCRETO PREMEZCLADO	m <sup>3</sup>		1.0500	34.65	36.38
					<b>314.21</b>
<b>Equipos</b>					
VIBRADOR ELECTRICA PARA CONCRETO 4 HP 2.40"	hm	1.0000	0.2667	10.50	2.80
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	46.68	1.40
					<b>4.20</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°14: A.P.U. Encofrado y desencofrado normal para losa de piso (h =20 cm.)

Partida	01.02	Encofrado y desencofrado normal para losa de piso (h =20 cm.)			
Rendimiento	m <sup>2</sup> /DIA	MO. 20.0000	EQ. 20.0000	Costo unitario directo por : m <sup>2</sup>	
<b>39.37</b>					
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
<b>Mano de Obra</b>					
CAPATAZ	hh	0.1000	0.0400	34.69	1.39
OPERARIO	hh	1.0000	0.4000	25.67	10.27
OFICIAL	hh	0.2000	0.0800	20.36	1.63
PEON	hh	1.0000	0.4000	18.44	7.38
					<b>20.67</b>
<b>Materiales</b>					
ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8	kg		0.2600	3.20	0.83
CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA 3"	kg		0.1000	3.50	0.35
CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA 4"	kg		0.1000	3.50	0.35
ADITIVO DESMOLDADOR PARA ENCOFRADO	kg		0.1000	55.50	5.55
MADERA TORNILLO	p2		2.0950	4.75	9.95
TRIPLAY FENOLICO ARAUCO 1.20 x 2.40 x 18 mm	pln		0.0111	95.00	1.05
					<b>18.08</b>
<b>Equipos</b>					
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	20.67	0.62
					<b>0.62</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15: A.P.U. Dowells de Acero liso L=0.60m, D=5/8"@0.20m (inc. Tub. PVC y Grasa)

Partida	01.03	Dowells de Acero liso L=0.60m, D=3/4"@0.30m (inc. Tub. PVC y Grasa)				
Rendimiento	und/DIA	MO. 200.0000	EQ. 200.0000	Costo unitario directo por : und		12.02
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/	
<b>Mano de Obra</b>						
CAPATAZ	hh	0.1000	0.0040	34.69	0.14	
OPERARIO	hh	1.0000	0.0400	25.67	1.03	
OFICIAL	hh	1.0000	0.0400	20.36	0.81	
PEON	hh	1.0000	0.0400	18.44	0.74	
<b>2.72</b>						
<b>Materiales</b>						
GRASA BITUMINOSA	kg		0.0200	135.00	2.70	
ACERO LISO EN VARILLAS DE 3/4" X 6 m	und		0.1050	48.94	5.14	
TUBERIA PVC SAL 1"	m		0.3500	3.56	1.25	
<b>9.08</b>						
<b>Equipos</b>						
TRONZADORA BOSCH GCO 2000	hm	0.2000	0.0080	10.00	0.08	
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	2.72	0.14	
<b>0.22</b>						

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°16: A.P.U. Curado con aditivo en concreto (m2)

02.05.11.05.01	Curado con Aditivo en Concreto					
Rendimiento	m2/DIA	MO. 250	EQ. 250	Costo unitario directo por : m2		3.13
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/	
<b>Mano de Obra</b>						
CAPATAZ	hh	0.1000	0.0032	32.48	0.10	
PEON	hh	1.0000	0.0320	17.12	0.55	
<b>0.65</b>						
<b>Materiales</b>						
ADITIVO CURADOR PARA CONCRETO	l		0.21	9.1	1.91	
<b>1.91</b>						
<b>Equipos</b>						
MOCHILA PULVERIZADORA	und		0.0008	680	0.54	
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	0.65	0.03	
<b>0.57</b>						

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°17: A.P.U. 02.01 Junta de Construcción

Partida	02.01	Junta de construcción				
Rendimiento	m/DIA	MO. 80.0000	EQ. 80.0000	Costo unitario directo por : m		10.56
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/	
<b>Mano de Obra</b>						
CAPATAZ	hh	0.1000	0.0100	32.48	0.32	
OPERARIO	hh	1.0000	0.1000	23.95	2.40	
PEON	hh	1.0000	0.1000	17.12	1.71	
					<b>4.43</b>	
<b>Equipos</b>						
CORTADORA DE PAVIMENTO EN FRESCO (SOFT CUT)	hm	1.0000	0.1000	60.00	6.00	
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	4.43	0.13	
					<b>6.13</b>	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°18: A.P.U. 02.02 Junta de Dilatación

Partida	02.02	Junta de Dilatación				
Rendimiento	m/DIA	MO. 80.0000	EQ. 80.0000	Costo unitario directo por : m		27.66
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/	
<b>Mano de Obra</b>						
CAPATAZ	hh	0.5000	0.0500	32.48	1.62	
OPERARIO	hh	1.0000	0.1000	23.95	2.40	
PEON	hh	2.0000	0.2000	17.12	3.42	
					<b>7.44</b>	
<b>Materiales</b>						
POLIESTIRENO EXPANDIDO 2 CM DE ESPESOR	m2		0.2000	100.00	20.00	
					<b>20.00</b>	
<b>Equipos</b>						
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	7.44	0.22	
					<b>0.22</b>	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°19: A.P.U. 02.03 Junta de contracción

Partida	02.03	Junta de contracción				
Rendimiento	m/DIA	MO. 80.0000	EQ. 80.0000	Costo unitario directo por : m		10.56
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/	
<b>Mano de Obra</b>						
CAPATAZ	hh	0.1000	0.0100	32.48	0.32	
OPERARIO	hh	1.0000	0.1000	23.95	2.40	
PEON	hh	1.0000	0.1000	17.12	1.71	
					<b>4.43</b>	
<b>Equipos</b>						
CORTADORA DE PAVIMENTO EN FRESCO (SOFT CUT)	hm	1.0000	0.1000	60.00	6.00	
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	4.43	0.13	
					<b>6.13</b>	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°20: A.P.U. 02.04 Junta de Aislamiento

Partida	02.04	Junta de Aislamiento				
Rendimiento	m/DIA	MO.	80.0000	EQ.	80.0000	Costo unitario directo por : m
						27.66
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/	
<b>Mano de Obra</b>						
CAPATAZ	hh	0.5000	0.0500	32.48	1.62	
OPERARIO	hh	1.0000	0.1000	23.95	2.40	
PEON	hh	2.0000	0.2000	17.12	3.42	
						7.44
<b>Materiales</b>						
POLIESTIRENO EXPANDIDO 2 CM DE ESPESOR	m2		0.2000	100.00	20.00	
						20.00
<b>Equipos</b>						
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	7.44	0.22	
						0.22

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°21: A.P.U. 04.01 Relleno en Juntas de Construcción

Partida	04.01	Relleno de juntas de Construcción				
Rendimiento	ml/DIA	MO.	100.00	EQ.	100.00	Costo unitario directo por : ml
						12.00
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/	
<b>Mano de Obra</b>						
CAPATAZ	hh	0.1000	0.0080	34.69	0.28	
OFICIAL	hh	1.0000	0.0800	20.36	1.63	
PEON	hh	1.0000	0.0800	18.44	1.48	
						3.38
<b>Materiales</b>						
SIKAFLEX 11FC PLUS GRIS 600 ml	und		0.221	30.10	6.64	
CINTA MASKING TAPE 1" x 40 yd	und		0.0560	4.40	0.25	
						6.88
<b>Equipos</b>						
COMPRESORA DE AIRE	hm	1.0000	0.0800	20.00	1.60	
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	4.51	0.14	
						1.74

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°22: A.P.U. 04.02 Sellado de Juntas de dilatación

Partida	04.02	Sellado de juntas de dilatación				
Rendimiento	m/DIA	MO.	80.0000	EQ.	80.0000	Costo unitario directo por : m
						18.00
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/	
<b>Mano de Obra</b>						
CAPATAZ	hh	0.5000	0.0500	32.48	1.62	
OPERARIO	hh	1.0000	0.1000	23.95	2.40	
PEON	hh	2.0000	0.2000	17.12	3.42	
						7.44
<b>Materiales</b>						
POLIESTIRENO EXPANDIDO 2 CM DE ESPESOR	m2		0.2000	51.70	10.34	
						10.34
<b>Equipos</b>						
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	7.44	0.22	
						0.22

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°23: A.P.U. 04.03 Relleno de Juntas de Contracción

Partida	04.03	Relleno de juntas de Contracción				
Rendimiento	ml/DIA	MO. 100.00	EQ. 100.00	Costo unitario directo por : ml		12.00
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/	
<b>Mano de Obra</b>						
CAPATAZ	hh	0.1000	0.0080	34.69	0.28	
OFICIAL	hh	1.0000	0.0800	20.36	1.63	
PEON	hh	1.0000	0.0800	18.44	1.48	
						<b>3.38</b>
<b>Materiales</b>						
SIKAFLEX 11FC PLUS GRIS 600 ml	und		0.221	30.10	6.64	
CINTA MASKING TAPE 1" x 40 yd	und		0.0560	4.40	0.25	
						<b>6.88</b>
<b>Equipos</b>						
COMPRESORA DE AIRE	hm	1.0000	0.0800	20.00	1.60	
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	4.51	0.14	
						<b>1.74</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°24: Sellado de Juntas de Aislamiento

Partida	04.04	Sellado de juntas de aislamiento				
ml/DIA	MO. 80.0000	EQ. 80.0000	Costo unitario directo por : ml		18.00	
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/	
<b>Mano de Obra</b>						
CAPATAZ	hh	0.1000	0.0100	34.69	0.35	
OFICIAL	hh	1.0000	0.1000	20.36	2.04	
PEON	hh	0.7500	0.0750	18.44	1.38	
						<b>3.77</b>
<b>Materiales</b>						
SIKAFLEX 11FC PLUS GRIS 600 ml	und		0.409	30.10	12.30	
CINTA MASKING TAPE 1" x 40 yd	und		0.058	4.40	0.25	
						<b>12.55</b>
<b>Equipos</b>						
COMPRESORA DE AIRE	hm	1.0000	0.1000	15.00	1.50	
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	6.03	0.18	
						<b>1.68</b>

Fuente: Elaboración propia

Por lo expuesto en el anterior párrafo el costo de ejecución de la losa de concreto hidráulico con refuerzo en las juntas es S/ 118.14 por m<sup>2</sup> y convertido a dólares con el tipo de cambio promedio del año 2020 en Perú, según la Superintendencia del Mercado de Valores de Perú 3.48, resulta un costo real de ejecución por m<sup>2</sup> de losa de concreto hidráulico con acero de refuerzo de US\$ 33.95 dólares americanos, dicho costo incluye las siguientes partidas:

1. Mano de Obra Calificada:
  - a) Topógrafo

- b) Maestro de Obra
- c) Operarios varios
- d) Oficiales
- e) Peones

2. Materiales:

- Encofrado de madera
- Concreto  $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$  (Incluye transporte y colocación)
- Juntas de Aislamiento
- Juntas de Dilatación
- Juntas de Contracción
- Curado de Losa con Aditivo.
- Sellos de Juntas

3. Equipos y Herramientas:

- Estación Total
- Bomba de Concreto.
- Mezcladoras de Concreto
- Vibrador de Concreto

4. El precio unitario de ejecución no incluye las siguientes partidas:

- Movimiento de tierras
- Endurecedores
- Cobertura metálica
- Estanterías,

### 5.1.1.2 Costo de reparación de fisuras de losa de concreto hidráulico sin endurecedor

La Nave Industrial “Charlie” tiene un área techada de 60 m. x 240 m. = 14,400 m<sup>2</sup> y un muelle de descarga exterior de 2,400 m<sup>2</sup>, la nave cuenta con cimentación de concreto armado mediante zapatas aisladas y columnas de concreto hasta una altura de 2 m. sobre NPT, sobre las cuales se fijan columnas metálicas hasta una altura referencial de 10 m. (03 ejes de columna, 02 exteriores y 01 central, conformando 02 tramos de 30 m. de luz cada uno, sobre las columnas metálicas (cada 7.20 m.) se apoyan tijerales metálicos de soporte y una cobertura ligera del tipo perfil gran onda, la nave cuenta con una losa de concreto simple con refuerzo en las juntas H = 0.20 m, f'c = 280 kgs/cm<sup>2</sup> con endurecedor superficial mineral, donde circularán montacargas eléctricos y otros equipos para traslado e izaje de pallets (tráfico pesado), asimismo cuenta con racks metálicos fijados a la losa, mediante pernos de expansión para almacenamiento de pallets.

A) Estimación de número de fisuras en losa de concreto hidráulico sin endurecedor por exposición a condiciones climáticas desfavorables

Rocha (2008) en su investigación, luego de someter a una losa de concreto hidráulico sin endurecedor superficial a condiciones de viento intenso y a una temperatura promedio de 35°C por alrededor de una hora, obtuvo los resultados presentes en la tabla N°25:

Tabla N°25: Resultados de fisuración de muestra sin endurecedor superficial ensayada

Probeta N°	N° Fisuras	Espesor en mm	Largo en mm	Área en mm <sup>2</sup>	Área en cm <sup>2</sup>
1	1	0,4	190	76	0,76
1	1	0,2	150	30	0,3
1	1	0,3	180	54	0,54
<b>Total Fisuras</b>				<b>Fisuración Total (cm<sup>2</sup>).</b>	<b>1,6</b>

Fuente: Elaboración propia

En una muestra de 20.00 cm de ancho con 1.00 m de largo y 4.5 cm de espesor, se presentaron 3 fisuras de 19 cm, 18 cm y 15 cm totalizando 52 cm, el ancho total para las 3 fisuras mencionadas anteriormente es 60 cm, dividiendo la longitud total de fisuras con el ancho total resulta un porcentaje de fisuración



de 87%, para un espesor de 4.5 cm por someter a una losa a condiciones de viento intenso 30 Km/ h y temperatura promedio de 35°C.

Para el caso de la losa de concreto hidráulico del proyecto “Bravo” se tiene una losa de 60.00 m de ancho con 240.00 de largo y 20 cm. de espesor, resultando un área total de 14,000.00 m<sup>2</sup>. Tomando en consideración el porcentaje de fisuración calculado anteriormente, para un ancho total de 3m por 87% se obtiene 2.61 m de fisuras por m<sup>2</sup>. Realizando el cálculo utilizando el ratio de fisuras por m<sup>3</sup> de concreto hidráulico que se tiene de la investigación realizada por Rocha (2008), se obtiene que para 14,000.00 m<sup>2</sup> le corresponde 37,584.00 m de fisuras para una losa con espesor de 4.5 cm, sin embargo la losa analizada cuenta con un espesor de 20 cm, por lo que realizando un cálculo inversamente proporcional resulta finalmente 8,456 m de fisuras.

En la Fig. N° 21 se puede observar las 3 fisuras que tuvo como resultado del ensayo de losa realizado por Rocha (2008), luego de someterla a condiciones de viento intenso y temperatura promedio de 35°C.



Figura N°21: Resultado de muestra sin endurecedor superficial expuesta a viento y calor.  
Fuente: Rocha (2008), Sistema de endurecedores superficiales para pisos industriales.

## B) Análisis de precios unitarios

Tabla N°26: A.P.U de reparación de fisuras en losa de concreto hidráulico

Partida	1.01 Reparación de fisuras en losa						
Rendimiento	m/DIA	MO.	50.0000	EQ.	50.0000	Costo unitario directo por : m	
							<b>25.00</b>
Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/	
<b>Mano de Obra</b>							
CAPATAZ		hh	0.1000	0.0160	34.69		0.56
OPERARIO		hh	1.0000	0.1600	25.67		4.11
PEON		hh	1.0000	0.1600	18.44		2.95
							<b>7.61</b>
<b>Materiales</b>							
SIKAFLEX 11FC GRIS HORMIGON 300 ml		und		0.4200	17.00		7.14
PER BACKER ROD 1 1/4" ROLLO X 122 M		m		1.0500	2.36		2.48
APLICADOR PARA SIKAFLEX 600 ml HCGO115		m		0.1000	23.00		2.30
CINTA MASKING TAPE 1" x 40 yd		und		0.0270	4.40		0.12
							<b>12.04</b>
<b>Equipos</b>							
ESMERIL ANGULAR ELÉCTRICO DE 7"		día	6.0000	0.1200	15.00		1.80
EQUIPO DE COMPRESIÓN DE AIRE		día	6.0000	0.1200	25.00		3.00
HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		5.0000	10.92		0.55
							<b>5.35</b>

Fuente: Elaboración propia

### 5.1.2 Proyecto "Nave Industrial Charlie"

#### 5.1.2.1 Costo de ejecución de losa de concreto hidráulico con endurecedor

##### A) Presupuesto

Para el cálculo del costo de ejecución de la losa de concreto hidráulico con refuerzo en las juntas con endurecedor superficial mineral con una dosis correspondiente a tráfico pesado (5 Kg/m<sup>2</sup>), tomaremos como referencia el proyecto "Nave Industrial Charlie", dicho proyecto contempló la construcción de una nave industrial y en el primer nivel se construyó el mencionado tipo de losa, la cual tuvo las siguientes características:

- Área de losa de concreto ejecutada: 14,400 m<sup>2</sup>
- Espesor de Losa: 20 cm.
- Concreto utilizado: f'c = 280 kg/cm<sup>2</sup>
- Tipo de endurecedor superficial utilizado: Sikafloor 3 Cuarzo Top.
- Dosificación: 5 Kg/m<sup>2</sup> (Tráfico Pesado)

Tabla N°27: Presupuesto losa de concreto hidráulico con refuerzo en las juntas y endurecedor superficial mineral

<b>PRESUPUESTO</b>					
<b>LOSA DE CONCRETO HIDRÁULICO CON REFUERZO EN LAS JUNTAS Y CON ENDURECEDOR SUPERFICIAL</b>					
Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio (S/)	Parcial (S/)
<b>1.00</b>	<b>LOSA DE CONCRETO HIDRÁULICO CON REFUERZO EN LAS JUNTAS</b>				<b>1,696,828.45</b>
01.01	Concreto premezclado c/cemento tipo I, f <sub>c</sub> =210 kg/cm <sup>2</sup> , para losa de piso	m <sup>3</sup>	2,880.00	S/ 365.09	1,051,451.85
01.02	Encofrado y desencofrado normal para losa de piso (h =20	m	2,815.00	S/ 39.37	110,826.55
01.03	Sistema de transferencia - Dowells en juntas 3/4" L= 0.60 m.	und	1,600.00	S/ 12.02	19,239.52
01.04	Curado con aditivo en concreto	m <sup>2</sup>	14,400.00	S/ 3.13	45,072.00
01.05	Suministro y aplicación de endurecedor superficial de cuarzo	m <sup>2</sup>	14,400.00	S/ 32.66	470,238.53
<b>2.00</b>	<b>JUNTAS EN LOSA</b>				<b>91,107.46</b>
02.01	Junta de Construcción	m	2,400.00	S/ 10.56	25,355.41
02.02	Junta de Dilatación	m	480.00	S/ 18.00	8,640.00
02.03	Junta de Contracción	m	2,660.00	S/ 10.56	28,102.25
02.04	Junta de Aislamiento	m	1,048.80	S/ 27.66	29,009.81
<b>3.00</b>	<b>SELLADO Y/O RELLENO DE JUNTAS</b>				<b>140,921.88</b>
03.01	Relleno de juntas de construcción	m	2,400.00	S/ 20.00	47,989.08
03.02	Sellado de juntas de dilatación	m	480.00	S/ 26.00	12,480.00
03.03	Relleno de juntas de contracción	m	2,660.00	S/ 20.00	53,187.89
03.04	Sellado de juntas de aislamiento	m	1,048.80	S/ 26.00	27,264.91
	<b>COSTO DIRECTO (1)</b>			S/	<b>1,928,857.79</b>
	GASTOS GENERALES (2)		0.00%	S/	-
	UTILIDAD (3)		0.00%	S/	-
	<b>SUB TOTAL (4) = (1)+(2)+(3)</b>			S/	<b>1,928,857.79</b>
	IGV (5) = (4)*18%		18.00%	S/	347,194.40
	<b>TOTAL (6) = (4) + (5)</b>			S/	<b>2,276,052.19</b>
	ÁREA DE LOSA DE CONCRETO HIDRÁULICO (7)		14,400.00	m <sup>2</sup>	
	<b>COSTO DE EJECUCIÓN POR M2 (8) = (4) / (7)</b>		S/	<b>133.95</b>	<b>SIN I.G.V.</b>

Fuente: Elaboración propia

## B) Análisis de precios unitarios

Para el desarrollo de los análisis de precios unitarios se tomó como referencia el libro “Costos y Presupuestos en Edificación”, publicado por la Cámara Peruana de la Construcción CAPECO (2003).

El precio de la mano de obra, materiales y herramientas están actualizados a diciembre del 2020.

Tabla N°28: A.P.U. 01.05 Suministro y aplicación de endurecedor superficial de cuarzo 5 kg/cm2

Partida	0.00 Suministro y aplicación de endurecedor superficial de cuarzo 5kg/m2					
Rendimiento	m2/DIA	MO.	30.0000	EQ.	30.0000	Costo unitario directo por : m2
						<b>32.66</b>
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/	
<b>Mano de Obra</b>						
CAPATAZ	hh	0.1000	0.0267	34.69	0.93	
OPERARIO	hh	1.0000	0.2667	25.67	6.85	
PEON	hh	1.0000	0.2667	18.44	4.92	
						<b>12.69</b>
<b>Materiales</b>						
ADITIVO ENDURECEDOR DE PISO SIKAFLOOR-3 CUARZO TOP	kg		5.2500	2.00	10.50	
						<b>10.50</b>
<b>Equipos</b>						
ALISADORA DE CONCRETO 9 HP	día	1.0000	0.0333	265.00	8.83	
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	12.69	0.63	
						<b>9.47</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°29: A.P.U. 03.01 Relleno de Juntas de Construcción

Partida	03.01 Relleno de juntas de Construcción					
Rendimiento	ml/DIA	MO.	100.00	EQ.	100.00	Costo unitario directo por : ml
						<b>20.00</b>
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/	
<b>Mano de Obra</b>						
CAPATAZ	hh	0.1000	0.0080	34.69	0.28	
OFICIAL	hh	1.0000	0.0800	20.36	1.63	
PEON	hh	1.0000	0.0800	18.44	1.48	
						<b>3.38</b>
<b>Materiales</b>						
SELLADOR DE EPOXICO SEMIRÍGIDO	und		0.221	66.34	14.63	
CINTA MASKING TAPE 1" x 40 yd	und		0.0560	4.40	0.25	
						<b>14.87</b>
<b>Equipos</b>						
COMPRESORA DE AIRE	hm	1.0000	0.0800	20.00	1.60	
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	4.51	0.14	
						<b>1.74</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°30: A.P.U. 03.02 Sellado de Juntas de Dilatación

Partida	03.02	Sellado de juntas de dilatación				
Rendimiento	m/DIA	MO. 80.0000	EQ. 80.0000	Costo unitario directo por : m		26.00
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/	
<b>Mano de Obra</b>						
CAPATAZ	hh	0.5000	0.0500	32.48	1.62	
OPERARIO	hh	1.0000	0.1000	23.95	2.40	
PEON	hh	2.0000	0.2000	17.12	3.42	
					<b>7.44</b>	
<b>Materiales</b>						
SELLADOR DE POLYUREA	m2		0.2000	91.70	18.34	
					<b>18.34</b>	
<b>Equipos</b>						
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	7.44	0.22	
					<b>0.22</b>	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°31: A.P.U. 03.03 Relleno de Juntas de Contracción

Partida	03.03	Relleno de Juntas de Contracción				
Rendimiento	ml/DIA	MO. 100.00	EQ. 100.00	Costo unitario directo por : ml		20.00
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/	
<b>Mano de Obra</b>						
CAPATAZ	hh	0.1000	0.0080	34.69	0.28	
OFICIAL	hh	1.0000	0.0800	20.36	1.63	
PEON	hh	1.0000	0.0800	18.44	1.48	
					<b>3.38</b>	
<b>Materiales</b>						
SELLADOR DE EPOXICO SEMIRÍGIDO	und		0.221	66.34	14.63	
CINTA MASKING TAPE 1" x 40 yd	und		0.0560	4.40	0.25	
					<b>14.87</b>	
<b>Equipos</b>						
COMPRESORA DE AIRE	hm	1.0000	0.0800	20.00	1.60	
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	4.51	0.14	
					<b>1.74</b>	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°32: A.P.U. 03.04 Sellado de juntas de Aislamiento

Partida	03.04	Sellado de juntas de aislamiento				
ml/DIA	MO.	80.0000	EQ.	80.0000	Costo unitario directo por : ml	26.00
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/	
<b>Mano de Obra</b>						
CAPATAZ	hh	0.5000	0.0500	32.48	1.62	
OFICIAL	hh	1.0000	0.1000	23.95	2.40	
PEON	hh	2.0000	0.2000	17.12	3.42	
					<b>7.44</b>	
<b>Materiales</b>						
SELLADOR DE POLYUREA	und		0.200	91.70	18.34	
					<b>18.34</b>	
<b>Equipos</b>						
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	7.44	0.22	
					<b>0.22</b>	

Fuente: Elaboración propia

Por lo expuesto en el anterior párrafo el costo de ejecución de la losa de concreto hidráulico con refuerzo en las juntas y endurecedor superficial es S/ 133.95 por m<sup>2</sup> y convertido a dólares con el tipo de cambio promedio del año 2020 en Perú, según la Superintendencia del Mercado de Valores de Perú 3.48, resulta un costo real de ejecución por m<sup>2</sup> de losa de concreto hidráulico con acero de refuerzo de US\$ 38.50 dólares americanos, dicho costo incluye las siguientes partidas:

C) Mano de Obra Calificada:

- a) Topógrafo
- b) Maestro de Obra
- c) Operarios varios
- d) Oficiales
- e) Peones

D) Materiales:

- Encofrado de madera
- Concreto f'c = 280 Kg/cm<sup>2</sup> (Incluye transporte y colocación)
- Juntas de Aislamiento

- Juntas de Dilatación
- Juntas de Contracción
- Curado de Losa con Aditivo.
- Aditivo Endurecedor Sikafloor-3 Cuarzo Top
- Sellos de Juntas

E) Equipos y Herramientas:

- Estación Total
- Bomba de Concreto.
- Mezcladoras de Concreto
- Vibrador de Concreto

F) El precio unitario de ejecución no incluye las siguientes partidas:

- Movimiento de tierras
- Endurecedores
- cobertura metálica
- Estanterías,
- Instalaciones eléctricas, agua, gas.

#### 5.1.2.2 Costo de reparación de fisuras de losa de concreto hidráulico sin endurecedor

A) Estimación de número de fisuras en losa de concreto hidráulico sin endurecedor por exposición a condiciones climáticas desfavorables

Rocha (2008) en su investigación, luego de someter a una losa de concreto hidráulico aplicándole endurecedor superficial con una dosificación para tráfico pesado a condiciones de viento intenso y a una temperatura promedio de 35°C por alrededor de una hora, obtuvo los resultados presentes en la tabla N°33:

Tabla N°33: Resultados de fisuración de muestra con endurecedor superficial ensayada

Sika Floor-3QuartzTop Alta					
Probeta N°	N° Fisuras	Espesor en mm	Largo en mm	Área en mm2.	Área en cm2
1	0	0	0	0	0
Total Fisuras				Fisuración Total (cm2).	0

Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar en la tabla N° 33, en una muestra de 20.00 cm de ancho con 1.00 m de largo y 4.5 cm de espesor, aplicándole endurecedor superficial mineral del tipo Sikafloor 3 Cuarzo, no se obtuvo fisura alguna, esto debido a la acción del endurecedor superficial, por lo tanto, el costo de reparación de fisuras de la losa de concreto hidráulico del proyecto “Nave Industrial Charlie” es S/ 0.00.

En la fig. N° 22 se puede observar que la muestra a la que se le aplicó endurecedor superficial Sikafloor-3 Cuarzo Top no presentó fisuras luego del ensayo de losa realizado por Rocha (2008), luego de someterla a condiciones de viento intenso y temperatura promedio de 35°C.



Figura N°22: Resultado de muestra con aplicación de endurecedor superficial expuesta a viento y calor.

Fuente: Rocha (2008), Sistema de endurecedores superficiales para pisos industriales.



## 5.2 Costos de reparaciones y mantenimiento anual de fallas por impacto y abrasión con y sin endurecedor superficial mineral

Se realizaron tablas comparativas de costos por reparaciones y mantenimiento anual de juntas en losa de concreto simple vs losa con endurecedor mineral en naves industriales "Bravo" y "Charlie" – Ransa en la provincia constitucional del Callao.

A continuación, se presenta la Tabla N°37 con los distintos tipos de juntas y los metrados correspondientes (obtenidos de los esquemas en planta de la losa, con la modulación correspondiente (ver Figura N°21 y N°22), de la cual se han calculado dichos metrados que aparecen en la Tabla N°35).

Para la presente tesis, considerando que la losa de la Nave Industrial “Bravo” es de concreto simple con refuerzo en las juntas, se han considerado fallas por sollicitaciones de impacto y abrasión sobre la losa, dividiéndose la misma en 02 componentes típicos:

- Losa continua (losa entre juntas o losa entre juntas y bordes libres)
- Juntas (dilatación, con muros, contracción, construcción)

Para estos componentes de las losas (losa continua y juntas) se han considerado las fallas/daños producidos en el primer año de uso de la losa por sollicitaciones de impacto, abrasión de las cargas de servicio para tráfico mediano (Bravo) y pesado (Charlie) (por montacargas, estocas manuales, transpaletas motorizadas con llantas neumáticas y llantas rígidas, uñas de montacargas, etc.), con los cuales se han calculado los costos de reparaciones y mantenimiento anual de los daños generados en dichos componentes:

- Daños en losa continua:  
Se han considerado daños por:
  1. Reparación de superficie de losa por impacto
  2. Reparación de superficie de losa por abrasión
- Daños en juntas:  
Se han considerado daños por:
  1. Reparación de bordes de juntas
  2. Resellado de juntas

Los procedimientos de reparación de los daños listados en losa continua y juntas se han indicado en las notas al pie de cada tabla y en los resultados (ver ítem 6.2.2):

- Reparaciones en losa continua: REP IMP = Reparación por impacto, REP ABRAS = Reparación por abrasión
- Reparaciones en juntas: REP B = Reparación de bordes de juntas, RELL = Relleno o resellado de juntas
- Incidencia de fallas en juntas de losas de concreto hidráulico con endurecedores superficiales, debidas al inadecuado proceso constructivo, temperaturas extremas, etc.

Según la distinta documentación consultada para desarrollar el 100% de las mejoras en las capacidades resistentes al impacto y abrasión de los endurecedores superficiales se debe considerar el procedimiento de trabajo adecuado, el cual considera principalmente los siguientes aspectos:

- Recursos humanos (personal de línea de mando y obreros capacitados para construcción de losas de concreto hidráulico/pisos industriales, según cada proyecto en particular).
- Materiales a emplear (concreto premezclado, curadores, endurecedores superficiales, etc.).
- Equipos y herramientas a emplear (regla esparcidora/vibratoria, vibradores de inmersión, esparcidora de endurecedores (manual/mecánica), allanadoras o helicópteros, cortadoras de concreto, etc.).
- Modo de proceder:
  1. Verificación de sub-base granular (grado de compactación, nivelación).
  2. Verificación de encofrados, fijación, niveles, alineamientos, etc.
  3. Colocación de concreto y endurecedores (control de calidad del concreto, secuencia del vaciado (por franjas, por bloques), condiciones climáticas (vaciado diurno y/o nocturno, temperaturas extremas, vaciado bajo área techada/empleo de toldos, cerramiento lateral definitivo o provisional, secuencia de colocación de endurecedores (01 o 02 capas, según fabricante), proceso de allanado (manual o mecánico), curado del concreto

(tipos de curadores, tiempo para inicio de curado, etc.), corte de juntas de contracción (corte temprano, corte convencional, etc.).

- Control de calidad: Regularidad superficial (planeidad, nivelación recomendado dentro de las 24 a 48 horas luego de colocado el concreto, con equipos adecuados y operador calificado.

De los 05 aspectos principales que se deben considerar en el proceso constructivo/procedimiento del trabajo (recursos humanos, materiales, equipos y herramientas, modos de proceder, control de calidad), la incidencia de los endurecedores superficiales en la generación de fallas/daños en las juntas asociados a inadecuado proceso constructivo serían principalmente atribuibles a:

1. Proceso inadecuado de manejo y colocación de endurecedores (colocación en presencia de agua de sangrado del concreto (falla por descascaramiento o escamadura), dosificación en defecto respecto a lo que indica la hoja técnica del endurecedor, incorrecto proceso de incrustación o allanado/uso de equipos inadecuados).

Respecto a la incidencia de la temperatura en la colocación de los endurecedores, en las hojas técnicas de los distintos productos, se indican los rangos de temperatura en los cuales pueden ser instalados en forma adecuada, por ejemplo, según hoja técnica del endurecedor MasterTop 100 de BASF, se indica que durante el proceso de curado, la temperatura del ambiente debe ser superior a 10°C (no restringiendo a un máximo de temperatura), Endurecedores en mal estado debido a condiciones inadecuadas de acopio (exposición a la humedad, radiación solar intensa, fuera de fecha de vencimiento).

En la Tabla N°37 se muestran los distintos tipos de juntas existentes en la losa de concreto de la Nave Industrial “Bravo” (dilatación, construcción, contracción, de aislamiento con columnas, de aislamiento con muros), con sus dimensiones (ancho x profundidad), el metrado correspondiente a cada tipo obtenidos de los esquemas de planta de la Nave Industrial “Bravo” (ver Figura N°21), con la modulación de juntas, en los cuales se ha incluido un cuadro de metrados, también se han incluido los metrados correspondientes

a las juntas dañadas, asimismo, se consideran las reparaciones a los principales tipos de daños producidos por impacto y abrasión sobre la losa (reparación de bordes de juntas RB, resellado de juntas RESELL), con los precios unitarios correspondientes, obteniéndose los parciales para ambos tipos de daños y el costo total de reparación anual, el cual se divide entre el área de la losa (14,400 m<sup>2</sup>), para obtener el costo unitario (S/m<sup>2</sup>) de reparaciones y mantenimiento anual de juntas.

En la Tabla N°38 se muestran los distintos tipos de juntas existentes en la losa de concreto de la Nave Industrial “Charlie” (dilatación, construcción, contracción, de aislamiento con columnas, de aislamiento con muros), con sus dimensiones (ancho x profundidad), el metrado correspondiente a cada tipo obtenidos de los esquemas de planta de la Nave Industrial “Charlie” (ver Figura N°22), con la modulación de juntas, en los cuales se ha incluido un cuadro de metrados, también se han incluido los metrados correspondientes a las juntas dañadas, asimismo, se consideran las reparaciones a los principales tipos de daños producidos por impacto y abrasión sobre la losa (reparación de bordes de juntas RB, relleno de juntas RELL), con los precios unitarios correspondientes, obteniéndose los parciales para ambos tipos de daños y el costo total de reparación anual, el cual se divide entre el área de la losa (16,800 m<sup>2</sup>), para obtener el costo unitario (S/m<sup>2</sup>) de reparaciones y mantenimiento anual de juntas.

La Tabla N°39 muestra las características de las losas de concreto de las Naves Industriales “Bravo” y “Charlie” (área, detalles de la losa, recubrimientos, tratamiento de juntas), con los costos unitarios de mantenimiento y reparación anual de juntas (S/m<sup>2</sup>), calculándose el ahorro anual (S/m<sup>2</sup>) y su porcentaje, correspondiente de la losa de concreto con endurecedor mineral (“Charlie”), respecto a la losa de concreto simple, sin endurecedor mineral (“Bravo”).

La Tabla N°40 muestra los metrados del área de las losas de las Naves Industriales “Bravo” y “Charlie”, obtenidos de los esquemas de planta correspondientes (ver Figura N°21 y N°22), con las áreas totales, también se han incluido los metrados correspondientes a las áreas dañadas (puntos de impacto y reparación de superficie por abrasión), con los precios

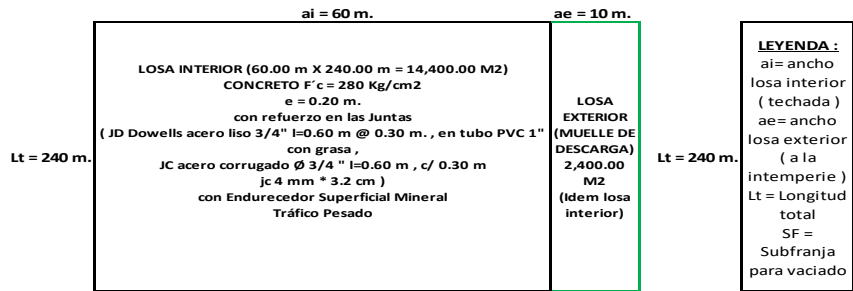
unitarios correspondientes, obteniéndose los parciales para ambos tipos de daños y el costo total de reparación anual, el cual se divide entre el área de cada losa (“Bravo”: 14,400 m<sup>2</sup> y “Charlie”: 16,800 m<sup>2</sup>), para obtener los costos unitarios (S/m<sup>2</sup>) de reparaciones y mantenimiento anual de losa continua.

La Tabla N°41 Muestra las características de las losas de concreto de las Naves Industriales “Bravo” y “Charlie” (área, detalles de la losa, recubrimientos, tratamiento de juntas), con los costos unitarios de mantenimiento y reparación anual de superficie continua de losa (S/m<sup>2</sup>), calculándose el ahorro anual (S/m<sup>2</sup>) y porcentaje, correspondiente de la losa de concreto con endurecedor mineral (“Charlie”), respecto a la losa de concreto simple, sin endurecedor mineral (“Bravo”).

La Tabla N°42 muestra las características de las losas de concreto de las Naves Industriales “Bravo” y “Charlie” (área, detalles de la losa, recubrimientos, tratamiento de juntas), con los costos unitarios parciales de mantenimiento y reparación anual de juntas y superficie continua de losa (S/m<sup>2</sup>), calculándose los costos anuales totales correspondientes (S/m<sup>2</sup>) y la incidencia porcentual anual, correspondiente a cada componente (reparación de juntas y reparación de superficie de losa continua) respecto al costo total de reparaciones.

**NAVE INDUSTRIAL "CHARLIE" - CENTRO DE DISTRIBUCIÓN RANSA OPERADOR LOGÍSTICO - CALLAO**

(S/E)

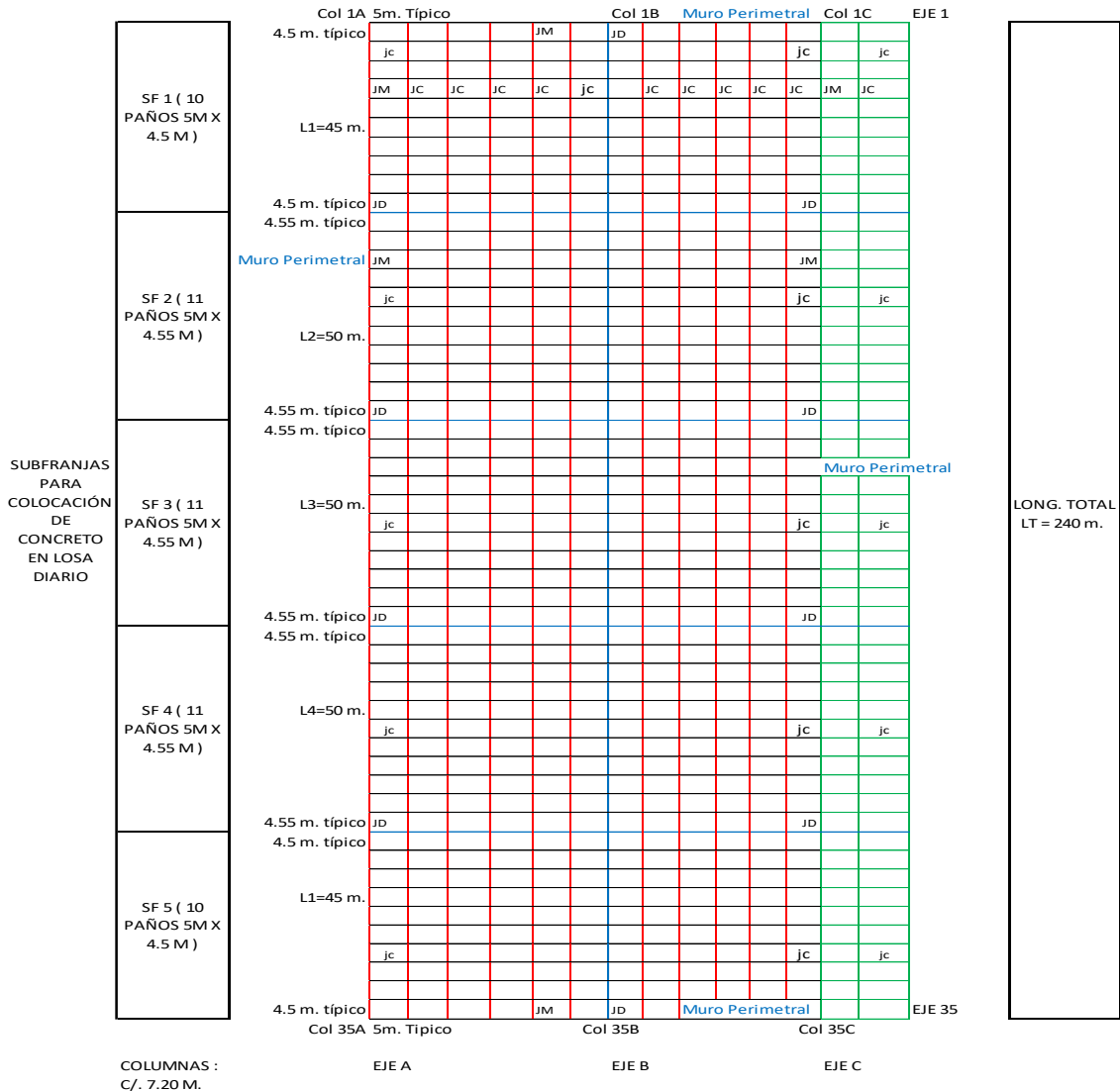


**PLANTA DE JUNTAS EN LOSA NAVE INDUSTRIAL "CHARLIE"**

**FRANJAS/SECUENCIA PARA COLOCACIÓN DE CONCRETO EN LOSA**

1	3	2	5	4	7	6	9	8	11	10	12	14	13
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----

Losa Interior : ancho , ai = 60 m.		Losa Exterior
a1 =30 m.	a2 =30 m.	ae = 10m



**NOTA :**

ALTERNATIVA DE COLOCACIÓN DE CONCRETO 01 : CON 01 EQUIPO DE TRABAJO :  
14 FRANJAS X 05 DIAS C/U = 70 DÍAS DE PLAZO DE EJECUCIÓN

ALTERNATIVA DE COLOCACION DE CONCRETO 02 : CON 02 EQUIPOS DE TRABAJO :  
14 FRANJAS X 05 DÍAS C/U/2 = 35 DÍAS DE PLAZO DE EJECUCIÓN

Figura N°23: Planta de juntas en losa Nave Industrial “Charlie”

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N°34: Metrado de juntas en losa Nave Industrial "Charlie"

JUNTA	TIPO	CANT	L (m)	PARC ( m)	TOTAL (m)	TOTAL POR TIPO ( m)
						( INT+EXT)
<b>INTERIORES</b>						
JD	DILATACIÓN	4.00	60.00	240.00		
		1.00	240.00	240.00	480.00	520.00
JC	CONSTRUCCIÓN	10.00	240.00	2,400.00	2,400.00	2,640.00
jc	CONTRACCIÓN	38.00	60.00	2,280.00	2,280.00	2,660.00
jcol	COLUM. CENTRALES	33.00	3.20	105.60	105.60	
		66.00	1.60	105.60	105.60	211.20
		99.00	2.40	237.60	237.60	237.60
JM	CON MUROS	2.00	60.00	120.00		
		2.00	240.00	480.00	600.00	840.00
<b>EXTERIORES</b>						
JD	DILATACIÓN	4.00	10.00	40.00	40.00	
JC	CONSTRUCCIÓN	1.00	240.00	240.00	240.00	
jc	CONTRACCIÓN	38.00	10.00	380.00	380.00	
JM	CON MUROS	1.00	240.00	240.00	240.00	

Fuente: Elaboración propia



**NAVE INDUSTRIAL "BRAVO" - CENTRO DE DISTRIBUCIÓN RANSA OPERADOR LOGÍSTICO - CALLAO**

(S/E)

ai = 60 m.

**Lt = 240 m.**

**LOSA INTERIOR ( 60.00 m X 240.00 m = 14400.00 M2 )**  
**CONCRETO F'c = 280 Kg/cm2**  
**e = 0.20 m.**  
**con refuerzo en las Juntas**  
**( JD Dowells acero liso 3/4" l=0.60 m @ 0.30 m. , en tubo PVC 1"**  
**con grasa ,**  
**JC acero corrugado Ø 3/4 " l=0.60 m , c/ 0.30 m**  
**jc 4 mm \* 3.2 cm )**  
**Trafico Medio**

**LEYENDA :**  
 ai= ancho  
 losa interior  
 ( techada )  
 Lt = Longitud  
 total  
 ( a la  
 intemperie )

SF =  
 Subfranja  
 para vaciado

**PLANTA DE JUNTAS EN LOSA NAVE INDUSTRIAL "BRAVO"**

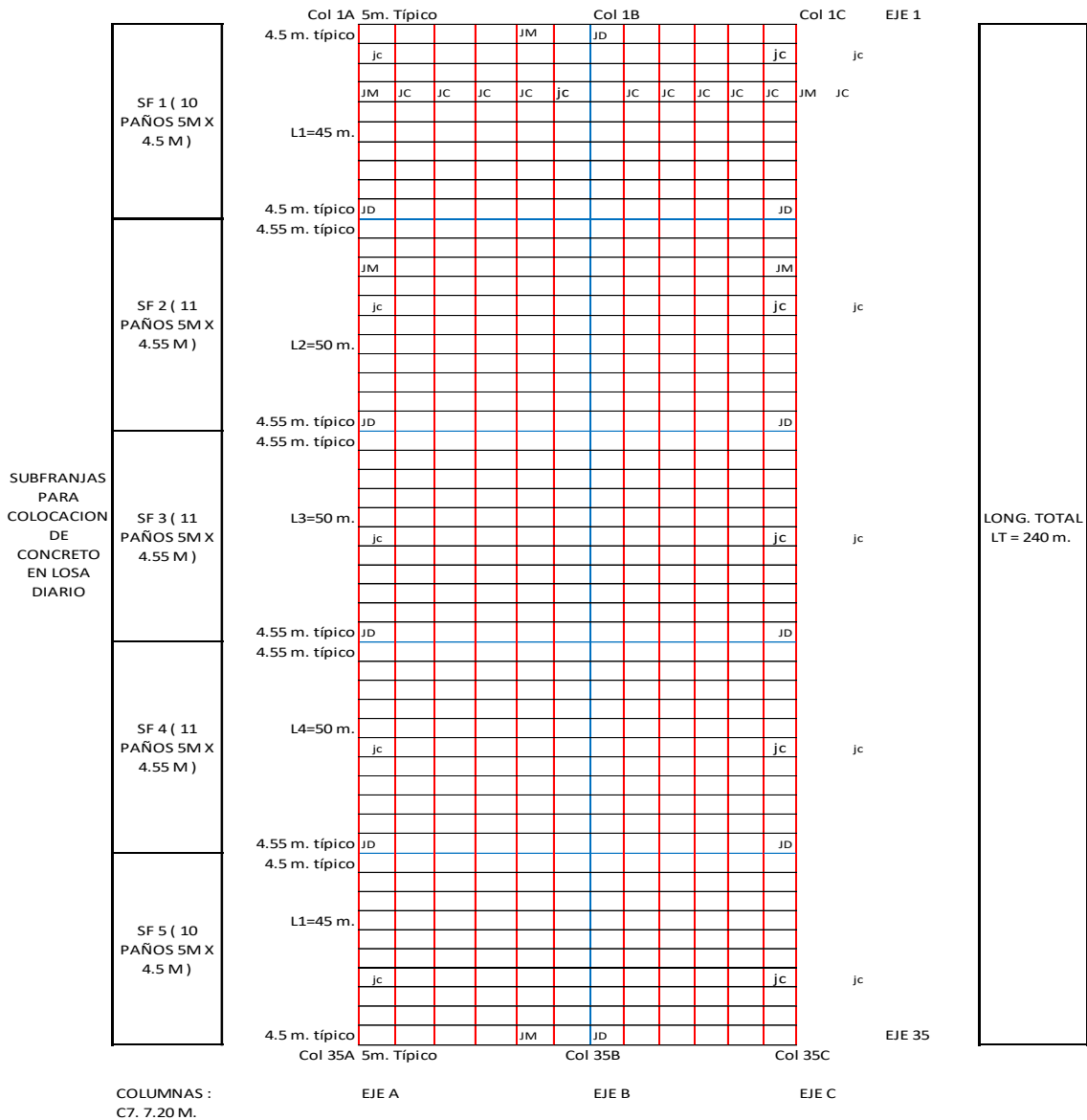
**FRANJAS/SECUENCIA PARA COLOCACIÓN DE CONCRETO EN LOSA**

1	3	2	5	4	7	6	9	8	11	10	12	14	13
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----

ai = 60 m.

a1 =30 m.

a2 =30 m.



COLUMNAS :  
C7. 7.20 M.

EJE A

EJE B

EJE C

**NOTA :**

ALTERNATIVA DE COLOCACIÓN DE CONCRETO 01 : CON 01 EQUIPO DE TRABAJO :  
12 FRANJAS X 05 DÍAS C/U = 60 DÍAS DE PLAZO DE EJECUCIÓN

ALTERNATIVA DE COLOCACION DE CONCRETO 02 : CON 02 EQUIPOS DE TRABAJO :  
12 FRANJAS X 05 DÍAS C/U/2 = 30 DÍAS DE PLAZO DE EJECUCIÓN

Figura N°24: Planta de juntas en losa Nave Industrial “Bravo”

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°35: Medrado de juntas en losa Nave Industrial “Bravo”

JUNTA	TIPO	CANT	L (m)	PARC ( m)	TOTAL (m)	TOTAL POR TIPO ( m)
						(INT+EXT)
<b>INTERIORES</b>						
JD	DILATACIÓN	4.00	60.00	240.00		
		1.00	240.00	240.00	480.00	480.00
JC	CONSTRUCCIÓN	10.00	240.00	2,400.00	2,400.00	2,400.00
jc	CONTRACCIÓN	38.00	60.00	2,280.00	2,280.00	2,280.00
jcol	COLUM. CENTRALES	33.00	3.20	105.60	105.60	
	COLUM. PERIMETRAL	66.00	1.60	105.60	105.60	211.20
	BORDE DE COLUM	99.00	2.40	237.60	237.60	237.60
JM	CON MUROS	2.00	60.00	120.00		
		2.00	240.00	480.00	600.00	600.00

Fuente: Elaboración propia

## CAPÍTULO VI: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 6.1 Presentación de resultados

#### 6.1.1 Cuadro comparativo de costo de ejecución de losa de concreto hidráulico con y sin endurecedor superficial mineral

Después de analizar la información respecto a los proyectos Nave Industrial “Bravo” y Nave Industrial Charlie”:

Tabla N°36: Resultados de fisuración de muestra con endurecedor superficial ensayada

<b><u>CUADRO COMPARATIVO DE COSTO DE EJECUCIÓN Y REPARACIÓN DE LOSA DE CONCRETO HIDRÁULICO CON Y SIN ENDURECEDOR SUPERFICIAL</u></b>		
TIPO DE LOSA	LOSA DE CONCRETO HIDRÁULICO SIN ENDURECEDOR SUPERFICIAL MINERAL	LOSA DE CONCRETO HIDRÁULICO CON ENDURECEDOR SUPERFICIAL MINERAL
<b>PROYECTO</b>	<b>NAVE INDUSTRIAL "BRAVO"</b>	<b>NAVE INDUSTRIAL "CHARLIE"</b>
<b>PERALTE</b>	20 cm.	20 cm.
<b>ÁREA (1)</b>	14,400.00	14,400.00
<b>COSTO DE EJECUCIÓN (2)</b>	S/ 1,701,257.00	S/ 1,928,857.79
<b>COSTO DE REPARACIÓN Y MANTENIMIENTO ANUAL (3)</b>	S/ 109,769.00	S/ 81,831.40
<b>COSTO DE REPARACIÓN Y MANTENIMIENTO (20 AÑOS) (4)= (3) * 20</b>	S/ 2,195,380.00	S/ 1,636,628.00
<b>COSTO TOTAL PROYECTO (4) = (2) + (3)</b>	S/ 3,896,637.00	S/ 3,565,485.79
<b>COSTO TOTAL DE PROYECTO POR M2 (5) = (4)/(1)</b>	S/ 270.60	S/ 247.60
<b>COSTO TOTAL DE PROYECTO POR M2 (6) = (5) / 3.48</b>	<b>\$77.76</b>	<b>\$71.15</b>

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados de la tabla N°36, se puede apreciar que el costo de ejecución más reparación de fisuras de la losa de concreto hidráulico sin endurecedor superficial mineral, del proyecto Nave industrial “Bravo”, tiene un costo de ejecución total de proyecto de S/ 3,896,637.00 para los 14,400 m<sup>2</sup> de área considerando el mantenimiento por 20 años, lo que resulta en un costo total de proyecto por m<sup>2</sup> de S/ 270.60, convertido a dólares con el tipo de cambio

promedio del año 2020 en Perú, según la Superintendencia del Mercado de Valores de Perú 3.48, resulta un costo real de ejecución por m<sup>2</sup> de losa de concreto hidráulico reforzada con fibras de acero de \$ 77.76 dólares americanos, comparado con el costo de ejecución de la losa de concreto hidráulico del proyecto Nave Industrial “Charlie”, la cual no necesitó reparaciones por fisuras debido a que se le aplicó endurecedor superficial mineral, pero sí reparaciones y mantenimientos anuales, se obtuvo un costo total de proyecto de S/ 3,565,485.79, dividiendo entre los 14,400 m<sup>2</sup> de área con la cuenta dicha edificación, resulta un costo total de proyecto por m<sup>2</sup> de S/ 247.60 que convertido a dólares arroja un costo de \$ 71.15 dólares americanos. Lo que nos lleva a la conclusión de la losa de concreto hidráulico con endurecedor superficial mineral es un 8.50% más económica que la losa de concreto hidráulico sin el mencionado endurecedor.

1.2 Tablas comparativas de costos por mantenimiento y reparación anual de juntas en losas de diferentes características.

Tabla N°37: Tabla de costos por mantenimiento y reparación anual de juntas en losa Nave Industrial "Bravo"

1.1 ) LOSA DE CONCRETO SIMPLE (e=0.20 , F'c = 210 Kg/cm2 EN NAVE INDUSTRIAL "BRAVO" Área: 14,400.00 M2)					
TIPO DE JUNTA	Dilatación	Construcción	Contracción	Con Columnas	Con Muros
DIMENSIONES	JD (2cm * 13 mm )	JC ( 4 mm* 32 mm )	jc ( 4 mm* 32 mm )	jcol(2cm * 13 mm )	JM (2cm * 13 mm )
<b>METRADO JUNTAS LOSA INTERIOR</b>					
SELLADOR	POLIURETANO	POLIURETANO	POLIURETANO	POLIURETANO	POLIURETANO
TOTAL MET JUNTAS (m)	480.00	2,400.00	2,280.00	211.20	600.00
<b>TOTAL METRADO DE JUNTAS</b>					
SELLADOR	POLIURETANO	POLIURETANO	POLIURETANO	POLIURETANO	POLIURETANO
TOTAL MET JUNTAS (m)	480.00	2,400.00	2,280.00	211.20	600.00
<b>1.1 REPARACIÓN DE BORDES DE JUNTAS (RB)</b>					
MET RB (PTOS) (1)	126.00	400.00	380.00	54.00	72.00
PU REP B (S/) (2)	32.00	25.00	25.00	32.00	32.00
PARC REP B (S/) (1*2)	4,032.00	10,000.00	9,500.00	1,728.00	2,304.00
TOTAL REP B (S/) (Σ (1*2))					<b>27,564.00</b>
<b>1.2 RESELLADO DE JUNTAS</b>					
MET RESELL (M) (3)	432.00	1,872.00	1,710.00	164.74	290.00
PU RESELL (S/) (4)	18.00	12.00	12.00	18.00	18.00
PARC RESELL (S/) (3*4)	7,776.00	22,464.00	20,520.00	2,965.25	5,220.00
TOTAL RESELL (S/) (Σ (3*4))					<b>58,945.25</b>
<b>1.3) TOTAL REPARACIONES JUNTAS ( 1.1 + 1.2 ) (S/)</b>				<b>86,509.25</b>	
<b>1.4) COSTO POR M2 DE LOSA DE REPARACIONES Y MANTENIMIENTO DE JUNTAS EN NAVE INDUSTRIAL "BRAVO" (S/) (SIN I.G.V)</b>				<b>6.01</b>	

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presenta la Tabla N°38 con los distintos tipos de juntas y los metrados correspondientes (obtenidos de los esquemas en planta de la losa, con la modulación correspondiente (ver Figura N°22), de la cual se han calculado dichos metrados que aparecen en la Tabla N°34).

Tabla N°38:Tabla de costos por mantenimiento y reparación anual de juntas en losa Nave Industrial "Charlie"

1.2 ) LOSA DE CONCRETO SIMPLE CONSTRUIDA CON ENDURECEDOR MINERAL ( e=0.20 , F'c = 280 Kg/cm2 EN NAVE INDUSTRIAL "CHARLIE" Área: 16,800.00 M2 = 14,400.00 M2 LOSA INTERIOR + 2,400.00 M2 LOSA EXTERIOR)					
TIPO DE JUNTA	Dilatación	Construcción	Contracción	Con Columnas	Con Muros
DIMENSIONES	JD (2cm * 13 mm )	JC ( 4 mm* 32 mm )	jc ( 4 mm* 32 mm )	jcol(2cm * 13 mm )	JM (2cm * 13 mm )
<b>METRADO JUNTAS LOSA INTERIOR</b>					
SELLADOR	POLIUREA	EPÓXICO SEMIRÍGIDO	EPÓXICO SEMIRÍGIDO	POLIUREA	POLIUREA
<b>TOTAL MET JUNTAS (m) (5)</b>	480.00	2,400.00	2,280.00	211.20	600.00
<b>METRADO JUNTAS LOSA EXTERIOR</b>					
SELLADOR	POLIUREA	POLIUREA	POLIUREA	NO APLICA	POLIUREA
<b>TOTAL MET JUNTAS (m) (6)</b>	40.00	240.00	380.00	0.00	240.00
<b>TOTAL METRADO DE JUNTAS LOSA INTERIOR + LOSA EXTERIOR</b>					
SELLADOR	POLIUREA	EPÓXICO SEMIRÍGIDO/POLIUREA	EPÓXICO SEMIRÍGIDO/POLIUREA	POLIUREA	POLIUREA
<b>TOTAL MET JUNTAS (m) (5+6)</b>	520.00	2,640.00	2,660.00	211.20	840.00
<b>2.1 REPARACIÓN DE BORDES DE JUNTAS</b>					
<b>MET RB (PTOS) (7)</b>	54.00	162.00	166.00	20.00	0.00
<b>PU REP B (S/) (8)</b>	38.00	30.00	30.00	38.00	38.00
<b>PARC REP B (S/) (7*8)</b>	2,052.00	4,860.00	4,980.00	760.00	0.00
<b>TOTAL REP B (S/) (Σ (7*8))</b>					<b>12,652.00</b>
<b>2.2 RELLENO DE JUNTAS</b>					
<b>MET RELLENO (M) (9)</b>	234.00	1,003.20	957.60	84.50	92.40
<b>PU RELL (S/) (10)</b>	26.00	20.00	20.00	26.00	26.00
<b>PARC RELL (S/) (9*10)</b>	6,084.00	20,064.00	19,152.00	2,197.00	2,402.40
<b>TOTAL RELL (S/) (Σ (9*10))</b>					<b>49,899.40</b>
<b>2.3 TOTAL REPARACIONES JUNTAS ( 1.1 + 1.2 ) (S/)</b>					<b>62,551.40</b>
<b>2.4 COSTO POR M2 DE LOSA DE REPARACIONES Y MANTENIMIENTO DE JUNTAS EN NAVE INDUSTRIAL "CHARLIE" CONSTRUIDO CON ENDURECEDOR MINERAL (S/) (SIN I.G.V) (2.3/Área total)</b>					<b>3.72</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°39: Diferencia de costos por mantenimiento y reparación anual de juntas por m2 de losa sin (“Bravo”) y con (“Charlie”) endurecedor superficial mineral

NAVE INDUSTRIAL	ÁREA (M2)	DETALLE DE LOSA DE CONCRETO HIDRÁULICO	ENDURECEDOR SUPERFICIAL	TRATAMIENTO DE JUNTAS (BLINDAJE, SELLO Y/O RELLENO)	COSTO ANUAL 1 POR M2 DE MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN DE JUNTAS (S/ M2) SIN I.G.V	AHORRO ANUAL 1 POR M2 DE MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN DE JUNTAS RESPECTO A LOSA SIMPLE (SIN ENDURECEDOR SUPERFICIAL Y SIN SELLADORES SEMIRÍGIDOS) (S/ M2) SIN I.G.V	AHORRO ANUAL (1) PORCENTUAL (%)
<b>BRAVO</b>	14,400.00	LOSA E = 0.20 M., 210 Kg/cm2 CONCRETO SIMPLE CON REFUERZO EN LAS JUNTAS (BARRAS PARA TRANSFERENCIA DE CARGA)	NO CUENTA	JUNTAS NO BLINDADAS SELLADORES DE JUNTAS ELASTOMÉRICOS	6.01	0.00	0.00
<b>CHARLIE</b>	16,800.00	LOSA E = 0.20 M., 280 Kg/cm2 CONCRETO SIMPLE CON REFUERZO EN LAS JUNTAS (BARRAS PARA TRANSFERENCIA DE CARGA)	CONSTRUIDO CON ENDURECEDOR MINERAL (PARA TRÁFICO PESADO)	JUNTAS DE DILATACIÓN BLINDADAS CON PERFILES ANGULARES METÁLICOS SELLADORES DE JUNTAS SEMIRÍGIDOS (EPÓXICOS Y POLIUREA)	3.72	2.28	38.02

Fuente: Elaboración Propia



Se realiza tablas comparativas de costos por mantenimiento y reparación anual de losa continua de concreto simple en nave industrial "Bravo" vs losa continua construida con endurecedor mineral vs losa continua simulada con endurecedor metálico en Nave Industrial "Charlie" - Ransa en la provincia constitucional del Callao.

Tabla N°40: Diferencia de costos por mantenimiento y reparación anual de losa continua por m2 de losa sin ("Bravo") y con ("Charlie") endurecedor superficial mineral

PROYECTO	LOSA NAVE INDUSTRIAL "BRAVO" e=0.20 , F'c = 210 Kg/cm2 CONCRETO SIMPLE CON REFUERZO EN LAS JUNTAS	LOSA NAVE INDUSTRIAL "CHARLIE" e=0.20 , F'c = 280 Kg/cm2 CONCRETO SIMPLE CON REFUERZO EN LAS JUNTAS, CONSTRUIDO CON ENDURECEDOR MINERAL
<b>METRADO LOSA INTERIOR</b>		
ÁREA (M2)	14,400.00	14,400.00
<b>METRADO LOSA EXTERIOR</b>		
AREA (M2)	0.00	2,400.00
<b>TOTAL METRADO LOSA INTERIOR + EXTERIOR</b>		
ÁREA (M2) (11)	<b>14,400.00</b>	<b>16,800.00</b>
<b>2.1) REPARACIÓN DE SUPERFICIE DE LOSA POR IMPACTO</b>		
METRADO PUNTOS DE IMPACTO (12)	490.00	277.00
PU REP IMP (S/) (13)	25.00	40.00
PARC REP IMP (S/) (12*13)	<b>12,250.00</b>	<b>11,080.00</b>
PARC REP IMP/M2 LOSA (S/M2) ((12*13)/11)	<b>0.85</b>	<b>0.66</b>
<b>2.2) REPARACIÓN DE SUPERFICIE DE LOSA POR ABRASIÓN</b>		
METRADO PUNTOS DE ABRASIÓN (14)	367.00	205.00
PU REP ABRAS (S/) (15)	30.00	40.00
PARC REP ABRAS (S/) (14*15)	<b>11,010.00</b>	<b>8,200.00</b>
PARC REP ABRAS/M2 LOSA (S/M2) ((14*15)/11)	<b>0.76</b>	<b>0.49</b>
<b>2.3) COSTO TOTAL POR M2 DE LOSA DE REPARACIONES DE SUPERFICIE CONTINUA POR IMPACTO + ABRASIÓN (1.1 + 1.2) (S/)</b>		
S/M2 ( SIN I.G.V ) ((12*13)/11)+((14*15)/11)	<b>1.62</b>	<b>1.15</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°41: Comparativo de costos y ahorros por mantenimiento y reparación anual de losa continua sin y con endurecedor superficial mineral

2.4) CUADRO COMPARATIVO RESUMEN GENERAL (02) : DE COSTOS Y AHORROS POR MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN ANUAL DE LOSA CONTINUA SIN Y CON ENDURECEDOR SUPERFICIAL MINERAL							
NAVE INDUSTRIAL	ÁREA (M2)	DETALLE DE LOSA DE CONCRETO HIDRÁULICO	ENDURECEDOR SUPERFICIAL	TRATAMIENTO DE JUNTAS (BLINDAJE, SELLO Y/O RELLENO)	COSTO ANUAL 2 POR M2 DE MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN DE SUPERFICIE DE LOSA CONTINUA (S/ M2) SIN I.G.V	AHORRO ANUAL 2 POR M2 DE MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN DE SUPERFICIE DE LOSA CONTINUA RESPECTO A LOSA SIMPLE (SIN ENDURECEDOR SUPERFICIAL Y SIN SELLADORES SEMIRÍGIDOS) (S/ M2) SIN I.G.V	AHORRO ANUAL (2) PORCENTUAL (%)
<b>BRAVO</b>	14,400.00	LOSA E = 0.20 M., 210 Kg/cm2 CONCRETO SIMPLE CON REFUERZO EN LAS JUNTAS (BARRAS PARA TRANSFERENCIA DE CARGA)	NO CUENTA	JUNTAS NO BLINDADAS SELLADORES DE JUNTAS ELASTOMÉRICOS	1.62	0.00	0.00
<b>CHARLIE</b>	16,800.00	LOSA E = 0.20 M., 280 Kg/cm2 CONCRETO SIMPLE CON REFUERZO EN LAS JUNTAS (BARRAS PARA TRANSFERENCIA DE CARGA)	CONSTRUIDO CON ENDURECEDOR MINERAL (PARA TRÁFICO PESADO)	JUNTAS DE DILATACIÓN BLINDADAS CON PERFILES ANGULARES METÁLICOS, SELLADORES DE JUNTAS SEMIRÍGIDOS (EPÓXICOS Y POLIUREA)	1.15	0.47	28.95

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°42: Diferencia de costos de mantenimiento y reparación anual de juntas y superficie de losa continua de concreto simple vs losa con endurecedor superficial mineral

NAVE INDUSTRIAL	DESCRIPCIÓN DE LOSA DE CONCRETO HIDRÁULICO				(1) MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN ANUAL DE JUNTAS		(2) MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN ANUAL DE SUPERFICIE DE LOSA (LOSA CONTINUA)		MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN TOTAL (1+2) ANUAL DE JUNTAS Y DE SUPERFICIE DE LOSA			INCIDENCIA PORCENTUAL ANUAL DE COSTO DE REPARACIÓN Y MANTENIMIENTO DE JUNTAS (1) Y REPARACIÓN Y MANTENIMIENTO DE SUPERFICIE DE LOSA (2) RESPECTO AL COSTO TOTAL DE REPARACIONES	
	ÁREA (M2)	DETALLE DE LOSA DE CONCRETO HIDRÁULICO	ENDURECEDOR SUPERFICIAL	TRATAMIENTO DE JUNTAS (BLINDAJE, SELLO Y/O RELLENO)	COSTO ANUAL 1 POR M2 DE MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN DE JUNTAS (S/ M2) SIN I.G.V	AHORRO ANUAL 1 POR M2 DE MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN DE JUNTAS RESPECTO A LOSA SIMPLE (SIN ENDURECEDOR SUPERFICIAL Y SIN SELLADORES SEMIRÍGIDOS) (S/ M2) SIN I.G.V	COSTO ANUAL 2 POR M2 DE MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN DE SUPERFICIE DE LOSA CONTINUA (S/ M2) SIN I.G.V	AHORRO ANUAL 2 POR M2 DE MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN DE SUPERFICIE DE LOSA CONTINUA RESPECTO A LOSA SIMPLE (SIN ENDURECEDOR SUPERFICIAL Y SIN SELLADORES SEMIRÍGIDOS) (S/ M2) SIN I.G.V	COSTO TOTAL ANUAL (1+2) POR M2 DE MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN DE JUNTAS Y SUPERFICIE DE LOSA CONTINUA (S/ M2) SIN I.G.V	AHORRO TOTAL ANUAL (1+2) POR M2 DE REPARACIÓN DE JUNTAS Y SUPERFICIE DE LOSA CONTINUA RESPECTO A LOSA SIMPLE (SIN ENDURECEDOR SUPERFICIAL Y SIN SELLADORES SEMIRÍGIDOS) (S/ M2) SIN I.G.V	AHORRO TOTAL ANUAL (1+2) POR M2 PORCENTUAL (%)	PORCENTAJE ANUAL DE COSTO DE REPARACIÓN DE JUNTAS POR M2 DE LOSA (%)	PORCENTAJE ANUAL DE COSTO DE REPARACIÓN DE SUPERFICIE CONTINUA POR M2 DE LOSA (%)
BRAVO	14,400.00	LOSA E = 0.20 M., 210 Kg/cm2 CONCRETO SIMPLE CON REFUERZO EN LAS JUNTAS (BARRAS PARA TRANSFERENCIA DE CARGA)	NO CUENTA	JUNTAS NO BLINDADAS SELLADORES DE JUNTAS ELASTOMÉRICOS	6.01	0.00	1.62	0.00	7.62	0.00	0.00	78.81	21.19
CHARLIE	16,800.00	LOSA E = 0.20 M., 280 Kg/cm2 CONCRETO SIMPLE CON REFUERZO EN LAS JUNTAS (BARRAS PARA TRANSFERENCIA DE CARGA)	CONSTRUIDO CON ENDURECEDOR MINERAL (PARA TRÁFICO PESADO)	JUNTAS DE DILATACIÓN BLINDADAS CON PERFILES ANGULARES METÁLICOS SELLADORES DE JUNTAS SEMIRÍGIDOS (EPÓXICOS Y POLIUREA)	3.72	2.28	1.15	0.47	4.87	2.75	36.10	76.44	23.56

Fuente: Elaboración propia



Figura N° 25: Muelle de descarga Nave Industrial

Fuente: Sitio web - Ransa



Figura N° 26: Puerta 02 en Av. Néstor Gambeta del CD Ransa – Callao

Fuente: Sitio web - Ransa



Figura N° 27: Operación de montacargas con llantas neumáticas

Fuente: Sitio web - Ransa

### 6.2.3 Resultados de cuadros comparativos

- Tabla N°37 y Tabla N°38:

Las reparaciones de juntas en losa y/o precios unitarios incluyen:

- a) Reparaciones por Impacto/abrasión en bordes de losa (PU REP B (S/)) = área promedio (0.20 x 0.20 m<sup>2</sup>), corte de losa e = 4 cm., perfilado, limpieza, colocación de puente de adherencia, colocación de mortero epóxico y/o mortero cementicio expansivo grouting u otro (colocación de endurecedor mineral, según corresponda, solo Nave Industrial "Charlie").
- b) Resellado o Relleno de Juntas (PU RELL (S/)) en losa = remoción de sello deteriorado, limpieza con compresora de aire, resellado ("Bravo" h= 13 mm Poliuretano) o relleno ("Charlie", h=32 cm Epóxico).
- c) Los costos indicados consideran partidas complementarias (trazos, eliminación de excedentes, etc.), también Gastos Generales y Utilidad, no incluyen I.G.V.
- d) Debido a lo errático y variable de los trabajos considerados, es recomendable considerar contingencias (10 % mínimo en metrados y precios unitarios).

- Diferencia de costos de mantenimiento y reparación anual de juntas en losa de concreto simple vs losa con endurecedor mineral.

a) En el caso de la losa de la Nave Industrial "Bravo" (14,400.00 m<sup>2</sup>) de concreto simple con refuerzo en las juntas, se tiene un costo por mantenimiento y reparación anual de juntas de S/ 6.01/m<sup>2</sup> + I.G.V.

b) En el caso de la losa de la Nave Industrial "Charlie" (16,800.00 m<sup>2</sup>) de concreto simple con refuerzo en las juntas construida con endurecedor mineral, se tiene un costo anual de S/ 3.72/m<sup>2</sup> + I.G.V y ahorro de S/ 6.01 – S/ 3.72 = S/ 2.28/m<sup>2</sup> + I.G.V (38.02%) de losa, por mantenimiento y reparación de juntas y respecto a la losa de concreto simple (sin endurecedor ni selladores semirígidos).

- Con respecto a la Tabla N°40:

Las reparaciones superficiales de losa continua y/o precios unitarios incluyen:

a) Reparaciones por Impacto/abrasión sobre la losa (PU REP IMP (S/)) = área promedio (0.20 x 0.20 m<sup>2</sup>), corte de losa e = 4 cm., limpieza, perfilado, colocación de puente de adherencia, colocación de mortero epóxico y/o mortero cementicio expansivo u otro (colocación de endurecedor Mineral, solo Nave Industrial "Charlie").

b) Reparaciones por Abrasión sobre la losa (PU REP ABRAS (S/)) = área promedio (0.60 x 0.60 m<sup>2</sup>), corte de losa e = 3 cm., perfilado, colocación de puente de adherencia, colocación de mortero epóxico y/o mortero cementicio expansivo u otro (colocación de endurecedor Mineral, solo Nave Industrial "Charlie").

c) Los costos indicados consideran partidas complementarias (trazos, eliminación de excedentes, etc.), también Gastos Generales y Utilidad, no incluyen I.G.V.

d) Debido a lo errático y variable de los trabajos considerados, es recomendable considerar contingencias (10 % mínimo en metrados y precios unitarios).

- Diferencia de costos de mantenimiento y reparación anual de losa continua de concreto simple vs losa con endurecedor mineral.

a) En el caso de la losa de la nave industrial "Bravo" (14,400.00 m<sup>2</sup>) de concreto simple con refuerzo en las juntas, se tiene un costo por mantenimiento y reparación anual de losa continua de S/ 1.62/m<sup>2</sup> + I.G.V.

b) En el caso de la losa de la nave industrial "Charlie" (16,800.00 m<sup>2</sup>) de concreto simple con refuerzo en las juntas construida con endurecedor mineral, se tiene un

costo por mantenimiento y reparación anual de losa continua de S/ 1.15/m<sup>2</sup> + I.G.V y ahorro anual de S/ 1.62 – S/ 1.15 = 0.47 / m<sup>2</sup> + I.G.V (28.95%) respecto a la losa de concreto simple de la Nave Industrial “Bravo” sin endurecedor superficial mineral.

- Con respecto a la Tabla N°42:

a) En el caso de la losa de la nave industrial "Bravo" (14,400.00 m<sup>2</sup>) de concreto simple con refuerzo en las juntas, se tiene un costo por mantenimiento y reparación anual de juntas y superficie de losa continua de S/ 7.62/m<sup>2</sup> + I.G.V.

b) En el caso de la losa de la nave industrial "Charlie" (16,800.00 m<sup>2</sup>) de concreto simple con refuerzo en las juntas construida con endurecedor mineral, se tiene un costo por mantenimiento y reparación anual de juntas y superficie de losa continua de S/ 4.87/m<sup>2</sup> + I.G.V y ahorro anual de S/ 7.62 – S/ 4.87 = 2.75/ m<sup>2</sup> + I.G.V (36.10%) respecto a la losa de concreto simple.

c) En ambos casos: Naves Industriales "Bravo" (14,400.00 m<sup>2</sup>, losa de concreto simple) y "Charlie" (16,800.00 m<sup>2</sup>, losa de concreto simple con endurecedor superficial mineral), se tiene que la mayor incidencia o porcentaje anual por mantenimientos y reparaciones corresponde a las juntas (“Bravo” 78.81 %, “Charlie” con endurecedor mineral 76.44%), por lo que en general debe ponerse especial énfasis en mejorar el desempeño de las juntas durante las etapas de diseño, construcción y operación de la losa para disminuir los costos por reparaciones y mantenimiento anual.

## 6.2 Contrastación de hipótesis

### 6.2.1 Contrastación de hipótesis general

Hipótesis Alternativa (H<sub>i</sub>): El empleo de materiales endurecedores superficiales minerales genera una disminución de al menos un 25% del costo de reparaciones y mantenimiento de losas de concreto hidráulico de naves industriales.

Hipótesis Nula (H<sub>0</sub>): El empleo de materiales endurecedores superficiales minerales no genera una disminución de al menos un 25% del costo de reparaciones y mantenimiento de losas de concreto hidráulico de naves industriales.

Según resultados, con el empleo de endurecedor superficial mineral, hubo una disminución de 38.02% en reparación y mantenimiento anual de juntas y 28.95% en reparación y mantenimiento anual de losa continua.

Por ende, se valida la Hipótesis Alterna (Hi).

#### 6.2.2 Contrastación de hipótesis específica 1

Hipótesis Alternativa (Hi): El costo de ejecución y reparación de losas de concreto hidráulico expuestas a condiciones climáticas desfavorables de temperatura ambiente y velocidad del viento, aplicándole endurecedor superficial mineral es al menos un 5% más económico con respecto al costo de ejecución y reparación de una losa sin la aplicación de este.

Hipótesis Nula (Ho): El costo de ejecución y reparación de losas de concreto hidráulico expuestas a condiciones climáticas desfavorables de temperatura ambiente y velocidad del viento, aplicándole endurecedor superficial mineral no es al menos un 5% más económico con respecto al costo de ejecución y reparación de una losa sin la aplicación de este.

Tras obtener los resultados del costo de ejecución más reparación de fisuras la losa de concreto hidráulico sin endurecedor superficial, se observa que comparada con el costo de ejecución de la losa de concreto hidráulico con endurecedor superficial mineral, el valor de este es menor. Asimismo, se puede observar que aplicando endurecedor superficial a una losa de concreto hidráulico expuesta a condiciones climáticas adversas se obtiene un ahorro de hasta un 8.50% en costos de ejecución más reparación de fisuras.

Rocha (2008). La aplicación de endurecedores en polvo con agregados duros es la propuesta más sencilla y acertada, cuando se tiene como objetivo obtener pisos industriales con una buena durabilidad. Además, que su aplicación según lo ensayado en laboratorio reduce notablemente la aparición de fisuras en la superficie de los pisos industriales, cuando se construyen bajo condiciones ambientales adversas, contradiciendo lo que se pudiera pensar, ya que son un producto en polvo que se aplica de forma seca sobre la superficie del hormigón fresco.



Por ende, de acuerdo con la investigación realizada y los resultados obtenidos de investigaciones pasadas, se valida la Hipótesis Alternativa (Hi).

### 6.2.3 Contrastación de hipótesis específica 2

Hipótesis Alternativa (Hi): Los mayores costos por reparaciones y mantenimiento anual de losas de concreto hidráulico son generados por las juntas, llegando a representar hasta el 60% de dichos costos.

Hipótesis Nula (Ho): Los mayores costos por reparaciones y mantenimiento anual de losas de concreto hidráulico no son generados por las juntas, llegando a representar hasta el 60% de dichos costos.

Según indicado en el ítem de características de naves, la información obtenida referida a los trabajos de reparaciones de las losas de las Naves Industriales “Bravo” y “Charlie”, se han dividido las losas en 02 áreas principales: losa continua entre juntas y juntas, puesto que las reparaciones y los daños se presentan en muchas zonas, considerándose principalmente:

Losa continua: daños por impacto (reparación de puntos de impacto) y daños por abrasión (reposición de endurecedor superficial).

Juntas: daños por impacto en los bordes y daños al material de relleno o de sello.

Los procedimientos de reparación consideran:

Tabla N°43: Porcentaje anual de costos de reparaciones

NAVE INDUSTRIAL	PORCENTAJE ANUAL DE COSTO REPARACIÓN DE JUNTAS POR M2 DE LOSA (%)	PORCENTAJE ANUAL DE COSTO DE REPARACIÓN DE SUPERFICIE CONTINUA POR M2 DE LOSA (%)
BRAVO	78.81	21.19
CHARLIE	76.44	23.56

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de los daños, tanto en la superficie de losa continua, como en juntas, se presentan la Tabla N°42, donde se indica que el porcentaje correspondiente a reparación de juntas con respecto al total de reparaciones es 78.81% para Nave Industrial “Bravo” sin endurecedor mineral y 76.44% para Nave Industrial “Charlie” con endurecedor mineral.

Los porcentajes no coinciden con lo planteado al inicio; por lo tanto, se rechaza la Hipótesis Alternativa (H<sub>i</sub>).

## CONCLUSIONES

1. En base a investigaciones bibliográficas, ensayos de laboratorios, normativas, hojas técnicas y mediante datos obtenidos durante trabajos realizados en losas de concreto hidráulico, se concluye que aplicarles un endurecedor superficial a losas de concreto hidráulico expuestas a condiciones climáticas adversas es al menos un 8.5 % más económico que no aplicárselo y reparar las fisuras ocasionadas por dichas condiciones climáticas.
2. De la Tabla N°42, de costos y ahorros por mantenimiento y reparación anual de juntas y superficie por metro cuadrado de losa, se concluye que la mayor incidencia o porcentaje anual por mantenimientos y reparaciones corresponden a las juntas (en promedio aprox. de 75% a 85%), por lo que en general debe ponerse mayor énfasis en las etapas de diseño, construcción y operación en mejorar el desempeño de las juntas.

En el caso puntual analizado, costo de reparaciones y mantenimiento anual de la losa de la Nave Industrial “Charlie”, se indica que el porcentaje de incidencia de reparaciones de juntas es de 76.44% del costo total de reparaciones, valor que se encuentra en el rango indicado en el párrafo anterior (aprox. de 75% a 85%).

3. De la Tabla N°42, de costos y ahorros por mantenimiento y reparación anual de juntas y superficie por metro cuadrado de losa, se concluye que el mantenimiento de las juntas representa los mayores costos de mantenimiento anual (reparación de bordes y resellado).

En el caso del empleo de endurecedores superficiales minerales, dicho ahorro es del orden de 30%.

La tendencia en el costo de reparaciones y mantenimiento anual de la losa normalmente se mantiene o crece con el tiempo, por lo que es transcendental que, a fin de controlar estos incrementos anuales, dichos trabajos sean efectuados con los mayores cuidados y calidad posibles (buenos materiales, buenos procedimientos, buenas prácticas de los operadores de montacargas, etc.).

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda complementar la presente tesis con investigaciones posteriores referidas a los trabajos de control de calidad de la regularidad superficial (planicidad y nivelación), ensayos de resistencia al impacto y abrasión, control de calidad de los selladores de juntas y pruebas del sello colocado.
2. Debido al amplio campo de aplicación de losas y pisos industriales de concreto (pavimentos para vías de circulación, losas para naves industriales, centros comerciales, patios de maniobras, estacionamientos, etc.) y la problemática existente, se recomienda incluir horas académicas correspondientes a este tema en la sumilla de los niveles de pregrado y posgrado en la facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Ricardo Palma.
3. Se recomienda realizar charlas técnicas con participación de especialistas, fabricantes, etc. de las distintas soluciones empleadas en losas y pisos industriales de concreto (materiales, equipos, modos de proceder, etc.) en forma tal de motivar a la comunidad universitaria en el estudio de este tema.
4. Se recomienda realizar control de calidad especializado en la forma más temprana posible, a fin de verificar el cumplimiento de especificaciones (regularidad superficial, homogeneidad del endurecedor en la superficie, etc.) y de ser el caso, detectar y corregir oportunamente las observaciones o desviaciones que pudiesen presentarse antes de continuar con los trabajos.
5. Se recomendará al propietario que los operadores de equipos (montacargas, estocas cuenten con la capacitación acreditada vigente, los aptos médicos correspondientes y con un programa anual de refuerzo de capacitación y sensibilización en el uso de sus equipos, con la finalidad de que las mismas se realicen en forma óptima desde el punto de vista de rendimientos, cuidado de los equipos y cuidado de la losa, racks, etc., con lo cual, se reducirá el potencial de daños a la losa y a los racks, con los consecuentes ahorros por reparaciones y mantenimiento, con lo que también se estarían tomando acciones preventivas ante posibles accidentes.
6. Se recomienda el empleo de sistemas para protección de bordes de juntas (acorazado de juntas, mediante perfiles prefabricados, barras rectangulares, ángulos metálicos, juntas industrializadas, etc.).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (2018)., C. N. (2018). *Cemento Nacional Portland Tipo I*. . Obtenido de [https://www.mixercon.com/pdf/Bolsa\\_N\\_I\\_nuevo.pdf](https://www.mixercon.com/pdf/Bolsa_N_I_nuevo.pdf)
- (s.f.), I. c. (s.f.). *Manual de construcción de pisos de concreto sobre el terreno. [manual]*. Obtenido de [https://www.iccyc.com/sites/default/files/Publicaciones/manual\\_pisos.pdf](https://www.iccyc.com/sites/default/files/Publicaciones/manual_pisos.pdf)
- (s.f.), D. e. (s.f.). *Daños en pavimentos, flexibles rígidos y carreteras destapados*. Obtenido de <https://app.emaze.com/@AZQIZLZR#1>
- (s.f.), T. (s.f.). *Soluciones expertas para la construcción [guía]*. Obtenido de <http://www.toxement.com.co/media/3408/guia-para-sello-de-juntas-para-pisos-industriales-2013-03-v1.pdf>
- [MINSAL], M. d. (2020). *Centro Nacional de Abastecimiento de Recursos Estratégicos en Salud*. Obtenido de <http://www.cenares.minsa.gob.pe/Procesos/Almac%C3%A9n-y-Distribuci%C3%B3n>
- 2014)., S. (. (s.f.). *Hoja técnica SikaAer® aditivo incorporador de aire*. Obtenido de <https://per.sika.com/content/dam/dms/pe01/1/SikaAer.pdf>
- 2019)., S. (. (s.f.). *Hoja de datos del producto SikaGrout®-212*. . Obtenido de [https://per.sika.com/dms/getdocument.get/02d2ee39-466f-4342-b68a-29d1dcbcf410/sikagrout\\_-212.pdf](https://per.sika.com/dms/getdocument.get/02d2ee39-466f-4342-b68a-29d1dcbcf410/sikagrout_-212.pdf)
- 2019)., S. (. (s.f.). *Hoja de datos del producto. Sikadur®-32 Gel*. Obtenido de <https://per.sika.com/dms/getdocument.get/739ade70-3a45-3218-bb81-d35516c94976/HT%20-%20Sikadur%2032.pdf>
- 2019)., S. (. (s.f.). *Hoja de datos del producto: SikaTard® PE, aditivo estabilizador de la hidratación del cemento*. . Obtenido de <https://per.sika.com/dms/getdocument.get/2f3b0750-aad6-3048-873a-4983b4fa92ce/HT-%20SikaTard%20PE.pdf>

- 2019b)., S. (. (s.f.). *Hoja de datos del producto SikaCem®-I Acelerante en polvo.* .  
Obtenido de [https://per.sika.com/content/dam/dms/pe01/6/sikacem\\_1\\_aceleranteenpolvo.pdf](https://per.sika.com/content/dam/dms/pe01/6/sikacem_1_aceleranteenpolvo.pdf)
- Alvarado, J. (2013). *Manual para la construcción de losas de concreto para pavimento rígido Bajo la modalidad de formaleta deslizante.* . Consorcio FCC-Interamericana Norte. Obtenido de [https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/3231/manual\\_construccion\\_losa](https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/3231/manual_construccion_losa)
- Ángel Ramos, L. S., & Prieto Peña, M. M. (2014). *Modelación numérica de pisos industriales considerando la viabilidad en la solicitud de cargas (Bachelor's thesis).* Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/1878>
- Arellano, S. (2020). Invertirán US\$ 300 millones en ampliar el muelle sur del Terminal Portuario del Callao. *Revista Perú Construye.* Obtenido de <https://peruconstruye.net/2020/02/27/invertiran-us-300-millones-en-ampliar-el-muelle-sur-del-terminal-portuario-del-callao/>
- Arequipa, A. (2020). Catálogo de productos y servicios, calidad iinovación y seguridad. Obtenido de <https://www.acerosarequipa.com/sites/default/files/catalogo/2020-02/Catalogoproductosacerosarequipa.pdf?fv=10az4xf0>
- Argos. (2010). Tipos de deterioros en pavimentos de concreto [hoja técnica]. Obtenido de <https://www.360enconcreto.com/DesktopModules/EasyDNNNews/DocumentDownload.ashx?portalid=3&moduleid=8315&articleid=1380&documentid=5324>
- Arkiplus. (2018). *Dowels en construcción.* Obtenido de <https://www.arkiplus.com/dowels-en-construccion/>
- Barrientos, J. (2018). *Mejoramiento en tiempo, costos y productividad para la ejecución de una edificación de Oficinas usando losas postensadas frente a una losa tradicional.* Obtenido de <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/2238>
- Becker, E. (. (s.f.). *Pisos industriales de hormigón. [diapositivas].* Obtenido de <https://web1.icpa.org.ar/wp-content/uploads/2019/04/Webinar4-ICPA-AATH-Pisos-Industriales.pdf>

- Benites Sánchez, L. F. (2005). *Comparación de pisos de concreto para uso de almacenamiento con y sin aplicación de endurecedor superficial*.
- Brenes-Mena, J. R., Morales-Madriz, G., & Muñoz Molina, C. (2002). *Logística del sitio de construcción, y diseño de proceso constructivo para naves industriales*. Obtenido de <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/255>
- Calo, D. (2015). *Juntas de pavimento de hormigón*. [Diapositiva PowerPoint]. Obtenido de <https://web.icpa.org.ar/wp-content/uploads/2019/04/03-Juntas-santafe.pdf>
- Castillo, Á. H. (2000). *Nave industrial para el sector manufacturero de la industria metal mecánica pesada*.
- Chavez Cashpa, M. I. (2018). *Comportamiento a flexión de pisos industriales con reforzamiento de fibras en almacenes de petróleo, distrito de Puente Piedra en el 2018*. . Obtenido de <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/36783>
- Chile, B. C. (2020). *Base de Datos Estadísticos Móvil*. . (S. d. Chile, Productor) Obtenido de [https://si3.bcentral.cl/Bdemovil/BDE/Series/MOV\\_SC\\_TC1](https://si3.bcentral.cl/Bdemovil/BDE/Series/MOV_SC_TC1)
- Chumpitaz, F. J., & Nava, C. A. (2019). *Proceso constructivo de una losa industrial de concreto hidráulico con fibras de acero y sus beneficios obtenidos en su ejecución en un centro de distribución*. Obtenido de <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/2700>
- Comercio, E. (2016). *Macropolis será la ciudad industrial más moderna del Perú*. . Obtenido de <https://elcomercio.pe/economia/peru/macropolis-sera-ciudad-industrial-moderna-peru-215998-noticia/>
- Comercio, E. (2016). *Macropolis será la ciudad industrial más moderna del Perú*. . Obtenido de <https://elcomercio.pe/economia/peru/macropolis-sera-ciudad-industrial-moderna-peru-215998-noticia/>
- Curso, I. c. (2018). *Pisos industriales de hormigón: Introducción a su conocimiento [vídeo]*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?reload=9&v=G7KzVfHSrrc>
- Duque, G. , & Valencia, J. (2019). *Diagnóstico de las patologías estructurales de la Institución Educativa Liceo Gabriela Mistral, Municipio de la Virginia, Risaralda*. [Tesis de licenciatura]. Universidad Libre Seccional Pereira, México,

- D.F. Obtenido de <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/17824/DIAGN%C3%93STICO%20DE%20LAS%20PATOLOG%C3%8DAS%20ESTRUCTURALES.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Edipesa. (2018). *Edipesa, líneas de materiales [catálogo]*. Obtenido de <https://www.edipesa.com.pe/tienda/construcci%C3%B3n/regla-vibratoria>
- Empresarial, R. G. (2019). *Juntas de expansión Watson Bowman Acme. [catálogo]*. Obtenido de <https://revitalizate.mx/juntas-wabo>
- Fernández Larrauri, V. C. (2012). Reciclado en frío de pavimentos flexibles, con el uso de emulsiones asfálticas catiónicas. *Reciclado en frío de pavimentos flexibles, con el uso de emulsiones asfálticas catiónicas*. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- Figueroa, A. J., & Mesta, G. (2018). *Análisis de la resistencia a la abrasión del concreto con el uso de encofrado metálico en comparación al encofrado tradicional de madera*. Obtenido de <http://200.62.226.186/handle/upaorep/4172>
- G&J. (2020). *Catálogo de productos [catálogo]*. Obtenido de <https://gyj.com.co/productos/aceros-para-la-construccion>
- Galván, M. , & Velázquez, L. . (2013). *Sistemas constructivos de Alta tecnología [monografía]*. Instituto Tecnológico de Querétaro, Santiago de Querétaro. Obtenido de <https://es.slideshare.net/luisbetovelnu/postensado>
- García Hernández, Á. (2008). *Desarrollo y análisis de pavimentos industriales desde el punto de vista del acabado superficial*. Universidad de Cantabria. Obtenido de <https://repositorio.unican.es/xmlui/handle/10902/1100>
- García, L. (2009). *Supervisión y Control de Calidad. Pisos Industriales [diapositivas]*. Obtenido de <http://docplayer.es/68000936-Supervision-y-control-de-calidad-pisos-industriales.html>
- Hamad, M. (2012). *Determination of Shrinkage Crack Risks in Industrial Concrete Floors through Analyzing Material Tests*. Obtenido de <https://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2:558477>



- Hurtado, C. (2016). *Los Portales tendrá estacionamientos en Lima norte y Arequipa. El comercio*. Obtenido de <https://elcomercio.pe/economia/dia-1/portales-tendra-estacionamientos-lima-norte-arequipa-153211-noticia/>
- Institute., A. C. (2004). *Guide for concrete floor and slab construction, 302.1r- 04, EE. UU.*
- Lopez, M. A. (2012). *Construccion De Pavimentos Para Salas De Ordeña En La Zona De Osorno (Doctoral Dissertation, Universidad Austral De Chile)*. Obtenido de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2012/bmfcif363c/doc/bmfcif363c.pdf>
- Mageba. (2020). *Direct industry*. Obtenido de <https://www.directindustry.es/prod/mageba/product-38983-1037273.html>
- Maguiña, J. (2020). *Juntas en el concreto [blog]. Civilgeeks*. Obtenido de <https://civilgeeks.com/2012/03/27/juntas-en-el-concreto/>
- Maquinarias, I. (2020). *Vibradores de concreto, la guía definitiva. [Blog]*. Obtenido de <https://insumosymaquinas.com.ar/vibradores-de-concreto-la-guia-definitiva-2019/>
- Masana, C. (2016). *Operación y mantenimiento de pisos industriales [diapositivas]*. Obtenido de [https://es.slideshare.net/Presentaciones\\_ICH/operacin-y-mantencin-de-pisos](https://es.slideshare.net/Presentaciones_ICH/operacin-y-mantencin-de-pisos)
- Masterplac. (2016). *Allanado piso industrial en concreto, Masterplac. [vídeo]*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=gnTIT1zzgUk>
- Ministerio de Vivienda. (2009). *Reglamento Nacional de Construcción y Saneamiento*.
- Montalvo, M. (2015). *Pavimentos rígidos reforzados con fibras acero versus pavimentos tradicionales (Tesis de pregrado)*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú.
- Montejo, A. (2002). *Ingeniería de Pavimentos*. . Universidad Católica de Colombia, Bogotá. Obtenido de [https://www.academia.edu/22782711/Ingenieria\\_de\\_pavimentos\\_Alfonso\\_Montejo\\_Fonseca](https://www.academia.edu/22782711/Ingenieria_de_pavimentos_Alfonso_Montejo_Fonseca)

- Mundial, B. (2006-2020). *Inflación y precios al consumidor (% anual)*. Obtenido de [https://datos.bancomundial.org/indicador/FP.CPI.TOTL.ZG?end=2019&name\\_desc=false&start=1960&view=chart](https://datos.bancomundial.org/indicador/FP.CPI.TOTL.ZG?end=2019&name_desc=false&start=1960&view=chart)
- Odiijk, M. (2019). *Industrial floors: Research on the structural behaviour*. Obtenido de <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:a57401db-6cd8-431c-9500-735fb15cc924>
- pavimentos., D. d. (2016). *Identificación de fallas en pavimentos y técnicas de reparación*. Obtenido de <http://www.mopc.gob.do/media/2335/sistema-identifici%C3%B3n-fallas.pdf>
- Paz, G. (2015). *Barras de transferencia de Carga [diapositivas]*. Obtenido de <https://prezi.com/mngs1-bgtc2s/barras-de-transferencia-de-carga/>
- Permaban. (2019). *Dowel systems*. Obtenido de <https://permaban.com/wp-content/uploads/2019/11/Dowel-Systems-Spec-Sheet-V2.9-Spanish.pdf>
- Probacons. (2017). *Sellado de juntas [blog]*. Obtenido de <https://www.probacons.com/sellado-de-juntas/>
- Prodiamco. (2020). *Líneas de product [catálogo]*. Obtenido de <https://prodiamco.com/tienda/producto/cortadora-manual-de-concreto-sthil/>
- Progress, P. I. (s.f.). *Revised Industrial Flooring and Pavement Guide Out Now*. Obtenido de <https://search.informit.com.au/fullText;dn=961766111801745;res=IELENG>
- Quijada, M. (2018). *Pisos industriales, soluciones de alta resistencia, Perú*. .
- Quispe Gutiérrez, R. J. (2003). *Tolerancias y determinación de planitud y nivelación de la superficie de pisos de concreto*.
- Raña, M. (. (s.f.). *Manual de diseño y construcción de pisos industriales [manual]*. Obtenido de <https://www.cemexmexico.com/documents/27057941/45587277/aplicaciones-manual-pisos-industriales.pdf/22aa7a12-cc62-de13-7cd6-de53ca8ec352>
- Reinoso, J. (. (s.f.). *Pisos industriales, soluciones de alta resistencia, Perú*.

- Renthal Machinery & Services . (2018). *Usos de la cortadora de concreto y asfalto. [Blog]*. Obtenido de <http://renthalservices.com/blog/usos-de-la-cortadora-de-concreto-y-asfalto>
- Rocha Muñoz, E. (2008). *Sistema de enderecedores superficiales para pisos industriales*. Universidad Andrés Bello, Santiago de Chile.
- Rondón-Quintana, H., Fernández-Gómez, W., & Hernández-Noguera, J. (2013). *Influencia de la Rigidez de la Subrasante y las Capas Granulares sobre la Vida a Fatiga de Mezclas Asfálticas*. *TecnoLógicas*, (31),53-72. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=3442/>
- Salsilli, R. (2017). *Manual de diseño y construcción de pisos industriales*. Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile (ICH), Chile.
- Scott, B. D., & Safiuddin, M. . (2015). *Abrasion resistance of concrete–Design, construction and case study*. *Concrete Research Letters*, 6(3), 136-148. Obtenido de [https://www.researchgate.net/profile/Md\\_Safiuddin/publication/281594259\\_Abrasion\\_Resistance\\_of\\_Concrete\\_-\\_](https://www.researchgate.net/profile/Md_Safiuddin/publication/281594259_Abrasion_Resistance_of_Concrete_-_)
- Sepulveda, R. (2006). *Construcción de pavimentos industriales superplanas para bodegas de almacenamiento con estanterías de gran altura (Tesis de pregrado)*. Universidad Austral de Chile, Chile. Obtenido de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2006/bmfcis4791c/doc/bmfcis4791c.pdf>
- Services, R. M. (2018). *Usos de la cortadora de concreto y asfalto. [Blog]*. Obtenido de <http://renthalservices.com/blog/usos-de-la-cortadora-de-concreto-y-asfalto>
- Sinche, F. (2005). *Procedimiento constructivo y control de calidad del concreto en la construcción de losas con aplicación de un endurecedor de superficie Mastercron FF*. . Universidad Nacional de Ingeniería. Obtenido de <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/18856>
- Sociedad de Comunicaciones y Transporte . (2004). *Características de los Materiales, N.CMT.2.02.005/04, México. R*. Obtenido de <https://normas.imt.mx/normativa/N-CMT-2-02-005-04.pdf>

- Solutox. (2020). *Sellador de juntas, ¿Por qué falla? [blog]* . Obtenido de <https://www.soluto.com.co/sellador-de-juntas/#:~:text=La%20causa%20principal%20es%20la,mucho%20movimiento%20en%20la%20junta.>
- Sotil Levy, A. J., & Zegarra Riveros, J. E. (2015). *Análisis comparativo del comportamiento del concreto sin refuerzo, concreto reforzado con fibras de acero Wirand® FF3 y concreto reforzado con fibras de acero wirand® FF4 aplicado a losas industriales de Pavimento rígido.* Obtenido de <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/581616>
- Supermix, C. (2017). *Agregados para la elaboración de concreto.* Obtenido de <https://www.supermix.com.pe/agregados-para-la-elaboracion-de-concreto/>
- Tacza, E., Rodríguez, B., & Llerena, D. (2018). *Evaluación de fallas mediante el método PCI y planteamiento de alternativas de intervención para mejorar la condición operacional del pavimento flexible en el carril segregado del corredor Javier Prado* . Universidad Peruana de ciencias Aplicadas, Lima. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.19083/tesis/624556>
- Terán, C. (. (s.f.). *Un ‘helicóptero’ que pule pisos. Elcomercio* . Obtenido de <https://www.elcomercio.com/tendencias/construir/helicoptero-pule-pisos.html>.
- Valdivia, (. (s.f.). *Levantamiento de losas de concreto es por fallas en construcción.* Obtenido de <https://www.sintesisnoticias.com/local/2018/06/levantamiento-de-losas-de-concreto-es-por-fallas-en-construccion/>
- Vélez, J. (. (s.f.). *Clasificación de pisos industriales ACI 302 [blog]*. Obtenido de <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/normatividad/clasificacion-de-pisos-industriales-aci-302>
- Whiteman, M. (2018). *Reglas vibratorias: compactación óptima de superficies. Revista Perú Construye.* . Obtenido de <http://www.peruconstruye.net/wp-content/uploads/2018/10/REGLAS-VIBRATORIAS.pdf>
- Yela, J. (2017). *Determinación del gradiente térmico en losas de pavimentos de concreto hidráulico [Tesis de licenciatura]*. . Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Obtenido de

<http://www.repositorio.usac.edu.gt/7052/1/Jorge%20Roberto%20Yela%20Quijada.pdf>

Z aditivos . (s.f.). *Curadores de concreto, manta de curado de concreto [Ficha técnica]* .

Obtenido de <https://www.zaditivos.com.pe/wp-content/uploads/2018/10/Manta-de-Curado-Z.pdf>

## ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia.....	136
Anexo 2: Acciones preventivas para evitar/minimizar la generación de fallas durante la etapa constructiva y/o daños durante la etapa de operación en losas de concreto hidráulico .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Anexo 3: Hojas técnicas de endurecedores superficiales Masterplate Ff.....	142
Anexo 4: Hojas técnicas de endurecedores superficiales Surfex.....	148
Anexo 5: Hojas técnicas de endurecedores superficiales Sikafloor-3 Cuarzo Top .....	151

**Anexo 1: Matriz de consistencia**

<b>PROBLEMA</b>	<b>OBJETIVO</b>	<b>HIPÓTESIS</b>
<b>GENERAL</b>	<b>GENERAL</b>	<b>GENERAL</b>
¿Cuál es el costo de ejecución, reparaciones y mantenimiento anual de losas de concreto hidráulico con y sin endurecedor superficial mineral en naves industriales?	Determinar el costo de ejecución, reparaciones y mantenimiento anual de losas de concreto hidráulico con y sin endurecedor superficial mineral en naves industriales, en base a investigaciones bibliográficas, normativa vigente, hojas técnicas de fabricantes y a la descripción de trabajos realizados en losas de concreto hidráulico ya ejecutadas.	El empleo de endurecedores superficiales minerales genera una disminución de al menos un 25% del costo de reparaciones y mantenimiento de losas de concreto hidráulico de naves industriales.
<b>ESPECÍFICOS</b>	<b>ESPECÍFICOS</b>	<b>ESPECÍFICOS</b>
¿Cuál es la diferencia de costo de ejecución de losas de concreto hidráulico con y sin endurecedor superficial mineral, considerando condiciones climáticas desfavorables de temperatura ambiente y velocidad del viento?	Determinar la diferencia de costo de ejecución de losas de concreto hidráulico con y sin endurecedor superficial mineral, considerando condiciones climáticas desfavorables de temperatura ambiente y velocidad del viento.	El costo de ejecución y reparación de losas de concreto hidráulico expuestas a condiciones climáticas desfavorables de temperatura ambiente y velocidad del viento, aplicándole endurecedor superficial mineral es al menos un 5% más económico con respecto al costo de ejecución y reparación de una losa sin la aplicación de este.
b) ¿Cuál es la diferencia de costo referencial de las reparaciones y mantenimiento anual de fallas generadas por impacto y abrasión de losas de concreto estándar con y sin endurecedor superficial mineral?	Determinar la diferencia de costo referencial de las reparaciones y mantenimiento anual de fallas generadas por impacto y abrasión de losas de concreto estándar con y sin endurecedor superficial mineral.	Los mayores costos por reparaciones y mantenimiento anual de losas de concreto hidráulico son generados por las juntas, llegando a representar hasta el 60% de dichos costos.

**Anexo 2: Acciones preventivas para evitar/minimizar la generación de fallas durante la etapa constructiva y/o daños durante la etapa de operación en losas de concreto hidráulico**

**ACCIONES PREVENTIVAS PARA EVITAR/MINIMIZAR LA GENERACIÓN DE FALLAS DURANTE LA ETAPA CONSTRUCTIVA Y/O DAÑOS DURANTE LA ETAPA DE OPERACIONES**

**1. Capacitación técnica especializada**

Se deberá gestionar y brindar capacitación teórica y/o práctica en uso de equipos (vibradora/esparcidora de concreto, cortadora para concreto, alisadores o helicópteros, esparcidores de aditivos o materiales, etc.), manejo y colocación de aditivos para concreto hidráulico (endurecedores, curadores, selladores, etc.) al personal de dirección técnica y obreros por instructores especializados acreditados en construcción de losas de concreto hidráulico, representantes técnicos de los proveedores y/o fabricantes de equipos y materiales, según criterios o recomendaciones del ACI u otros organismos técnicos aplicables vigentes.

**2. Mantenimiento y preuso de equipos y herramientas**

Se deberá verificar el cumplimiento de los programas de mantenimiento preventivo de todos los equipos antes de su uso.

Se deberá implementar formato de preuso de equipos y herramientas, los cuales, deberán ser llenados diariamente por los operadores de equipos o usuarios de herramientas, de detectarse cualquier anomalía, se debe reportar inmediatamente al supervisor de trabajo y responsable de equipos, a fin de que se gestionen las acciones correctivas/preventivas del caso antes de su uso.

**3. Condiciones ambientales y/o del plataformado**

**3.1 Humedecimiento del plataformado de soporte**

Previamente a los trabajos de colocación de concreto, deberá humedecerse con agua potable el plataformado de soporte (sub-base, etc.).

**3.2 Verificación de condiciones climáticas**



Con anterioridad a la colocación de concreto y con la finalidad de definir procedimientos y equipos complementarios, se deberán monitorear los siguientes parámetros:

- Temperatura del aire
- Humedad relativa
- Velocidad del viento

### 3.3 Temperaturas altas por radiación solar

Se deberá prever el uso de toldos durante los trabajos de colocación de concreto en losas a la intemperie, a fin de protegerlas de radiación solar intensa que genere altas temperaturas en el concreto fresco.

En losas interiores a la nave industrial, preferentemente, se deberá coordinar que previamente a su colocación, debe encontrarse colocada y sellada la cobertura, de no ser posible, se podrán emplear toldos.

Alternativamente, podrán coordinarse los trabajos de colocación de concreto en horario nocturno. El empleo de toldos también podrá ser utilizado para zonas lluviosas.

### 3.4 Secado superficial por vientos y/o radiación solar

Para losas a la intemperie, se deberá minimizar el secado superficial de la losa debido a la acción del viento, para lo cual, podrá emplearse cerramiento lateral provisional con barreras de material adecuado, tela, etc.

En losas interiores a la nave industrial, preferentemente, se deberá coordinar que previamente a su colocación, debe encontrarse colocado el cerramiento lateral (muros de material noble o prefabricados), de no ser posible, se podrá emplear cerramiento lateral provisional con barreras de material sintético, tela, etc.

Para proteger del secado por radiación solar intensa, considerar lo indicado en el ítem 3.3.

### 3.5 Congelamiento del concreto

En zonas en las que se presenten temperaturas bajas, deberá evitarse el congelamiento del concreto, empleando aditivos, protección física y térmica, colocándolo en las horas de mayor temperatura, etc.

### 3.6 Lluvias intensas

Para proteger la superficie del concreto de lluvias intensas, considerar lo indicado en el ítem 3.3.

### 4. Refuerzo de losa y acorazado en juntas

Durante los trabajos de colocación de concreto y previos, se deberá evitar alterar el refuerzo de juntas (sistema de transferencia de carga (barras cuadradas o circulares, dowels, placas), como también, el blindaje o acorazado en bordes de juntas con perfiles metálicos hechos en taller o industrializados).

### 5. Curado adecuado y oportuno

El curado deberá realizarse inmediatamente se haya producido el fraguado inicial del concreto, en forma tal de reducir la evaporación de agua (exudación) y minimizar los agrietamientos por contracción de fragua.

Se debe llevar a cabo con los productos y equipos adecuados (según expediente técnico, procedimiento escrito de trabajo, según normas aplicables, también recomendaciones del proveedor o fabricante.

En caso de curadores químicos o por membrana, se deberá aplicar uniformemente sobre toda la superficie y caras laterales de la losa, para el curado de las juntas, se podrá emplear arena húmeda.

En el caso de curado con agua, deberá emplearse agua potable con arrocera, en forma tal que la superficie de la losa se mantenga permanentemente inundada durante un mínimo de 07 días. Complementariamente, podrán emplearse barreras plásticas o de otros materiales (yute humedecido, etc.) a fin de evitar la exudación del concreto, en todo momento deberán mantenerse húmedas las caras laterales de la losa.

### 6. Corte adecuado y oportuno

El corte de juntas de contracción debe realizarse inmediatamente se haya producido el fraguado inicial del concreto, con equipos para corte temprano (soff cut), en forma tal de minimizar los agrietamientos por contracción de fragua y secado.

El espesor del corte tiene gran influencia en la durabilidad de la losa en condiciones de servicio, debiéndose evitar cortes de ancho excesivo (6 mm. o más).

Para juntas espaciadas entre 4 y 4.8 m. (de 20 a 24 veces el espesor de la losa), la profundidad del corte debe ser de  $\frac{1}{4}$  a  $\frac{1}{3}$  del espesor de la losa, el ancho del corte promedio debe ser entre 2 y 4 mm.

#### 7. Cargas prematuras excedidas

Inmediatamente después del fraguado inicial del concreto, se deberá realizar el corte de las juntas de contracción, para lo cual, el peso de la máquina cortadora de concreto + el peso del operador no deberán generar agrietamientos u otros daños, para lo cual, previamente se debe seleccionar máquinas de corte de concreto de peso reducido (de aluminio u otros), asimismo, minimizar en lo posible el peso del operador.

Además, deberán evitarse cargas sobre la losa (a temprana edad o luego del fraguado inicial del concreto), como podrían ser: tránsito de personal, acopio concentrado de materiales, equipos como alisadores o helicópteros, etc.

De requerirse tránsito de vehículos sobre la losa a temprana edad (por proceso constructivo), se deberá verificar la capacidad resistente de la losa para dicha actividad, de ser el caso, consultar con el proyectista.

#### 8. Vibración de terreno adyacente a losa recientemente colocada

Se deberá evitar vibraciones excesivas (compactación con rodillos vibratorios, etc.) en el área adyacente a las losas recién colocadas.

#### 9. Otras acciones preventivas varias

a) Mejorar y dar mayor detalle de la calidad del concreto (prever el tiempo necesario para la realización de ensayos de los agregados en el caso de canteras no conocidas en zonas alejadas, uso de aditivos para concretos acordes a la trabajabilidad requerida y aspectos climáticos).

b) Mejorar el diseño de juntas, por ejemplo, disminuyendo su cantidad, colocándolas en lo posible debajo de los racks de almacenamiento u otras optimizaciones de proyecto.

Alternativamente, podrán considerarse en el diseño losas reforzadas con acero corrugado, fibras o emplearse concreto de contracción compensada, concreto postensado para minimizar la cantidad de juntas y mejorar el desempeño de la losa.

Asimismo, es de vital importancia seleccionar el procedimiento y materiales adecuados para el sellado o relleno de juntas (considerando losas a la intemperie, losas bajo techo, exudación del concreto, hermeticidad, resellado, mantenimiento adecuado según recomendaciones de los proveedores o fabricantes).

Para tráfico pesado, en losas planas y superplanas se recomienda el relleno de juntas, lo que implica colocar el material de sello en toda la profundidad del corte.

- a) Verificar los ensayos de compactación y otros del plataformado (sub-base, subrasante), como también su homogeneidad. También, en los casos que se requiera, se deberá proveer de una sub-base resistente a la erosión bajo tránsito pesado, empleo de geosintéticos para refuerzo, etc.
- b) Verificación de registros históricos del nivel freático, de requerirse, se deberán proyectar sistemas para abatimiento de la napa freática, en forma tal que no afecte la integridad del plataformado y losa (sub-drenaje u otros sistemas de drenaje, canaletas perimetrales, etc.).
- c) Consideraciones para losas atípicas (reforzamiento, diseño de juntas, etc.).
- d) Verificar la colocación adecuada del refuerzo de acero corrugado, mallas electrosoldadas, etc. (verificar recubrimientos adecuados, armado según detalles en planos u otros lineamientos aplicables).
- e) Antes de la colocación de concreto, verificar la correcta fijación y nivelación de los encofrados, a fin de cumplir con los requisitos de nivelación u horizontalidad (FL), para lo cual podrá emplearse el equipo de medición Dipstick operado por personal calificado.

También es importante para este propósito (cumplir con el coeficiente de horizontalidad, FL) poner énfasis en los trabajos de colocación y extendido del hormigón con los equipos esparcidores/vibradores de concreto.

- f) Poner especial atención durante los trabajos de acabado superficial con allanadora o helicóptero (uniformidad del endurecedor y su correcta incrustación en la losa), proceso durante el cual se define el valor del coeficiente de planeidad (FF).
- g) Realizar el control de la regularidad superficial (FF/FL) lo más temprano posible (entre 24 a 72 horas luego del vaciado), a fin de tomar acciones correctivas en forma oportuna en caso se requiera.



The Chemical Company

**ANEXO C1: MasterPlate**

**MASTERPLATE® Ff**

Endurecedor de superficie con agregado metálico para mejorar la planeidad de pisos

**USOS RECOMENDADOS**

- Pisos con requerimientos de planeidad
- Rutas de tráfico de montacargas para estanterías
- Areas donde se utilicen regularmente equipos con ruedas de acero o de composición dura
- Losas que contengan fibras de acero
- Plantas de manufactura
- Centros de distribución y almacenes
- Pasillos y zonas de giro
- Pasillos AGV
- Areas de recepción y despacho de productos
- Instalaciones de reparación

**DESCRIPCION**

MASTERPLATE Ff es un endurecedor metálico en polvo diseñado especialmente para la aplicación en pisos que han sido diseñados para cumplir con cierta planeidad

especificada. (Consulte las normas ACI 117, ASTM E 1155M96 y CSA A23.1-00 para ver los detalles del sistema de clasificación F.)

CARACTERISTICAS	BENEFICIOS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Graduación única</li> <li>• Puede espolvorearse</li> </ul>	Mejora la planeidad Puede ser aplicado sobre losas de concreto nuevas para un piso plano o superplano de (FF 25+)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicación Temprana</li> <li>• Con agregado de granulometría controlada y aditivos patentados</li> </ul>	Se aplica después del enrasado o flotado mecánico Mejora el acabado
<ul style="list-style-type: none"> <li>• La resistencia al impacto es doble de la de los concretos normales</li> </ul>	Resiste cuatro veces mayor que la de los endurecedores con agregado mineral y ocho veces mayor que el concreto normal
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acabados versátiles que no desprenden polvo</li> </ul>	Va desde liso a rugoso
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Crea una superficie más densa</li> </ul>	Aumenta la resistencia a la penetración de aceites y grasas

**FORMA DE APLICACION**

**Aplicación**

1. Si se va a aplicar más de 4.9 kg/m<sup>2</sup> (1.0 lb/ft<sup>2</sup>) de endurecedor de superficie, aplique el material en 2 o más pasos. Aplique 1/2 o 2/3 de la cantidad total para obtener una distribución uniforme de endurecedor en la superficie, y aplique el resto en aplicaciones subsiguientes. No aplique más de 4.9 kg/m<sup>2</sup> (1.0 lb/ft<sup>2</sup>) en una pasada. Consulte al representante de BASF para obtener recomendaciones. Se recomienda el uso de una distribuidora de endurecedor en polvo automática como el método más eficiente, económico y preciso para la aplicación.
2. Después que el endurecedor de la primera aplicación absorba la humedad de la losa, flote la superficie con una allanadora mecánica de 240 o 300 mm (8 a 10 ft) con zapatas de flotado, o con flotador de madera, pulido perpendicular en relación al enrasado. (Se prefiere el uso de una aplanadora mecánica con discos de madera porque tienden a abrir la losa en lugar de cerrarla, lo que podría atrapar agua bajo la capa del endurecedor en polvo). Para mantener la planeidad, evite sacudir la manivela del flotado.
3. Cuando las apuedas o portar el peso del aplicador,

sin dejar depresiones mayores a 3 a 6 mm (1/8 a 1/4 in), flote la superficie con una flotadora mecánica manual con discos cambiables. Rectifique los bordes a mano con lana de madera. Perfile o pulanuevamente la superficie en ambas direcciones para lograr la planeidad deseada.

4. Si demora, aplique el resto del producto. Nuevamente enrase la superficie con una llana mecánica. Perfile, si fueranecesario. Si fueranecesario pulanuevamente. Si desea enrase, seguido de un enlucido de acabado.

Nota: No use allanadora mecánica para incorporar el endurecedor en polvo a la base de concreto, sin embargo, pueden ser usados para el enrasado final para lograr pisos más planos. Enrase los bordes a mano con llana de madera, llana dentada. El uso de llanas de aluminio puede causar decoloración.

5. ALLANADO FINAL: Según sea apropiado haga 2 - 3 allanados mecánicos. En la primera pasada, mantenga las zapatas lo más planas posibles sin estar perforando la superficie. En la medida que la superficie vaya endureciendo, abra las zapatas para obtener el deseado acabado de la superficie. Si desea puede enlucir la superficie como acabado.

**PRECAUCION** La superficie enlucida puede ser resbalosa



cuando esté mojada.

#### Curado

Cuando se termine el allanado final, y cuando la superficie esté inrugosa, aplique una membrana de curado aprobada, siguiendo rigurosamente las instrucciones en las etiquetas de los embalajes. No use agua, arpillera o recubrimientos de polietileno para el proceso de curado. Consulte a BASF para obtener recomendaciones de cómo aplicar los métodos de curado según ACI 308.

#### Juntas

##### OPCIÓN 1: JUNTA DE RELLENO SEMI-RÍGIDA EPÓXICA

1. Después de un mínimo de 90 días\*, instale un relleno de juntas semi rígido epóxico (consulte a su representante local para recomendaciones), en juntas de control no dinámicas y juntas de construcción cortadas con sierra. Aplique el relleno de junta siguiendo las instrucciones del fabricante.

\* Por favor consulte la norma ACI 302R-96, capítulo 9.10. Posponga la aplicación de la junta de relleno lo más que pueda, para dar tiempo a que los a(s) cure(n) totalmente. Un curado adecuado reducirá la separación entre la losa y la junta de relleno.

##### OPCIÓN 2: JUNTAS CON BLINDAJE DE HIERRO

1. Remueva el concreto de las juntas, mientras que el concreto está todavía fresco. Remueva el concreto de la línea de la junta a una profundidad de 13 mm (1/2 in), y rejunte al nivel de la superficie dejando una cuña de 102 mm (4 in) de ancho.

2. Mezcle MASTERPLATE FF con suficiente agua para formar un mortero casi seco. Flote la superficie a mano donde haya sido retirado el concreto, aplicando suficiente pasta de mortero para asegurar una adhesión integral al concreto.

3. Inmediatamente aplique el mortero de MASTERPLATE FF en la junta preparada, luego enrare el área nuevamente para obtener un nivel uniforme. Use 2.0 kg (4.5 lb) por pie lineal, lo que equivale a 1 kg (2.25 lb) por pie para cada lado de la junta.

#### PARA MEJOR DESEMPEÑO

- NO aplique en áreas donde la superficie del piso esté expuesta a ácidos, sales u otros materiales corrosivos que puedan atacar rápidamente el cemento o hierro.
- NO utilice sobre concreto que contenga adición

de cloruro de calcio o que tenga agregados que hayan sido saturados con agua salobre.

- NO aplique sobre concreto que contenga más de 3% de contenido de aire, según medición ASTM C138, ASTM C 173, o ASTM C 231.

- No aplique MASTERPLATE FF sobre aguas estancadas de lechada o sobre concreto que esté exudando excesivamente.

- Se recomienda el uso de llanas manuales de madera en lugar de las llanas de magnesio.

- Si se hubieran formado ampollas en el proceso de acabado, aplane las paletas de allanado inmediatamente. Allane nuevamente para «abrir» las ampollas y trabaje las áreas afectadas a mano con lana. No alee las zapatas de allanado hasta que todas las ampollas hayan sido removidas.

- No utilice en áreas donde la superficie del piso estará regularmente expuesta a acumulación de agua.

- Si fuera posible, construya las losas de concreto bajatecho. Las condiciones de la obra que influyen sobre el secado de la superficie y el tiempo de fraguado del concreto, también afectan los tiempos para la aplicación del endurecedor superficial y los procedimientos de acabado.

- Para limpiar los pisos MASTERPLATE utilice solamente soluciones con alto pH.

- Se debe proporcionar una ventilación adecuada. Un área sin ventilación, expuesta a gases de calefacciones, y fluidos de equipos, pueden causar la carbonatación de la superficie de los pisos. Esto resulta en una superficie débil y potencialmente polvorienta.

- No es recomendado para aplicaciones en estaciones de bomberos.

- Antes de comenzar la obra solicite la reunión con su representante local de BASF para discutir los aspectos específicos de la aplicación del endurecedor en polvo, incluyendo diseño de mezcla. Factores como el cemento, tamaño y granulometría del agregado, aditivos y otros, pueden afectar el tiempo de fraguado y la incorporación del endurecedor en polvo en la losa, pueden afectar el tiempo de fraguado y la incorporación del endurecedor en polvo a la losa.

- Antes de iniciar la aplicación, los contratistas debería hacer una muestra de campo de 3 x 3 m (10 x 10 ft), usando los mismos productos y métodos aprobados por el dueño y arquitecto en

la obra.

- Esta Hoja Técnica describe cómo aplicar eficientemente el endurecedor en polvo MASTERPLATE FF. Sin embargo, los resultados ideales de éste, o cualquier producto de construcción, dependen en alto grado de la experiencia del contratista, las condiciones del ambiente, equipo adecuado, procedimientos de trabajo y aplicación, curado adecuado y otros factores.

- El control del tiempo es esencial para la aplicación exitosa de este producto. Siga los procedimientos en relación a los tiempos recomendados.

- La aplicación adecuada es responsabilidad del usuario. Las visitas de campo del personal de BASF son para hacer recomendaciones técnicas y no para supervisar o proporcionar control de calidad de la obra.

#### EMPAQUE

MASTERPLATE FF está disponible en sacos de 25 kg resistentes a la humedad. No es necesario pesar o mezclar los ingredientes en la obra, por lo tanto se hace más eficiente el manejo del material y la mano de obra.

#### ALMACENAMIENTO

En envases originales cerrados, y almacenados en un sitio fresco y seco, MASTERPLATE FF mantiene sus propiedades durante un mínimo de 18 meses. Mantenga a temperatura de 10°C a 32°C (50°F a 90°F), y en un ambiente seco protegido del sol.

#### RENDIMIENTO

La dosis estándar de aplicación del endurecedor superficial MASTERPLATE FF es de 4.9 a 14.6 kg/m<sup>2</sup> (1.0 a 3.0 lb./ft<sup>2</sup>) del área del piso. Si se van a aplicar más de 7.4 kg/m<sup>2</sup> (1.0 lbs./ft<sup>2</sup>), aplique en 2 o más pasadas. Consulte a su representante BASF para recomendaciones específicas en su obra.



The Chemical Company

### SEGURIDAD

**Precaución:** MATERTOP 200 FF contiene cemento Portland, calceó, yeso, carbón activado, óxido de magnesio.

**Riesgos:** Es irritante a los ojos y a la piel. Puede causar quemaduras e irritación a los pulmones. Con exposición prolongada y constante, puede causar enfermedades pulmonares.

**Precauciones:** Mantenga fuera del alcance de los niños. Evite contacto con los ojos. Use lentes protectores. Evite el contacto prolongado y repetido con la piel. Use guantes de protección y ropa adecuada. No respire el polvo. Si la ventilación fuera insuficiente, use una máscara respiratoria adecuada. Lave la ropa antes de usarla nuevamente.

**Primeros Auxilios:** Lave las áreas expuestas con agua y jabón. Si hubiera contacto con los ojos, enjuague abundantemente con agua. Si el respirar le resultara difícil, retírese al aire libre.

**Desecho del embalaje:** No está listado como desecho peligroso. Sin embargo, siga las regulaciones locales de cuidados ambientales.

**Preposición 65:** Este producto no contiene materiales listados por el Estado de California como siendo conocido que causen cáncer, defectos congénitos u otros daños reproductivos.

**Contenido de COV:** Este producto contiene 0lbs/gal o 0 g/l

Para mayor información sobre Seguridad consulte la Hoja de Seguridad del Material (MSDS), o a su representante local de BASF.

**NOTIFICACION DE GARANTIA LIMITADA.** Todo este texto es un aviso hecho para aplicar los rigurosos estándares de BASF en la fabricación de nuestros productos como en la información que expedimos en relación a estos productos y su uso. Nuestros garantizamos que nuestros productos son de buena calidad y sus futuros, o a nuestros clientes, también a nosotros al precio de compra de cualquier producto que se pruebe está defectuoso. El obtener resultados satisfactorios depende no solamente del uso de productos de calidad sino también de muchos factores que están fuera de nuestro control. Por lo tanto, excepto en los casos de tales sustituciones o reembolsos, BASF NO GARANTIZA, EXPLÍCITAMENTE, INCLUYENDO GARANTIAS DE DESEMPEÑO PARA UN PROPÓSITO PARTICULAR O COMERCIALIDAD, CON RELACION A SUS PRODUCTOS, y BASF no asume ninguna responsabilidad alguna en relación a los mismos. Cualquier reclamo relacionado a defectos en productos debe ser recibido por escrito dentro de un (1) año de la fecha de despacho. No se considerará ningún reclamo si la notificación escrita con fecha posterior al término de tiempo especificado. El usuario debe determinar que los productos para el uso o para los ambientes y su uso y el riesgo y la responsabilidad en relación a ello. Cualquier autorización de cambios en las recomendaciones escritas acerca de los usos de nuestros productos debe llevar la firma del Gerente Técnico de BASF. La información y todo asesoramiento técnico adicional están basados en el conocimiento y experiencia actual de BASF. Sin embargo, BASF no asume ninguna responsabilidad por proporcionar información y asesoramiento técnico, incluyendo la extensión a la cual dicha información y asesoramiento pueda aplicarse a los derechos de propiedad intelectual de terceros, especialmente derechos de patente. En particular, BASF no garantiza LAS CONDICIONES Y GARANTIAS, SEAN EN PRENSA O IMPRESAS, INCLUYENDO LAS GARANTIAS IMPRESAS POR DESEMPEÑO PARA UN PROPÓSITO O COMERCIALIDAD ESPECÍFICOS, BASF NO ASUME NINGUNA RESPONSABILIDAD POR DAÑOS INCIDENTALES, INDIRECTOS O CONSECUENCIALES (INCLUYENDO PERDIDA DE GANANCIA) DE CUALQUIER TIPO. BASF se reserva el derecho de hacer cualquier cambio o modificación tecnológica o desarrollo futuro. Es de responsabilidad del cliente el inspeccionar y probar con cuidado cualquier bien en que exista. El desempeño de los productos descritos aquí, debens ser verificados por medio de ensayos, que debens ser llevados a cabo solamente por expertos calificados. Es de exclusiva responsabilidad del cliente el leerla caboy tambarla información. La referencia marcas o nombres comerciales usados por otras compañías no es recomendación ni publicidad para ningún producto y no implica que uno similar no pueda ser usado.

**PARA USO PROFESIONAL ÚNICAMENTE. NO ESTÁ DISPONIBLE PARA LA VENTA AL PÚBLICO GENERAL.**

BASF Corporation  
Construction Chemicals  
23700 Chagrin Blvd  
Cleveland, OH, USA, 44122  
1-216-839-7550

México 55-5899-3984 <a href="http://www.basf-cc.com.mx">www.basf-cc.com.mx</a>	Guadalajara 33-3811-7335	Monterrey 81-8335-4425	Mérida 999-925-6127	Tijuana 664-686-6655
Costa Rica 506-2440-9110 <a href="http://www.centroamerica.basf-cc.com">www.centroamerica.basf-cc.com</a>	Panamá 507-300-1360	Puerto Rico 1-787-258-2737 <a href="http://www.caribbean.basf-cc.com">www.caribbean.basf-cc.com</a>	Rep. Dominicana 809-334-1026 <a href="http://www.basf-cc.com.do">www.basf-cc.com.do</a>	

ANEXO C2: MasterTop 100

# MasterTop® 100

Endurecedor superficial coloreado en polvo con agregado mineral

ANTES MASTERCRON

#### RENDIMIENTO

Quando la aplicación de MasterTop® 100 es principalmente para resistencia al desgaste, la dosificación estándar es de 5 a 10 kg/m<sup>2</sup> (1.0 a 2.0 lb/ft<sup>2</sup>). Cuando la aplicación del endurecedor en polvo es para colorear el piso, la dosificación estándar es de 7.3 a 9.8 kg/m<sup>2</sup> (1.5 a 2.0 lb/ft<sup>2</sup>). Para recomendaciones específicas, consulte a su representante local BASF.

#### PRESENTACIÓN

MasterTop® 100 se suministra en sacos de 25 kg (55lb) resistentes a la humedad.

#### COLOR

Se encuentra disponible en formulaciones incluyendo light reflective para ahorros en energía y high reflective. Consulte la carta de Colores Estándar para pisos.

#### VIDA ÚTIL

18 meses si se almacena correctamente.

#### ALMACENAMIENTO

En envases originales cerrados, en un sitio fresco y seco. Mantenga almacenado a una temperatura de 10 a 32°C (50 a 90 °F) protegido del sol.

#### CONTENIDO COV

0 g/L sin agua ni solventes.

#### DESCRIPCIÓN

MasterTop® 100 es un endurecedor superficial en polvo listo para usarse, coloreado, que utiliza agregado mineral especialmente gradado y dimensionado que al distribuirse y acabarse sobre concreto fresco, recién nivelado y flotado, colorea y mejora la resistencia al desgaste de los pisos de concreto.

#### CARACTERÍSTICAS Y BENEFICIOS

- Aumenta la resistencia a la abrasión de pisos de concreto. Hasta dos veces mayor vida en servicio del concreto normal
- Disponible en formulaciones de alta reflectancia, diseñadas para reducir los costos de energía
- Produce una superficie de alta densidad, resistente a la penetración de líquidos y fácil de limpiar
- El color integral elimina el costo de pintar el piso periódicamente
- Diseñado para reducir el desgaste superficial y el desprendimiento de polvo, reduciendo los costos constantes de mantenimiento y reparación

#### USOS RECOMENDADOS

- Áreas donde se requiera de un piso de concreto atractivo y coloreado para mejorar la apariencia del área de trabajo
- Donde sea necesario aumentar la resistencia al desgaste para pisos con tráfico de liviano a moderado (centros comerciales, escuelas, teatros, hospitales, estacionamientos y patios)
- Áreas de almacenamiento de servicio ligero a moderado donde el tráfico y el desgaste no requieran de un endurecedor superficial con agregado metálico
- Sobre concreto fresco recién nivelado y flotado

#### FORMA DE APLICACIÓN

##### PREPARACIÓN DE SUPERFICIES

1. Prepare la base de concreto: coloque el concreto base, por bombeo, vaciado y otra modalidad, asegurándose que el asentamiento no exceda 127 mm (5 in) para losas a nivel (Consulte a su representante BASF para obtener información sobre aplicación con losas suspendidas). Enseguida que el concreto haya sido colocado, enrase y luego pase la aplanadora mecánica, con zapatas de madera. Permita que el sangrado suba a la superficie.
2. La pérdida temprana de humedad y fraguado rápido alrededor del perímetro son normales, controle la losa con cuidado para asegurar que el flotado sea hecho en el momento adecuado.



#### APLICACIÓN

1. No aplique el endurecedor de superficie sobre la lechada. Si hubiera exudación excesiva, remueva el agua parada usando un jalador u otro procedimiento aprobado.
2. Cuando el brillo del agua haya desaparecido y justo antes del fraguado inicial (cuando un aplicador pueda colocar tablas dejando no más que 1/8 a ¼ " de depresión, flote la superficie para <abrir> la losa con allanadora mecánica utilizando zapatas de madera ajustadas a un nivel plano.
3. BASF recomienda que si se va a aplicar más de 4.9 kg/m<sup>2</sup> (1.0 lb/ft<sup>2</sup>) de endurecedor de superficie, aplique el material en 2 pasadas. Aplique ½ o 2/3 de la cantidad total para obtener una distribución uniforme de endurecedor en la superficie, y aplique el resto en aplicaciones subsecuentes. No aplique más de 4.9 kg/m<sup>2</sup> (1.0 lb/ft<sup>2</sup>) en una pasada, ya que puede perjudicar el resultado. En la mayoría de los casos, crea una reacción en la base de la losa demandando más agua de la que está disponible para la absorción de la incorporación del endurecedor. Las áreas más secas tienden a agrietar o delaminar, dejando menos agua para las siguientes pasadas del endurecedor.
4. Distribuya la primera aplicación del endurecedor en la superficie de forma uniforme. Se recomienda espolvorear con una distribuidora de endurecedor en polvo automática como el método más eficiente, económico y preciso para la aplicación. Cuando el espolvoreo del endurecedor sea realizado a mano, o utilizando una pala, aplique cada pasada de forma perpendicular a la anterior para asegurar un cubrimiento completo.
5. Después que el endurecedor haya absorbido suficiente humedad que causa con que la superficie se oscurezca un poco. Flote la superficie con una allanadora mecánica equipada con zapatas regulables de madera. Flote a mano con llana de madera los bordes.

**NOTA:** No use allanadora mecánica para incorporar el endurecedor en polvo a la base de concreto, sin embargo, pueden ser usadas para el enrasado final para lograr pisos más planos. Enrase los bordes a mano con una llana de madera, llana dentada. El uso de llanas de aluminio puede causar decoloración

6. Mientras que el flotado de la primera aplicación de endurecedor en polvo avanza, siga de inmediato con la subsiguiente aplicación del endurecedor.
7. Una vez que la segunda aplicación de endurecedor haya absorbido suficiente humedad (la superficie se oscurecerá un tanto), flote la superficie con una allanadora mecánica equipada con zapatas regulables de madera. Flote a mano con una llana los bordes.

8. Mientras que avanza el flotado de la aplicación de endurecedor, siga inmediatamente con la aplicación de endurecedor, si fuera necesario.

**NOTA:** Cuando se aplique más de 4.9 kg/m<sup>2</sup> (1.0 lb/ft<sup>2</sup>) de endurecedor en polvo en condiciones calurosas o con viento, puede ser necesario aplicar más de dos pasadas. BAJO NINGUNA CIRCUNSTANCIA se deberá aplicar agua, aditivos retardadores de la evaporación o agentes de acabado para "ayudar a mojar" el endurecedor en polvo. La pérdida temprana de humedad y fraguado rápido alrededor del perímetro de losa son normales, y deben de ser verificados de cerca para asegurar que la operación de allanado sea realizada dentro del tiempo adecuado.

#### ALLANADO

1. Según sea apropiado, haga 2-3 allanados mecánicos. Deje la superficie recién preparada sin trabajar hasta que haya perdido su brillo y pueda soportar el peso del aplicador y de una allanadora mecánica. En este momento haga el primer allanado de la superficie. En la primera pasada, mantenga las zapatas lo más planas posibles sin perforar la superficie.
2. En la medida que la superficie vaya endureciendo, aloe las zapatas para obtener el deseado acabado de la superficie. Remueva todas las marcas y huecos en la última operación de pulido, con las zapatas levemente elevadas. **NOTA:** No bruña (pulir hasta ocasionar un brillo) los pisos coloreados con endurecedor en polvo, o reflectivos de luz.

**NOTA:** Toda la humedad utilizada para incorporar el material del endurecedor superficial deberá venir de la losa. BAJO NINGUNA CIRCUNSTANCIA DEBERÁ APLICARSE AGUA PARA AYUDAR EN LA INCORPORACIÓN DEL ENDURECEDOR SUPERFICIAL. Bajo las condiciones de secado rápido o severo, se podrá aplicar con aspersor el reductor de evaporación MasterKure® ER 50 de acuerdo con las instrucciones de aplicación del endurecedor superficial en polvo. El mal uso de estos materiales puede afectar el color y desempeño del endurecedor superficial en polvo.

#### CURADO

1. Cuando se termine el allanado final, y cuando la superficie no esté empañada por tráfico pedestre de los operarios, aplique una membrana de curado aprobada por BASF siguiendo las instrucciones. Para cumplir con los requerimientos COV en pisos coloridos, use cuando el color no sea una preocupación, consulte a su representante local BASF.
2. Después que el compuesto de curado seque,

proteja la superficie endurecida cubriéndola con papel resistente de construcción

3. Mantenga los pisos cubiertos y libres de tráfico y carga por un periodo mínimo de 1 día después de la terminación
4. Durante el proceso de curado, mantenga la temperatura ambiente a una temperatura mínima de 10°C (50°F) o superior.

#### JUNTAS

1. Después de un mínimo de 90 días\*, instale un relleno de juntas semi rígido epóxico (consulte a su representante local para recomendaciones), en juntas de control sin movimiento y juntas de construcción cortadas con sierra. Discuta los tiempos de aplicación y métodos para el corte de las juntas en una conferencia previa a la aplicación y en conformidad con la norma ACI 302.
2. Permita que la losa cure totalmente antes de aplicar el relleno de junta. El curado completo reducirá la separación entre la losa y el relleno de junta. Consulte la norma ACI 302R-96, capítulo 9.10.
3. Los pisos coloreados requieren de un cuidado adicional durante la construcción. Deben ser protegidos de posibles daños y manchado hasta que la estructura esté lista para entrar en servicio. Muchos factores como las condiciones de la obra y los métodos de aplicación, pueden afectar el tono final, el color y al apariencia de un piso de concreto coloreado.

#### PARA UN MEJOR PERFORMANCE

- Para asegurar la consistencia y el rendimiento apropiado a través de toda la aplicación, coloque los sacos del material alrededor del perímetro de la losa.
- Consulte las secciones adecuadas del informe 302 del comité del ACI "Guía para la construcción de pisos y pavimentos de concreto" para acabados uniformes con endurecedores en polvo coloreados.
- Almacene los productos en un lugar seco. No use el material si el embalaje estuviera dañado.
- Antes de comenzar la obra solicite una reunión con su representante local BASF para discutir los aspectos específicos de la aplicación del endurecedor en polvo, incluyendo el diseño de la mezcla. Factores como el cemento, tamaño y granulometría del agregado, aditivos y otros, pueden afectar el tiempo de fraguado y la incorporación del endurecedor en polvo en la losa.
- Antes de iniciar la aplicación, los contratistas deberían hacer una muestra de campo de 3 x 3 m (10 x 10 ft), usando los mismos productos y métodos aprobados por el dueño y arquitecto de la obra.

- Los pasos descritos en esta Ficha Técnica para la aplicación del endurecedor en polvo coloreado MasterTop® 100, han sido probados como siendo efectivos. Sin embargo, los resultados ideales de éste o cualquier producto de construcción, dependen en alto grado de la experiencia del contratista, las condiciones del ambiente, equipo adecuado, procedimientos de trabajo y aplicación, curado adecuado y otros factores.
- El control del tiempo es esencial para la aplicación exitosa de este producto. Siga los procedimientos en los tiempos recomendados.
- Siempre que sea posible, vacíe los pisos de concreto bajo un techo. Las condiciones de la obra que influyen en el secado de la superficie y tiempo de fraguado del concreto, también afectan los tiempos para la aplicación del endurecedor superficial, el procedimiento de acabado, y la reflectividad de una losa.
- No aplique endurecedor superficial en polvo sobre losas que no estén cubiertas por techo
- Los pisos coloreados requieren de cuidado especial durante su construcción. Deben protegerse de manchado o daños hasta que la estructura entre en servicio. Muchos factores, incluyendo condiciones de la obra y los métodos de aplicación pueden afectar el tono final, el color y la apariencia del piso colorido de concreto.
- Se debe proporcionar una ventilación adecuada. Un área sin ventilación, expuesta a gases de calefacciones y fluidos de equipos, pueden causar la carbonatación de la superficie de los pisos. Esto resulta en una superficie débil y potencialmente polvoriento.
- Consulte las secciones relacionadas con acabados para pisos monolíticos coloreados con endurecedor superficial en polvo del Informe del Comité del ACI 302. BASF recomienda siempre que se aplique y flote 1/2 o 2/3 del total del endurecedor en la primera pasada. Aplique el resto de la cantidad en las subsiguientes pasadas.
- No aplique el endurecedor en polvo sobre agua de la lechada o sobre un concreto que esté exudando excesivamente.
- No aplique sobre concreto que contenga cloruro de calcio o concreto que contenga agregados que hayan sido saturados con agua salina.
- Use llanas manuales de madera o con composición de fibras para las aplicaciones del MasterTop 100 en colores claros o reflectantes de luz.
- Si aparecen ampollas durante la operación de enlucido, aplane las zapatas de flotado inmediatamente. Alce las zapatas solamente cuando ya no se formen más ampollas
- No use MasterTop® 100 donde las condiciones

de operación y de servicio requieran de un desempeño más resistente que demande el uso de un endurecedor de superficie con agregados metálicos. Vea las Fichas Técnicas de los productos para aplicaciones con endurecedor en polvo con agregados metálicos.

- No utilice en áreas donde se necesite de una superficie antichispas. Consulte la Ficha Técnica de MasterPlate.
- No aplique en áreas donde la superficie del piso esté expuesta a ácidos, sales u otros materiales que puedan atacar rápida y seriamente el cemento Portland.
- No aplique en áreas sujetas a ciclos de congelamiento/descongelamiento.
- No aplique sobre concreto que contenga adición de cloruro de calcio.
- No instale sobre concreto que contenga más de 3% de contenido de aire, según medición ASTM, C 138, ASTM C 173, o ASTM C 231, excepto cuando sea aprobado por el servicio técnico de BASF.
- La aplicación adecuada es responsabilidad del usuario. Las visitas de campo del personal de BASF son para hacer recomendaciones técnicas y no para supervisar o proporcionar control de calidad de la obra.

#### SEGURIDAD

Antes de usar lea, entienda y siga la información contenida en la Hoja de Datos de Seguridad (SDS) y en la etiqueta del producto. La SDS puede obtenerse solicitando a su representante de ventas de BASF. Para contactos de emergencia solamente, llame a ChemTrec® al 1(800)424-9300.

#### NOTIFICACIÓN DE GARANTÍA LIMITADA

BASF garantiza que este producto está exento de defectos de fabricación y cumple con todas las propiedades técnicas contenidas en la Hoja Técnica vigente, si el mismo se usa como se instruye dentro de su vida útil. Resultados satisfactorios dependen no solamente de la calidad del producto sino también de muchos factores fuera del control de BASF. BASF NO EXTIENDE NINGUNA OTRA GARANTÍA, O AVAL, EXPRESA O IMPLÍCITA, INCLUYENDO GARANTÍAS DE COMERCIALIZACIÓN O ADECUACIÓN PARA UN FIN PARTICULAR CON RESPECTO A SUS PRODUCTOS. La única y exclusiva compensación del Comprador por cualquier reclamo relacionado a este producto, incluyendo pero sin limitarse a, reclamos relacionados con incumplimiento de garantía, negligencia, responsabilidad objetiva u otra causa, es el envío al comprador de un producto equivalente a la cantidad de producto que no cumple esta garantía o el reembolso del precio original de compra del producto que no cumple esta garantía, a decisión exclusiva de BASF. Cualquier reclamo relacionado a este producto debe recibirse por escrito dentro de un (1) año de la fecha del envío y cualquier reclamo que no sea presentado dentro de ese período constituirá una renuncia por parte del Comprador a realizar algún reclamo y la aceptación expresa de la calidad del producto. BASF NO SERÁ RESPONSABLE POR NINGUN DAÑO ESPECIAL, INCIDENTAL, CONSECUENTE (INCLUYENDO LUCRO CESANTE) O PUNIBLE DE NINGÚN TIPO. El Comprador debe determinar la idoneidad de los productos para el uso previsto y asume todo riesgo y responsabilidad asociada con ello. Esta información y toda recomendación técnica adicional están basadas en el conocimiento y experiencia actuales de BASF. Sin embargo, BASF no asume ninguna responsabilidad por proporcionar tal información y recomendación, incluida la medida en que tal información y recomendación pueda estar relacionada a derechos intelectuales existentes de terceros, derechos de patente, tampoco se establecerá ninguna relación legal por o surgirá de, proporcionar tal información y recomendación. BASF se reserva el derecho de hacer cualquier cambio debido a progreso tecnológico o desarrollos futuros. El Comprador de este Producto(s) debe realizar una prueba de este producto(s) para determinar la idoneidad para la aplicación prevista del producto(s). El desempeño del producto descrito aquí debe verificarse por medio de prueba que debe realizarse por profesionales calificados.



## ANEXO C3: Surfex

# SURFLEX®

## ENDURECEDOR SUPERFICIAL NO METALICO PARA PISOS INDUSTRIALES

### OOO Descripción

**SURFLEX** es una mezcla de agregados no metálicos de granulometría fina, en base a cuarzo seleccionado, plastificantes, pigmentos y cementos, que confieren al concreto altas resistencias al impacto y a la abrasión. **SURFLEX** es un endurecedor de piso económico recomendado para usos en interiores y exteriores. Debido a sus componentes, puede mantener humedad en su superficie sin generar oxidación. **SURFLEX** se ofrece en colores no desteñibles, así como en color natural.

### OOO Aplicaciones principales

- Vestibulos y antesalas de edificios públicos y comerciales.
- Pasillos y baños en edificios públicos e institucionales.
- Restaurantes e instalaciones de alimentos.
- Pisos de exhibición de automóviles y centros de servicio.
- Pisos de fábricas y bodegas.
- Instalaciones comerciales e industriales

### OOO Beneficios

- Endurece pisos de concreto en una sola operación.
- Confiere altas resistencias al desgaste en la superficie de concreto.
- Aumenta la resistencia a la abrasión y al impacto
- Los materiales no oxidables hacen posible la utilización del **SURFLEX** tanto en exteriores como interiores.
- La formulación de **SURFLEX** contempla aditivos dispersantes que permiten un acabado adecuado en la superficie de concreto de bajo asentamiento dando como resultado resistencias excepcionalmente altas para máxima resistencia al desgaste.

### OOO Propiedades

- Apariencia : Polvo
- Color : Gris Plata, Natural y blanco
- Densidad : 1.65 kg/l

### OOO Rendimiento

**SURFLEX** puede ser aplicado a razón de 2.4 a 9.8 kg/m<sup>2</sup>. A mayor dosis de aplicación mayor resistencia a la abrasión. Para tráfico liviano o moderado utilice entre 2.4 kg/m<sup>2</sup> a 5 kg/m<sup>2</sup>. Para tráfico pesado utilice entre 6 kg/m<sup>2</sup> a 9.8 kg/m<sup>2</sup>. Se puede utilizar dosificaciones más altas bajo consideraciones especiales. Póngase en contacto con su representante de Química Suiza Industrial S.A para obtener información sobre los procedimientos recomendados

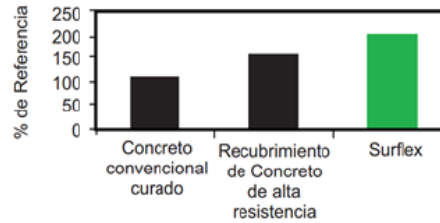
## SURFLEX®

### ENDURECEDOR SUPERFICIAL NO METALICO PARA PISOS INDUSTRIALES

#### OOO Información técnica

Resistencia a la compresión (ASTM C109)  
 7 días : 69 MPa (690 kg/cm<sup>2</sup>)  
 28 días : 80 MPa (800 kg/cm<sup>2</sup>)

Resistencia a la abrasión ciclo 30 minutos (ASTM C779)  
 7 días : 0.48 mm  
 28 días : 0.33 mm



#### OOO Instrucciones de uso

Se recomienda que el contratista y el área de ingeniería revisen el Instructivo para aplicación de endurecedores en polvo para pisos industriales. Si el contratista no está familiarizado con las técnicas de aplicación estándar para endurecedores de piso en polvo, se sugiere coordinar una reunión con Química Suiza Industrial antes de comenzar la obra para conocer el diseño de mezcla del concreto del proyecto así como detalles especiales de colocación y curado afines al trabajo en particular. Póngase en contacto con su representante de Química Suiza Industrial para obtener información adicional.

El contratista debe considerar lo siguiente al instalar el **SURFLEX**:

El concreto de la losa debe tener una resistencia mínima de 21 MPa (210 kg/cm<sup>2</sup>).

Los productos de regado en seco pigmentados requieren atención especial para obtener uniformidad de color. Si la obra requiere la colocación de **SURFLEX** de color se deben tomar las siguientes precauciones:

Posponer la aplicación del regado lo más posible para lograr el máximo de saturación del color en la superficie de la losa.

Aplicar el regado uniformemente y en dos aplicaciones para lograr una mayor uniformidad.

No pula la última pasada de llana. Se logra una mejor apariencia pasando la llana a mano en el acabado final.

**SURFLEX** se aplica por espolvoreo directo sobre la placa de concreto o mortero antes de su fraguado incrustando el material con llana de madera y dándole el terminado o afinado con llana metálica o mecánica. Las placas de piso deben ser fundidas en cuadros de 10 m<sup>2</sup> aproximadamente para después cortar las juntas transversales, con sus respectivas dilataciones. De preferencia la aplicación del endurecedor debe realizarse con un equipo mecánico.

Tan pronto como el agua de exudación ha desaparecido de la superficie y la consistencia de la mezcla de concreto es tal que hace perceptible la marcación de una huella de manera que no es tan blanda para que el material se deposite en el fondo y no es tan dura para no permitir incrustarlo, espolvorear la mitad de la dosis de **SURFLEX** dejando que absorba la humedad de la superficie hasta que quede uniforme. Luego se incrusta con llana de madera golpeando repetidamente la superficie hasta la aparición de una masilla, inmediatamente después se espolvorea la otra mitad de **SURFLEX** y se incrusta como el paso anterior. Finalmente se da el terminado o afinado dejando la superficie pulida.

**Curado y sellado:** Se recomienda consultar a su representante de Química Suiza Industrial S.A sobre las recomendaciones respectivas a su proyecto específico.

#### OOO Presentación

**SURFLEX** se ofrece en sacos de 30 kilos con forro de polietileno como protector contra la humedad.



## SURFLEX®

ENDURECEDOR SUPERFICIAL NO METALICO PARA PISOS INDUSTRIALES

### 000 Precauciones / Restricciones

- Si el concreto de la losa tiene un porcentaje de aire incorporado mayor a 3% podría generar ampollas en la superficie. Póngase en contacto con QUIMICA SUIZA INDUSTRIAL S.A. para obtener instrucciones especiales.

### 000 Limpieza

Limpie las herramientas y equipo con agua antes de que el material endurezca.

### 000 Manejo / Almacenamiento

SURFLEX debe almacenarse en su envase original herméticamente cerrado y bajo techo.

**Vida útil en almacenamiento:** 6 meses.

PISOS INDUSTRIALES - ENDURECEDOR

## ANEXO C4: Sikafloor-3 Cuarzo Top



SOLUCIÓN PARA PISOS INDUSTRIALES DE ALTA PRESTACIÓN  
CON UN MÍNIMO DE INVERSIÓN

# Sikafloor®-3 Cuarzo Top

ENDURECEDOR DE SUPERFICIES A BASE DE CUARZO - CEMENTO

BUILDING TRUST



# Sikafloor®-3 Cuarzo Top

Es un endurecedor de pisos listo para usar, que se incorpora superficialmente al concreto fresco. Está compuesto de cemento, pigmentos especiales, aditivos y agregados de cuarzo de gran pureza, especialmente seleccionados de acuerdo con su forma, tamaño, propiedades físicas y mecánicas.

## VENTAJAS

- Sistema económico de alta prestación y fácil de instalar.
- Excelente resistencia al tráfico, al impacto y al desgaste.
- Reduce costos de mantenimiento por desgaste.
- No es conductor eléctrico, ni se corroe.
- Permite obtener un acabado antideslizante (por ejemplo: Acabado tipo barrido).
- Duplica la resistencia a la abrasión de un concreto normal.

## DESEMPEÑO

### DESGASTE POR TRÁFICO Y USO MECÁNICO



La tecnología Sika da mayor resistencia a la abrasión.

### RESISTENCIA AL IMPACTO



Mayor resistencia al impacto que una superficie de concreto sin protección.

### DESLIZAMIENTO



Se pueden obtener diferentes grados de resistencia al deslizamiento, pero se debe lograr un equilibrio entre la rugosidad de la superficie y las exigencias de higiene.

### AMBIENTALMENTE AMIGABLE



Solución cementicia libre de VOC's.

### GAMA DE COLORES



Para satisfacer las exigencias de diseño, es producido en diferentes colores.

### IMPERMEABILIDAD



Utilizando endurecedor superficial se incrementa la impermeabilidad de la superficie.



189



## APLICACIÓN DE **Sikafloor®-3 Cuarzo Top**

- Se aplica cuando el agua libre sobre la superficie del concreto fresco haya desaparecido y cuando al presionar fuertemente la superficie con un dedo no quede una huella de más de 3-5 mm de profundidad.
- El espolvoreo manual se deberá ejecutar en dos etapas.

## RENDIMIENTO

COLOR GRIS CEMENTO (NEUTRO)	TRÁFICO LIVIANO:	3 kg/m <sup>2</sup>
	TRÁFICO MEDIANO:	4 kg/m <sup>2</sup>
	TRÁFICO PESADO:	5 kg/m <sup>2</sup>
OTROS COLORES		5-7 kg/m <sup>2</sup>

## ACABADO

- Esperar hasta que **Sikafloor®-3 Cuarzo Top** se humedezca uniformemente con el agua contenida en el concreto.
- Nunca rociar la superficie con agua durante la aplicación.
- Para introducir adecuadamente **Sikafloor®-3 Cuarzo Top**, utilice allanadora o paletas mecánicas tipo helicóptero con las aspas colocadas horizontalmente y a baja velocidad. La aplicación manual se efectuará en áreas pequeñas o de difícil acceso para la allanadora.
- Terminada esta labor y cuando el concreto haya endurecido suficientemente, se podrá efectuar un afinado con la allanadora y/o con llana manual hasta obtener un acabado homogéneo.
- El piso de concreto deberá continuar con su proceso de curado.

## PRESENTACIÓN

### Bolsa x 30 kg

#### COLORES

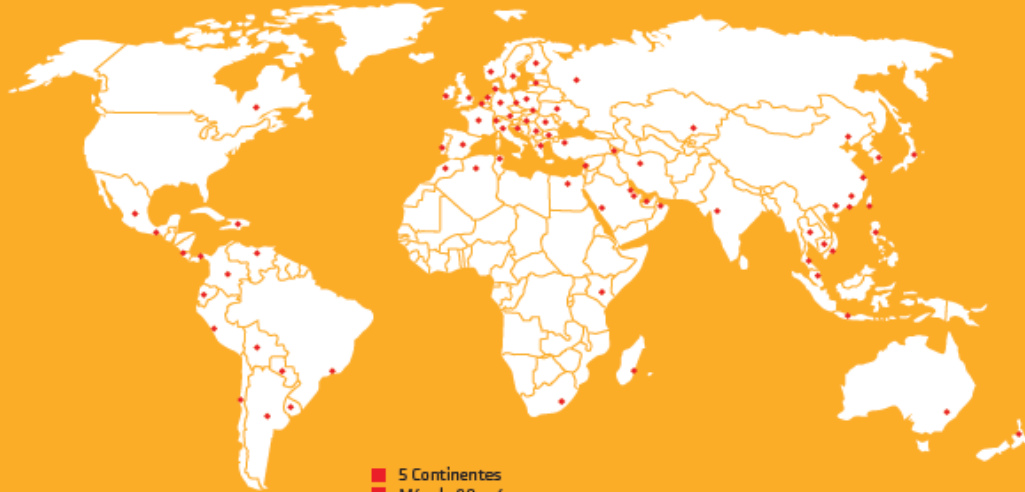
- Neutro (Gris Cemento)
- Gris Plata
- Blanco





Silofloor®-3 Cuarzo Top 05

# Sika, UN JUGADOR GLOBAL EN ESPECIALIDADES QUÍMICAS PARA LA CONSTRUCCIÓN Y LA INDUSTRIA



- 5 Continentes
- Más de 90 países
- 160 compañías (producción y mercadeo)
- Aproximadamente 16,000 empleados

Sika es una compañía Suiza líder en la comercialización y fabricación de productos químicos para la construcción e industria en general. El núcleo de nuestro negocio es la innovación y nuestro foco es desarrollar productos de alta calidad. Ofrecemos las mejores soluciones y para ello, contamos con un staff de profesionales dispuestos a brindar servicio y soporte técnico para asesorar todas las necesidades de nuestros clientes.



Para mayor información, por favor consulte a nuestro departamento técnico o consulte nuestras hojas técnicas correspondientes en nuestro sitio web  
Web: [www.sika.com.pe](http://www.sika.com.pe)

CERTIFICADOS  
**ISO 9001**  
Gestión de Calidad  
**ISO 14001**  
Gestión Ambiental



Los asesoramientos son proporcionados y los pedidos aceptados en conformidad con los términos de nuestras vigentes Condiciones Generales de Venta y Suministro. Los usuarios deben conocer y utilizar la versión última y actualizada de la Hoja de Datos del Producto concernido, copias de la cual se mandarán a quién las solicite.

**SIKA PERÚ S.A.**  
Centro Industrial  
"Las Praderas de Lurín" s/n  
Mz "B" Lote 5 y 6, Lurín  
Lima - Perú

**CONTACTO**  
Teléfono: (51 1) 618-6060  
Fax: (51 1) 618-6070  
E-mail: [informacion@pe.sika.com](mailto:informacion@pe.sika.com)  
[www.sika.com.pe](http://www.sika.com.pe)

