



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Química e Ingeniería Química
Escuela Profesional de Ingeniería Química

Selección y aplicación de sistemas de recubrimientos en suelos de concretos de plantas de soluciones químicas agresivas, caso: Votorantim Metais

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Químico

AUTOR

Phol Joe EVANGELISTA CHAVEZ

ASESOR

Mg. Leoncio REYNA MARIÑAS

Lima, Perú

2024



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Evangelista, P. (2024). *Selección y aplicación de sistemas de recubrimientos en suelos de concretos de plantas de soluciones químicas agresivas, caso: Votorantim Metais*. [Trabajo de suficiencia profesional de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Química e Ingeniería Química, Escuela Profesional de Ingeniería Química]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Phol Joe Evangelista Chávez
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	40391118
URL de ORCID	-
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Leoncio Reyna Mariñas
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	06020987
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0003-3700-8703
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	María Verónica Carranza Oropeza
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	10727849
Miembro del jurado 1	

Nombres y apellidos	Gregorio Roberto Alvarez Contreras
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	06009529
Datos de investigación	

Línea de investigación	No aplica
Grupo de investigación	Nuevos materiales y Biotecnología
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: Lima Latitud: -12.0621065 Longitud: -77.0365256
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Noviembre 2011- Marzo 2012
URL de disciplinas OCDE	Ingeniería Química https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.04.00



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, Decana de América)
FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Los suscritos Miembros del Jurado Evaluador de Sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional, nombrados por la Dirección de la Escuela Profesional de Ingeniería Química, bajo la Presidencia de la **Dra. María Verónica Carranza Oropeza**, el **Mg. Gregorio Roberto Alvarez Contreras** (Miembro Revisor) y el **Mg. Leoncio Reyna Mariñas** (Asesor), habiendo presentado para tal efecto el **Trabajo de Suficiencia Profesional** titulado: "**Selección y aplicación de sistemas de recubrimientos en suelos de concretos de plantas de soluciones químicas agresivas, caso: Votorantim Metais**", después de **SUSTENTADA Y APROBADA** el **Trabajo de Suficiencia Profesional** elaborado por el Bachiller en Ingeniería Química: **PHOL JOE EVANGELISTA CHAVEZ**, para optar el **TÍTULO PROFESIONAL** de **INGENIERO QUÍMICO**, el Jurado Evaluador acuerda calificarlo con la **NOTA** de:

.....*DIECISIETE*.....
(LETRAS)

.....*17*.....
(NÚMEROS)

Lima, 12 de agosto del 2024

Dra. María Verónica Carranza Oropeza
Presidenta de Jurado Evaluador

Mg. Gregorio Roberto Alvarez Contreras
Docente Revisor

Mg. Leoncio Reyna Mariñas
Asesor de Tesis

Dr. Rubén Alfredo Palomino Infante
Director de la EPIQ





UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE
SAN MARCOS
Universidad del Perú, Decana de América

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, LEONCIO REYNA MARIÑAS en mi condición de asesor acreditado con la Resolución Decanal N° 000483-2024-D-FQIQ/UNMSM del trabajo de suficiencia profesional, cuyo título es "**Selección y aplicación de sistemas de recubrimientos en suelos de concretos de plantas de soluciones químicas agresivas, caso: Votorantim Metais**" presentado por el bachiller **PHOL JOE EVANGELISTA CHAVEZ** para optar el título Profesional de Ingeniero Químico, CERTIFICO que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante la plataforma PIDS, el documento evaluado cuenta con el 7% de similitud, nivel **PERMITIDO** para continuar con los trámites correspondientes y para su **publicación en el repositorio institucional**.

Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención el título correspondiente.

Lima, 15 de agosto de 2024

Firma del Asesor

Nombres y Apellidos del asesor: Leoncio Reyna Mariñas

DNI: 06020987

DEDICATORIA

A MIS PADRES HERMES Y
VICTORIA POR SU AMOR,
COMPRENSION Y APOYO

A MIS HIJOS LUCAS Y
VICTORIA, POR SER LA
INSPIRACIÓN Y ALEGRIA

A MI COMPAÑERA BLANCA,
POR SU AMOR, APOYO Y
COMPRENSIÓN PARA
CULMINAR EL TRABAJO

Resumen

El presente trabajo describe un caso práctico de la aplicación de un sistema de recubrimiento de protección sobre el concreto en dos áreas de operación de una refinería polimetálica (VOTORANTIN METAIS, hoy NEXA RESOURCES), en el periodo de noviembre 2011 y marzo del año 2012. El sistema seleccionado considera los factores de durabilidad del recubrimiento, la limpieza superficial del concreto, la preparación de superficie, el tipo de resina empleado, el medio químico al cual estará expuesto, la temperatura de operación o servicio, y el tipo de daño mecánico que puede recibir. Para su selección se toma en consideración la normativa existente de estándares internacionales como la ACI, ASTM, SSPC, ISO y recomendaciones de fabricantes de pinturas, para realizar las diferentes etapas preliminares a la preparación de superficie, aplicación del sistema protector del concreto, así como verificaciones finales, para la conformidad del usuario final. El procedimiento experimental realizado en área 30 (planta de ácido sulfúrico concentrado) y área 40 (lixiviación de cobre), fue un servicio de rehabilitación de losa en ambas áreas previo a la aplicación de recubrimiento, donde se retiró el recubrimiento antiguo, losa contaminada, se instaló losa nueva y para finalmente aplicar el sistema de recubrimiento seleccionado, y se realizó una verificación visual posterior a la instalación 3 años después, donde se verificó que el sistema mantuvo su integridad en general, en comparación al recubrimiento anterior. Conforme a la información recogida, se concluye que la durabilidad del recubrimiento protector del concreto es asegurada teniendo en consideración las actividades descritas en la matriz de actividades para la instalación de sistema de recubrimiento protector del concreto.

Palabras clave: Recubrimiento sobre concreto, control de calidad en recubrimientos, pintura industrial, protección del concreto, preparación de superficie en concreto.

Summary

This work describes a practical case of the application of a protective coating system on concrete in two operating areas of a polymetallic refinery (VOTORANTIN METAIS, today NEXA RESOURCES), in the period of November 2011 and March 2012. The selected system considers the durability factors of the coating, the surface cleanliness of the concrete, the surface preparation, the type of resin used, the chemical medium to which it will be exposed, the operating or service temperature, and the type of mechanical damage that will occur. For its selection, the existing regulations of international standards such as the ACI, ASTM, SSPC, ISO and recommendations of paint manufacturers are taken into consideration, to carry out the different preliminary stages of surface preparation, application of the concrete protective system, as well as final verifications, for the compliance of the end user. The experimental procedure carried out in area 30 (concentrated sulfuric acid plant) and area 40 (copper leaching), was a slab rehabilitation service in both areas prior to the application of coating, where the old coating, contaminated slab, were removed. A new slab was installed and to finally apply the selected coating system, and a visual verification was carried out after the installation 3 years later, where it was verified that the system maintained its integrity in general, compared to the previous coating. According to the information collected, it is concluded that the durability of the concrete protective coating is ensured taking into consideration the activities described in the matrix of activities for the installation of the concrete protective coating system.

Keywords: Coating on concrete, quality control in coatings, industrial paint, concrete protection, concrete surface preparation.

Índice General

Summary	4
Lista de Figuras	9
Lista de Tablas	11
1. Introducción	1
2. Situación Problemática	3
2.1 Descripción del Problema	4
2.2 Formulación del problema	4
3. Objetivos	5
3.1 Objetivo General	5
3.2 Objetivos específicos	5
4. Marco Teórico	6
4.1 Cemento:	6
4.2 Concreto	7
4.3 Evaluación de Zona de Trabajo.....	8
4.3.1 Factores que afectan la durabilidad del concreto	8
4.4 Definición de Sistema de Recubrimiento Protector para el Concreto	11
4.5 Construcción de Juntas en el Concreto	17
4.6 Tipos de Recubrimientos más Empleados en el Perú	21
4.6.1 Epóxicos.....	21

4.6.2 Poliuretano	21
4.6.3 Mortero Poliuretano	21
4.7 Verificaciones en Campo	23
4.7.1 Protuberancias	23
4.7.2 Agujeros o cavidades	24
4.7.3 Fisuras	24
4.7.4 Lechada sobre el concreto	24
4.7.5 Solidez del concreto	24
4.7.6 Eflorescencia	25
4.7.7 Contaminantes orgánicos	25
4.7.8 Grasas y aceites	25
4.7.9 Contaminantes inorgánicos	26
4.7.10 Agentes microbiológicos	26
4.7.11 Polvo	26
4.7.12 Ácidos residuales	27
4.7.13 Humedad residual	27
4.8 Preparación de Superficie	28
4.8.1 CSP 1 Decapado ácido	31
4.8.2 CSP 2 Pulido	31
4.8.3 CSP 3 Granallado ligero	32

4.8.4 CSP 4 Escarificado ligero.	32
4.8.5 CSP 5 Granallado medio.	32
4.8.6 CSP 6 Escarificado medio.	32
4.8.7 CSP 7 Granallado pesado o profundo.	32
4.8.8 CSP 8 Desbastado.	32
4.8.9 CSP 9 Escarificado pesado o profundo.	32
4.8.10 CSP10 Herramientas para romper concreto.	32
4.9 Aplicación del Sistema de Recubrimiento.	34
4.9.1 Tiempo de vida útil del recubrimiento.	34
4.9.2 Espesores mínimos y máximos por capa de recubrimiento.	34
4.9.3 Tiempo de curado.	35
4.10 Herramientas para la Aplicación de Recubrimientos.	35
4.11 Verificación del Sistema de Recubrimiento.	35
5. Procedimiento Experimental.	40
6. Discusión de Resultados.	57
7. Conclusiones.	59
8. Recomendaciones.	60
9. Bibliografía.	62
10. Anexo A.	65
10.1 Equipos para la Preparación de Superficie según Guía ICRI 03732.	65

11. Anexo B.....	69
11.1 Herramientas para la Aplicación de Recubrimientos en Concreto	69
12. Anexo C	72
12.1 Hojas Técnicas de Productos Utilizados.....	72

Lista de Figuras

Figura 1. <i>Diagrama de flujo para Recubrimiento del Concreto</i>	10
Figura 2. <i>Tipos de Corte para las Juntas en el Concreto</i>	19
Figura 3. <i>Tipos de Reparación de Losa con Fisura Profunda</i>	20
Figura 4. <i>Niveles de Perfil de Rugosidad en el Concreto</i>	30
Figura 5. <i>Ubicación de Área de Trabajo en Refinería Cajamarquilla (Fuente Google Maps)</i>	40
Figura 6. <i>Estado Inicial de Área 40(Zona de Lixiviación)</i>	41
Figura 7. <i>Zona sin Recubrimiento que Evidencia la Exposición del Agregado del Concreto</i>	42
Figura 8. <i>Zona que Presenta Recubrimiento Antiguo, con Antigüedad Mayor a 3 años de Servicio</i>	42
Figura 9. <i>Espesor del Sistema Antiguo, que Consiste de una Capa Monolítica aprox. 3cm</i> ...	43
Figura 10. <i>Verificación de pH de Losa, Valor 0</i>	44
Figura 11. <i>Estado Inicial de Área 30</i>	45
Figura 12. <i>Contaminación por Presencia de Ácidos Concentrado</i>	45
Figura 13. <i>Sistema de Recubrimiento CORCAST R</i>	46
Figura 14. <i>Retiro de Recubrimiento Antiguo y Demolición de Falso Piso en Área 40</i>	47
Figura 15. <i>Verificación de Solidez del Concreto con martillo Schmidt</i>	47
Figura 16. <i>Demolición de Losa en Área 30</i>	48
Figura 17. <i>Vaciado de Losa Área 30</i>	49
Figura 18. <i>Vaciado de Losa Área 40</i>	49
Figura 19. <i>Reparación de Superficies Verticales</i>	50
Figura 20. <i>Verificación de Humedad Residual sobre Concreto</i>	51
Figura 21. <i>Preparación de Superficie de Concreto</i>	51

Figura 22. <i>Aplicación de Capa Base Corobond 100</i>	52
Figura 23. <i>Colocación y Saturación de Fibra de Vidrio MAT 300</i>	53
Figura 24. <i>Aplicación de Capa de Acabado</i>	54
Figura 25. <i>Instalación de Juntas de Dilatación</i>	54
Figura 26. <i>Verificación Final de Espesor del Sistema de Recubrimiento</i>	55
Figura 27. <i>Vista Panorámica, luego de 3 años de Servicio (marzo 2015)</i>	56

Lista de Tablas

Tabla 1. <i>Elementos Principales del Cemento</i>	6
Tabla 2. <i>Tipos de Cemento Portland</i>	6
Tabla 3. <i>Listado de Materiales Protectores para el Concreto</i>	11
Tabla 4. <i>Sustancias Químicas y sus efectos Sobre el Concreto, Sistema de Protección Sobre el Concreto</i>	13
Tabla 5. <i>Ataques de Ácido sobre el Concreto en la Industria</i>	15
Tabla 6. <i>Azúcares Comunes a los que está Expuesto el Concreto</i>	16
Tabla 7. <i>Fuentes Comunes de Abrasión y Patrones de Desgaste</i>	16
Tabla 8. <i>Tipos de Espaciamientos entre Losas de Concreto, para Juntas de Contracción y de Dilatación</i>	17
Tabla 9. <i>Resumen de Tratamientos de Superficie</i>	22
Tabla 10. <i>Métodos de Preparación de Superficie</i>	28
Tabla 11. <i>Sistemas de Recubrimiento y su Correspondiente Perfil de Rugosidad</i>	31
Tabla 12. <i>Criterios de Aceptación para Superficies de Concreto</i>	33
Tabla 13. <i>Matriz de Actividades para la Instalación de Sistema de Recubrimiento Protector del Concreto</i>	38
Tabla 14. <i>Sistema de Recubrimiento Especificado (marca Sherwin Williams)</i>	46

1. Introducción

El presente trabajo expone un caso práctico en el cual se realiza un servicio de rehabilitación de una losa de concreto con un sistema de recubrimiento para proteger al concreto, el cual se realizó siendo la empresa ejecutora del servicio Sherwin Williams Perú SRL, en el cual estuve como responsable de la ejecución del servicio como residente del proyecto, donde tuve a cargo las coordinaciones directas con el usuario solicitante, personal operativo para la ejecución de los trabajos, requerimientos de recursos para la ejecución del servicio, documentación para registros de calidad y conformidad del cliente, cargo de confianza que se me otorga al momento de realizar el servicio cuando contaba con 4 años de experiencia en servicios de ejecución para la empresa Sherwin Williams Perú SRL en el año 2011.

El tipo de recubrimiento a considerar, se basa en experiencia y casos históricos de un sistema de recubrimiento desarrollado por la marca Sherwin Williams para la protección de zonas de contención primaria y secundaria de soluciones químicas, para estar en inmersión por periodos breves de tiempo, a fin de que pueda corregirse las causas de derrames de soluciones químicas dentro del proceso de operación de una planta química. Así también, como las condiciones de servicio como temperatura y tránsito vehicular, ya que estos también afectan la durabilidad del concreto, especialmente para las pozas de contención primaria, donde se preparan soluciones químicas. Igualmente en plantas de columnas de carbón, de osmosis inversa, zonas de lixiviación, plantas de ácidos, filtro prensa, fundición, zonas que son altamente agresivas para el concreto, es donde se viene empleando los recubrimientos de protección, con el tiempo y como resultado de la experiencia, se viene depurando los controles necesarios para asegurar el correcto desempeño de los recubrimientos de protección en base a estándares internacionales (American Concrete Institute (ACI), 2013), ya que cada fabricante de recubrimiento define los estándares mínimos para la

instalación de sus productos, y el personal encargado de la instalación, muchas veces por desconocimiento omiten las consideraciones necesarias para evitar fallas prematuras de un sistema de protección, por lo que se ve afectado el tiempo de durabilidad, ocasionando pérdidas económicas, por reprocesos, y paradas de planta para realizar las correcciones (American Concrete Institute (ACI), 2008). A fin de evitar estos problemas y poder llevar un adecuado control de las diferentes etapas del proceso de instalación, se requiere verificar de qué manera es afectada la durabilidad del recubrimiento protector del concreto, para ello se recopila las normas y estándares internacionales, y definiendo los criterios de aceptación antes de pasar de una etapa a la siguiente, para la instalación de recubrimientos sobre el concreto (Nixon & Drisko, 2001). Los criterios de evaluación van desde la elección del sistema de protección, método de preparación de superficie, aplicación o instalación del recubrimiento de protección del concreto, en base a hoja técnica de producto de parte del fabricante, y la verificación final, para la puesta en servicio. Por este motivo aparecen nuevos materiales para la protección, para este caso los recubrimientos protectores del concreto, los cuales en términos simples, son pinturas que se aplican a altos espesores comparados con una protección normal para el acero, las cuales son con bajos espesores de hasta 0.25mm, mientras que los recubrimientos para proteger al concreto van a partir de los 0.25mm hasta los 9mm, siendo el tipo de resina para estos recubrimientos de naturaleza epóxica (American Concrete Institute (ACI), 2008), morteros monolíticos del tipo poliuretano (Sika Perú, 2015), o cuando se desea realzar la estética y el color de una superficie, puede ir como acabado de alto brillo y alta resistencia a la exposición del medio ambiente (Sherwin Williams Latinoamerica, 2021).

2. Situación Problemática

En la industria con el paso de los años se realizan cada cierto tiempo mejoras en sus diferentes operaciones y procesos para fabricación y manufactura, en donde se prioriza el buen funcionamiento de equipos y de la infraestructura de cada empresa, y extender hasta donde sea posible la vida útil de servicio de todas las instalaciones en servicio, a la vez que se presentan nuevos lineamientos respecto a cuidado medio ambiental y sostenibilidad.

Para el caso de la industria minera ante la contaminación ambiental como consecuencia de las diferentes etapas de proceso, donde se perjudica el paisaje natural, el cauce de ríos, el Ministerio de Energía y Minas implementa el Programa de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA), siendo las primeros en adherirse las fundiciones de Ilo (Southern Perú) y de La Oroya (DOE RUN), en el año 1997 (El Comercio, 2020), en adelante todas las demás fundiciones se van adhiriendo con el paso de los años.

Por este motivo, se van modernizando los diferentes sectores de las diferentes mineras, donde se tiene como uno de los objetivos principales, asegurar que mejoren los estándares relacionados en el manejo ambiental y reducir la contaminación y emisiones al medio ambiente. Dentro de los alcances en las plantas de operaciones es contar con zonas de contención primaria y secundaria, según corresponda, para que, ante la posibilidad de derrames de soluciones químicas de proceso, sean contenidas y no entren en contacto con el medio ambiente.

De esta necesidad las zonas de contención son construidas de concreto, el cual no está diseñado para estar en contacto directo con soluciones químicas, ya que lo van degradando en el tiempo, y por esta razón se requiere proteger al concreto a fin de extender su vida de servicio para la contención de derrames de soluciones químicas.

2.1 Descripción del Problema

Por invitación del cliente VOTORANTIM METAIS, a través del área de proyectos, se solicitó realizar una revisión del estado en el que se encontraba en ese momento en operación las áreas 30 y 40, al ser áreas donde cualquier derrame con el tiempo pueda contaminar el suelo de la refinería. Se complemento el pedido para la rehabilitación de lozas, y recubrimiento para la protección del concreto a fin de asegurar la durabilidad de las pozas de contención de derrame, ya que en el estado que se encontraba en ese momento la losa de contención tenía un recubrimiento antiguo deteriorado en diferentes puntos, denotando su degradación, por lo que se requería una reparación de las zonas de contención.

2.2 Formulación del problema

¿Cómo podemos rehabilitar el concreto de las zonas de contención de soluciones químicas agresivas al medio ambiente en la zona 30 y 40 de la empresa VOTORANTIM METAIS?

3. Objetivos

3.1 Objetivo General

Seleccionar y aplicar un sistema de recubrimiento en suelos de concretos de plantas de soluciones químicas agresivas, caso: VOTORANTIM METAIS

3.2 Objetivos específicos

- Seleccionar el sistema de recubrimiento para concreto, considerando los criterios que involucran casos históricos, tabla de resistencia química, expectativa de durabilidad del cliente, y costo, para garantizar la durabilidad del concreto en el tiempo, en base a normativa existente.

- Aplicar el recubrimiento seleccionado de acuerdo a criterios establecidos sobre el concreto, realizando la preparación de superficie, considerando el criterio de aceptación para la aplicación de recubrimiento, condiciones ambientales para la aplicación del recubrimiento y criterios de validación

- Evaluar el desempeño del recubrimiento en el tiempo de garantía establecido para el servicio prestado de 5 años, observando los cambios de coloración en recubrimiento frente al estado inicial, verificando el desgaste de la capa de acabado, verificando los daños por medios mecánicos, y la temperatura de operación, para confirmar la durabilidad del recubrimiento utilizado. Siendo el tiempo de durabilidad(es decir, que requerirá de un mantenimiento mayor, donde el recubrimiento pueda desgastarse la capa de terminación y posible daño de capas inferiores) estimado entre 6 a 7 años.

4. Marco Teórico

4.1 Cemento:

El cemento está conformado por la mezcla de polvo de Clinker y yeso, su composición se detalla en Tabla 1. Y debido a las propiedades químicas del Clinker otorgan diferentes propiedades al cemento como alta resistencia tempranas, o al contacto con sulfatos, al mezclarse con agua, forman una pasta que se endurece espontáneamente al contacto del aire, estas características se resumen en la Tabla 2 (Chipatecua, 2023).

Tabla 1.
Elementos Principales del Cemento

Nombre	Formula	Abreviatura
Silicato Tricálcico	$3\text{CaO}.\text{SiO}_2$	C_3S
Silicato Dicálcico	$2\text{CaO}.\text{SiO}_2$	C_2S
Aluminato Tricálcico	$3\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3$	C_3A
Ferrualuminato Tetracálcico	$4\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3.\text{Fe}_2\text{O}_3$	C_4AF

Nota. Adaptado de (Chipatecua, 2023)

Tabla 2.
Tipos de Cemento Portland

Tipo ASTM y Nombre	Composición (%) *				Características	Aplicaciones
	C_3S	C_2S	C_3A	C_4AF		
I(Ordinario)	42-65	10-30	0-17	6-18	Sin requisitos especiales	Construcción general
II(Modificado)	35-60	15-35	0-8	6-18	Moderada resistencia a sulfatos y calor de hidratación	Sistemas de drenaje, losas de pisos, cimientos

III Alta resistencia precoz	45-70	10-30	0-15	6-18	Alta resistencia poco después de colocarlo	Construcción en climas fríos
IV Bajo calor	20-30	50-55	3-6	8-15	Bajo calor de hidratación	Estructuras masivas
V Resistente a Sulfatos	40-60	15-40	0-5	10-18	Alta resistencia a sulfatos	Cimientos en suelos con alto contenido de sulfatos

Nota. También existen otro tipo de cementos especiales. Adaptado de (Díaz Tang, 2002)

4.2 Concreto

Es una mezcla de arena, grava, piedra chancada, unidos entre sí por una pasta endurecida a base de cemento y agua. Esta mezcla es maniobrable y puede darse forma, además de ser transportable. El agua al reaccionar con el cemento se convierte en una pasta sólida y duradera (Johnson, 2005).

El concreto está formado por:

- Cemento
- Árido Fino
- Árido Grueso
- Agua

Cemento + Agua = Mezcla

Mezcla + Árido Fino = Mortero

Mortero + Árido Grueso = Concreto

Concreto + Puzolanas = Concreto de Alto Desempeño

El concreto se viene empleando en la industria como base para cimentación de plantas, fabricas, zonas de contención primaria, secundaria, en líneas de envasado, en almacenes, en los

cuales, cada entorno de trabajo está presente diferentes condiciones de servicio, donde intervienen diferentes factores que pueden alterar el tiempo de servicio del concreto, acortando su vida de servicio, ya que por la composición propia del concreto, no es ajeno a la degradación contra ciertos tipos de sustancias químicas, a la temperatura, a las sobrecargas, etc. Razón por la que se ha estado estudiando las causas que pueden degradar y dañar al concreto, a fin de prevenir los daños prematuros, y hacer que su tiempo de vida de servicio se alargue lo máximo posible, ya que al presentar daños el concreto, la reparación conlleva en algunos casos a detener las operaciones de algunos sectores de una fábrica o planta química, y por lo general son zonas de producción críticos, donde cada hora que no se produce, puede generar pérdidas económicas considerables.

4.3 Evaluación de Zona de Trabajo

Se realiza una verificación in situ a la zona donde se requiere proteger con un sistema de recubrimiento, tomando en consideración todos los factores que puedan afectar al concreto, a fin de asegurar un largo tiempo de servicio.

4.3.1 Factores que afectan la durabilidad del concreto (Diaz Tang, 2002):

4.3.1.1 Acciones mecánicas: Cargas, sobrecargas, impactos, vibraciones, naturales o artificiales.

4.3.1.2 Acciones físicas: Variaciones de temperatura o de humedad, heladas, fuego, corrientes eléctricas, radiaciones.

4.3.1.3 Acciones químicas: Presencia de aire y otros gases (atmósferas naturales o contaminadas), aguas agresivas y otros líquidos, áridos reactivos, productos químicos orgánicos o inorgánicos, suelos y terrenos agresivos.

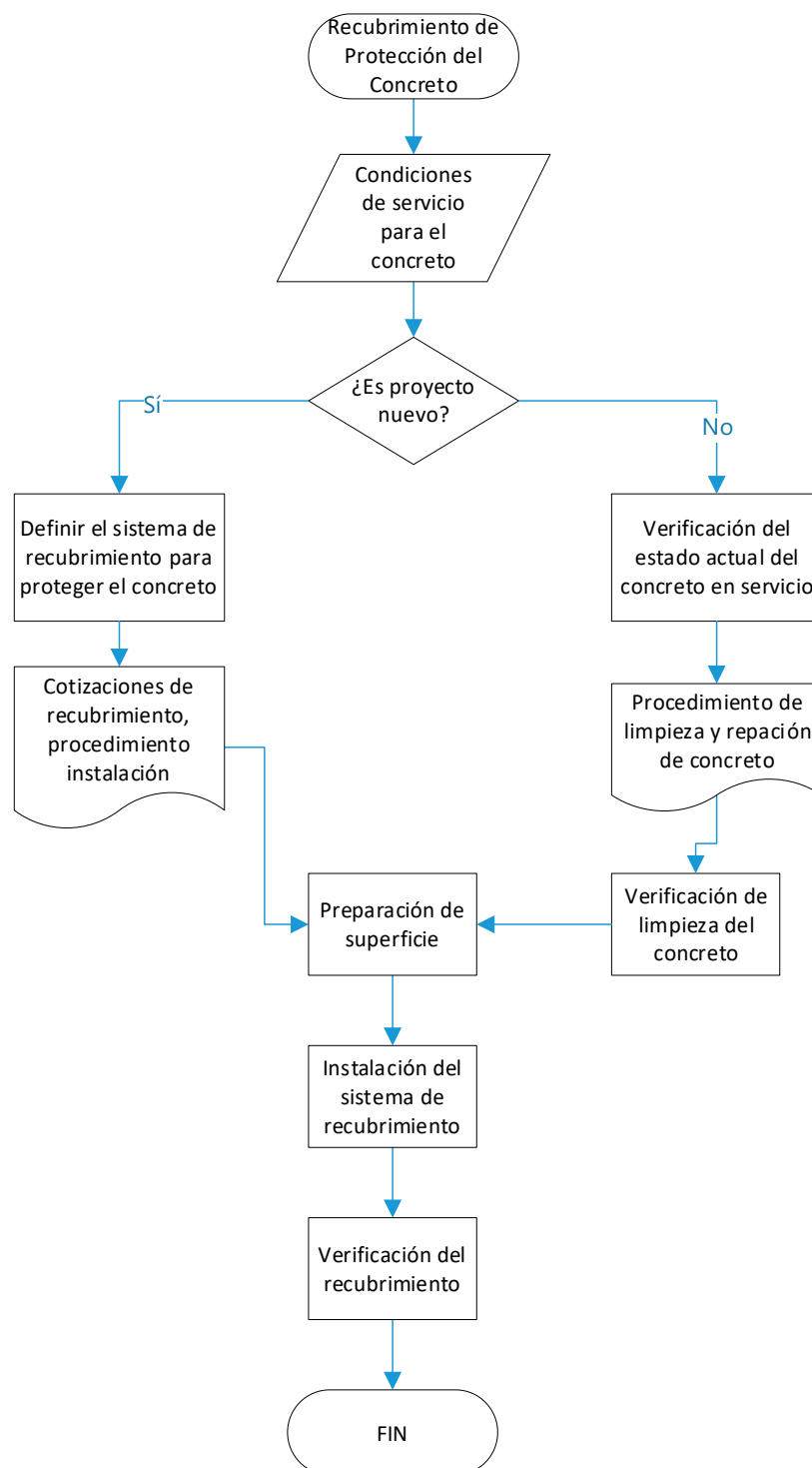
4.3.1.4 Acciones biológicas: Influencia de hongos, bacterias, algas o musgos. Segregación de ácidos.

4.3.1.5 Corrosión del acero: Presencia de cloruros y carbonatación del concreto.

Se tomará en cuenta la guía para la inspección visual del concreto en servicio (American Concrete Institute (ACI), 2008).

Teniendo en consideración los factores descritos anteriormente se resume en la Figura 1. La secuencia a seguir, para la evaluación del sistema de recubrimiento protector del concreto.

Figura 1.

Diagrama de flujo para Recubrimiento del Concreto

4.4 Definición de Sistema de Recubrimiento Protector para el Concreto

Empleamos la guía para la selección de tratamientos protectores del concreto (American Concrete Institute (ACI), 2013), y como se muestra en la Tabla 3 resume los tipos de materiales que se consideran para la protección del concreto, así como sus variantes.

Tabla 3.

Listado de Materiales Protectores para el Concreto

1.Fluosilicato de Magnesio o fluorosilicato de zinc	(I) Membranas asfálticas y bituminosas
2.Silicatos alcalinos, silicato de sodio (vaso de agua), silicato de potasio, silicato de litio	(II) Morteros y lechadas de resina epoxi
3.Aceites secantes	(III) Morteros o lechadas de resina de furano
4. Resina de cumarona-indeno	(IV) Morteros o lechadas de cemento hidráulico
5. resina de copolímero de estireno-butadieno (SBR)	(V) Morteros de resina fenólica
6.Caucho clorado	(VI) Morteros de resina de poliéster
7.Polietileno clorosulfonado (hypalon)	(VII) Morteros de silicato
8.Vinilos y materiales a base de látex	(VIII) Morteros de azufre
9. Pinturas bituminosas, masillas y esmaltes	(IX) Morteros de resina viniléster
10. Materiales de poliéster y viniléster	(X)Concretos de azufre
11. Poliuretano/uretano	(XI)Concretos poliméricos

12.Epoxi	(XII)Concreto a base de silicato
13.Neopreno	i.Rellenos
14.Polisulfuro	ii.Recubrimientos reforzados
15. Alquitrán de hulla y epoxi de alquitrán de hulla	iii. Recubrimientos rellenos en escamas
16. Unidades de mampostería, morteros, lechadas y hormigones resistentes a productos químicos	Las siguientes tablas se basan principalmente en información de Kerkof (2001). Consulte 2.1 para notación y 3.2 para referencias cruzadas de tratamientos protectores.
17.Lámina de caucho	
18.Lamina de resina	
19.Lamina de plomo	
20.Vidrio	
21. Acrílicos, metacrilato de metilo (MMA) y metacrilato de alto peso molecular (HMWM)	
22. Silano, siloxano y siliconatos (compuestos organosilícicos)	
23.Metalizado	
24. Recubrimientos y aditivos cristalinos.	
25.Poliurea	
26.Aditivos adjuntos	

Nota. Adaptado de (American Concrete Institute (ACI), 2013)

En el listado anterior nos muestra un total de 26 tipos de recubrimientos para la protección del concreto y 12 tipos de combinaciones de morteros, lechadas y concretos, para reparación del concreto deteriorado.

Con esta información base de recubrimientos, se clasifican los tipos de agentes químicos que pueden deteriorar el concreto, y cuáles son los tipos de recubrimientos que se pueden emplear para la protección del concreto. En la Tabla 4 se muestra un ejemplo acerca de sustancia química, para este caso diferentes tipos de ácidos, sus efectos que producen sobre el concreto, y el tipo de tratamiento a realizar para la protección del concreto.

Por diseño del concreto, el concreto tipo IV, que es de alta resistencia a sulfatos, es usado frecuentemente en construcciones donde el valor de pH no sea inferior a 7, se emplea principalmente en la construcción de muelles, suelos con presencia de sulfatos ácidos, o sulfuros de hierro (360 en concreto, 2021).

Tabla 4.

Sustancias Químicas y sus efectos Sobre el Concreto, Sistema de Protección Sobre el Concreto

Sustancia	Notas	Efecto sobre el Concreto	Tratamientos Protectores
Ácido acético, menor que 10% en masa	a	Lenta desintegración	1,2,9,10,12,14,16 (II, III, V, VI, VII, VIII)
Ácido acético, 30 por ciento en masa	a	Lenta desintegración	9,10,14,16 (III, V, VI, VII)
Ácido acético, 100 por ciento (glacial)		Lenta desintegración	9, 16 (V, VII)

Agua ácida	b	Lenta desintegración. En concreto poroso o fisurado, ataca al acero. La corrosión del acero podría provocar que el hormigón se descascarille	1,2,3,6,8,9,10,11,12,13,16 (II,III,V,VI,VII,VIII), 17,24,25
Agua ácida (pH 6.5 o menos)		Las aguas naturales ligeramente ácidas pueden erosionar la superficie del mortero, pero luego su acción suele detenerse. La desintegración aumenta a medida que disminuye el pH.	1,2,3,6,8,9,10,11,12,13,16 (II,III,V,VI,VII,VIII), 17
Ácido bórico		Efecto insignificante	2,6,7,8,9,10,12,13,15,16 (II,III,V,VI,VII,VIII), 17,19,24,25
Ácido carbólico		Lenta desintegración	1,2,16 (III,V,VII), 17,25
Ácido sulfúrico, 10 por ciento en masa	a	Rápida desintegración.	5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16 (II, III, V, VI, VII, VIII), 17, 19, 20, 25
Ácido sulfúrico, 100 por ciento en masa (Oleum)		Desintegración.	16 (VII), 19
Sulfato de cobre		Desintegración del concreto con inadecuada resistencia a	

los sulfatos. Productos de 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11,
 concretos curados en vapor a 12, 13, 15, 16, (II, III, V,
 alta presión son altamente VI, VII, VIII), 17, 24, 25
 resistentes a sulfatos.

Nota. Adaptado de (American Concrete Institute (ACI), 2013)

En la norma aparecen diferentes sustancias químicas como, sales y álcalis, aceites y petróleo, solventes y alcoholes, aceites vegetales, grasas y ácidos grasos, Sustancias misceláneas.

Así mismo en Tabla 5; Tabla 6; Tabla 7; Se detalla las causas comunes donde se deteriora y degrada el concreto en la industria en general.

Tabla 5.

Ataques de Ácido sobre el Concreto en la Industria

Industria	Naturaleza del Ataque
Alimentos y Bebidas	• Exposición ácido láctico - Leche • Exposición ácido cítrico -Descomposición de frutas • Exposición a ácido - Vino
Centrales Eléctricas	• Gases oxidados de azufre del carbón que generan ácido sulfúrico • Ataque de ácido sulfúrico del agua de retrolavado para desmineralizadores aniónicos)
Plantas Químicas	• Ataque de ácido nítrico y hidroc্লórico
Refinería/Petroquímica	• Sulfuro de hidrogeno
Tratamiento de Aguas Industriales	• Ataque de ácido sulfúrico y hidroc্লórico
Industria Farmacéutica	• Varios durante el proceso de manufactura

Nota. Adaptado de (Nixon & Drisko, 2001,p 45)

Tabla 6.

Azúcares Comunes a los que está Expuesto el Concreto

Azúcar	Fuente	Lugares de Exposición Típicos
Azúcar doméstica	Caña de azúcar o azúcar de remolacha	Instalaciones de procesamiento y fabricación para la producción o el transporte marítimo de azúcar
Lactosa	Leche	Lecherías y distribución de leche
Glucosa	Frutas y miel	Uvas, viñedos y plantas de transformación/embotellado, plantas de transformación de frutas y plantas de envasado/enlatado de zumos y frutas sólidas

Nota. Adaptado de (Nixon & Drisko, 2001,p 54)

Tabla 7.

Fuentes Comunes de Abrasión y Patrones de Desgaste

Fuente de Abrasión	Manifestaciones Típicas de los Daños
Rutas de tráfico para camiones en instalaciones de almacenamiento y envío	Formación de patrón de surcos en la superficie del concreto, generalmente liso, generado por el desgaste.
Desgaste mecánico, como cadenas de arrastre en madera o minerales: sistemas de manipulación	Formación de surcos o depresiones en el hormigón debido al desgaste y la percusión. a menudo incluye el desprendimiento de agregados gruesos.
Remoción/transporte de material sólido o lodo mediante excavadoras o cargadores	Raspaduras, surcos y astillado del concreto debido a la percusión, la carga puntual y el desgaste. También puede ir acompañado de formación de surcos y patrones de desgaste más suaves de los neumáticos.
Neumáticos con clavos o cadenas de neumáticos en pavimento de concreto.	Se forman cortes profundos y ásperos y daños en la pasta y el agregado, la carga puntual relacionada con el daño, la percusión y el raspado.

Nota. Adaptado de (Nixon & Drisko, 2001,p 60)

Así mismo se debe tomar en cuenta mantener la forma de las juntas de dilatación-contracción que fueron hechas originalmente, en caso que no existan y siendo esta una de las

causas de falla en el concreto se revisará las juntas en el concreto (American Concrete Institute (ACI), 1995).

4.5 Construcción de Juntas en el Concreto

Una vez revisado en campo la inexistencia o falta de juntas en el concreto se define el tipo de juntas a construir. En la Tabla 8 se muestra los tipos de espaciamientos tanto para juntas de contracción, como de dilatación.

Tabla 8.

Tipos de Espaciamientos entre Losas de Concreto, para Juntas de Contracción y de Dilatación

Separaciones entre Juntas de Contracción	
Autor	Separación
Merrill (1943)	20 pies (6 m) para paredes con aberturas frecuentes, 25 pies (7,5 m) en paredes sólidas.
Fintel (1974)	15 a 20 pies (4,5 a 6 m) para paredes y losas a nivel del suelo. Recomienda la colocación de juntas en cambios abruptos de planta y en cambios de altura del edificio para tener en cuenta posibles concentraciones de tensión.
Wood (1981)	20 a 30 pies (6 a 9 m) para paredes.
PCA (1982)	De 20 a 25 pies (6 a 7,5 m) para paredes dependiendo del número de aberturas.
ACI 302.1R	Se recomiendan de 4,5 a 6 m (15 a 20 pies) hasta 302.1R-89, luego se cambió a 24 a 36 veces el espesor de la losa.
ACI 350R-83	30 pies (9 m) en estructuras sanitarias

ACI 350R El espaciamiento de las juntas varía según la cantidad y el grado de contracción y temperatura del refuerzo.

ACI 224R-92 De una a tres veces la altura del muro en muros macizos.

Separaciones de Juntas de Dilatación

Autor	Separación
Lewerenz (1907)	75 pies (23 m) para paredes.
Hunter (1953)	80 pies (25 m) para paredes y techos aislados, 30 a 40 pies (9 a 12 m) para techos sin aislamiento.
Billig (1960)	Longitud máxima de construcción de 100 pies (30 m) sin juntas. Recomienda la colocación de juntas en cambios abruptos de planta y en cambios de altura del edificio para tener en cuenta posibles concentraciones de tensión.
Wood (1981)	30 a 35 m (100 a 120 pies) para paredes.
Institución de estándares indios	Longitud máxima de construcción de 45 m (~ 148 pies) entre juntas.
PCA (1982)	Longitud máxima de construcción de 200 pies (60 m) sin juntas.
ACI 350R-83	120 pies (36 m) en estructuras sanitarias parcialmente llenas de líquido (se requieren espacios más pequeños cuando no hay líquido presente).

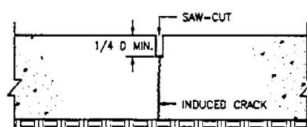
Nota. Adaptado de (American Concrete Institute (ACI), 1995)

Así mismo de la misma norma se muestra en la Figura 2, los tipos de corte para el caso de las juntas por contracción. Esto es importante para la definición del relleno y corte de juntas al finalizar

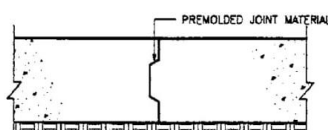
la aplicación del recubrimiento, ya que las juntas deben de respetarse su ubicación, a fin de evitar fisuramientos futuros.

Figura 2.

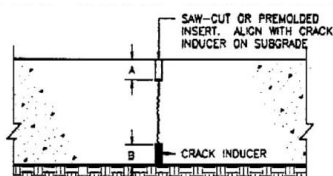
Tipos de Corte para las Juntas en el Concreto



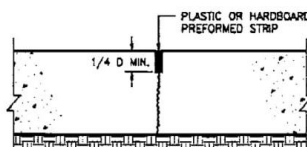
Junta de contracción aserrada



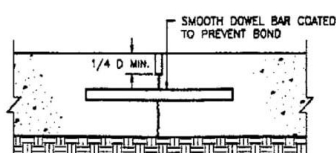
Junta de contracción machihembrada



Junta de contracción en losas de piso grueso



Junta de contracción de inserto premoldeado



Junta de contracción con pasadores

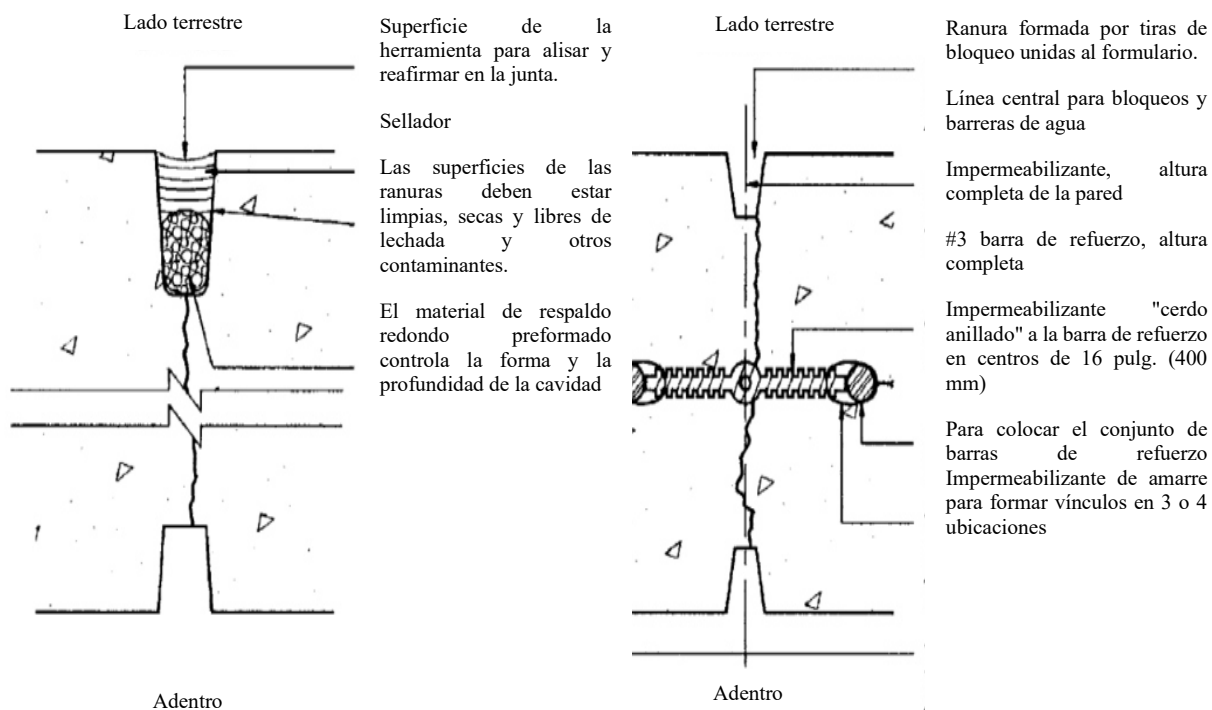
Nota. Adaptado de (American Concrete Institute (ACI), 1995)

Para el caso de losas que presenten fisuras profundas se debe evaluar el tipo de reparación creando una junta en el concreto. En la Figura 3 se muestra algunos tipos de reparaciones cuando

la fisura en el concreto es profunda, para el caso de fisuras superficiales no se requiere realizar ningún tratamiento de reparación.

Figura 3.

Tipos de Reparación de Losa con Fisura Profunda



Nota. Adaptado de (American Concrete Institute (ACI), 1995)

Una vez definido el sistema de recubrimiento de protección, se realizan la verificación in situ al estado actual en que se encuentra el concreto en servicio.

4.6 Tipos de Recubrimientos más Empleados en el Perú

Los tipos de recubrimientos de protección que se vienen empleando en la industria peruana más usuales son:

4.6.1 Epóxicos. son resinas que son formulados a partir de (Nixon & Drisko, 2001,p 352):

Bisfenol A, producto formado por la reacción de condensación de dos (bis) moléculas de fenol y acetona, produciendo Dihidroxidifenildimetilmetano, usado en la manufactura de resinas epóxicas y fenólicas, esta resina es un producto estándar intermedio, en combinación con epiclorhidrina, en la producción de resinas epóxicas, de uso general en la industria por su bajo costo de producción, alta viscosidad y buena resistencia química. Se emplean para proteger puentes, barcos, infraestructuras en general.

Bisfenol F, Producto de la reacción de condensación de dos moléculas de fenol con formaldehído, produciendo Dihidroxidifenilmetano. Usado en la manufactura de resinas epóxicas y fenólicas. Se emplean como epóxicos de alta resistencia química, tienen baja viscosidad y son de alto costo, se emplean en protección de tanques de hidrocarburos, plantas químicas

4.6.2 Poliuretano, Son resinas con alta resistencia al intemperismo (resistencia UV), tienen buena elasticidad, alta impermeabilidad, alto brillo, alta resistencia a la abrasión, se aplican como capa de terminación a bajos espesores (Sherwin Williams Latinoamerica, 2021).

4.6.3 Mortero Poliuretano, Es una resina hibrida como resultado de un polímero de poliuretano base agua y cemento, dando como resultado un mortero monolítico, de alto espesor (hasta 9 mm), respecto a morteros de base epóxica, los que tienen alta impermeabilidad, alta resistencia a la abrasión, rápida puesta en servicio (6 horas), alta resistencia química, alta

resistencia a líquidos calientes (hasta 120°C), resistencia a ciclos de congelamiento-descongelamiento (Sika Perú, 2015).

Teniendo como base las resinas descritas anteriormente, se define el sistema de protección considerando el tiempo de instalación, puesta de servicio y costos, así como los protocolos para la preparación de superficie, aplicación de recubrimiento, tal como se muestra en la Tabla 9.

Es importante tener claro, que cada zona o ambiente de servicio tiene condiciones de operaciones diferentes, por lo que el sistema de recubrimiento, y la forma de preparación de superficie pueden ser variables dadas las condiciones en campo.

Tabla 9.

Resumen de Tratamientos de Superficie

Tipos	Clasificaciones genéricas	Requerimientos de instalación	Características de durabilidad	Características de rendimiento
Selladores	Aceite de linaza hervido rociado	Superficie limpia, seca y sana.	Mejora la resistencia a la congelación y descongelación.	Oscurece al concreto ligeramente.
	Aproximadamente 50°F (10°C) o más	Poca resistencia a la radiación UV.	Se requieren aplicaciones frecuentes	No puentea grietas
	Alquil-alcoxi-silano siloxanos	Superficie libre de pretratamientos Rociado, brocheado o rodillado Ventilación requerida	Mejora la resistencia a la congelación y descongelación. Reduce la penetración de sal. Reduce la tasa de corrosión.	Resistencia mejorada a la absorción de agua y a la corrosión del refuerzo. No puentea grietas
	Metacrilato de alto peso molecular	Superficie limpia, seca y sana. Rociado, brocheado, rodillado o jalado	Resistencia variable a la radiación UV Evita que la humedad	Sella grietas

Revestimientos	Epoxy	Superficie limpia,	penetre en las grietas.	
	Sistema de membrana de uretano o neopreno/capa superior epoxi	seca y sana. Pulverizado, brocheado, rodillado o jalado	Generalmente mejora la resistencia a la congelación y descongelación.	Generalmente buena resistencia a la absorción de agua.
	Sistema de acabado asfáltico engomado	Aproximadamente 50°F (10°C) o más	Resistencia a la abrasión de regular a buena	Resistencia desconocida a la corrosión del refuerzo.
	Uretano	Ventilación requerida	Resistencia variable a la radiación UV	Puentes
Sobrecapas	Sistema de capa final de membrana/uretano	Normalmente se requiere una superficie nivelada		pequeñas grietas
	Concreto	Superficie limpia, sana y rugosa	Mejora la resistencia a la congelación y descongelación.	Puede agregar peso
	Concreto polimérico	Aplicado a mano o a máquina.	Excelente resistencia a la abrasión	El acabado arquitectónico es posible
	Concreto modificado con polímeros	Generalmente por encima del punto de congelación		Protege el hormigón estructural y el refuerzo.
		Es posible que se requiera ventilación		Puede mejorar la capacidad estructural

Nota. Adaptado de (American Concrete Institute (ACI), 2004)

4.7 Verificaciones en Campo

Se realizan las verificaciones en campo, las que comprenden lo siguiente:

4.7.1 Protuberancias, son defectos que se presentan sobre la superficie del concreto, tienen formas variadas, algunas veces, como líneas, filos puntiagudos, esquinas u otros que se dan durante el vaciado del concreto. Causan problemas de limpieza y en el caso de los recubrimientos, problemas de discontinuidades. Los cuales deben ser removidos.

4.7.2 Agujeros o cavidades, deberán ser reparados antes de la aplicación del sistema de recubrimiento se tomará en cuenta la Guía para la reparación del concreto (American Concrete Institute (ACI), 2004).

4.7.3 Fisuras, puede ser causado también por sedimentación, sobrecarga, esfuerzo térmico, congelamiento y descongelamiento cíclico y corrosión de acero reforzado. Debe evaluarse la profundidad y el ancho de las fisuras, y posterior a ello, picados y rellenados con mezcla.

4.7.4 Lechada sobre el concreto, es una capa delgada, débil y quebradiza rica en cemento sobre una superficie de concreto que es creada con un exceso de agua en la mezcla y/o sobretrabajo, sangrando agua dentro del concreto durante el acabado, Estas lechadas se detectan raspando el sustrato con el filo de una herramienta dura o dando golpecillos suaves con un martillo. Deben ser removidas en su totalidad, y luego verificar el espesor retirado para ser completado con mezcla o mortero epóxico.

4.7.5 Solidez del concreto, es la resistencia mecánica del concreto, se evalúa de manera práctica en campo con el pegado de un testigo llamado Dolly y con un equipo traccionador, lo jala hasta despegar el Dolly, el valor resultante el valor de adherencia del concreto, que normalmente es 300psi (American Society for Testing and Materials (ASTM International), 2022); Otra forma práctica es evaluando por medio de martillo Schmidt o también llamado martillo de rebote donde el valor mínimo debe ser mayor a 40 MPa (5800psi), para asegurar una buena adherencia del sistema de recubrimiento (American Society for Testing and Materials (ASTM International), 2014). Otra prueba simple consiste en raspar con una cuchilla o destornillador la superficie de concreto. Si el objeto metálico corre sobre la superficie sin desprender ninguna partícula y solo queda una delgada marca, la superficie es sólida. Si la superficie es marcada con desprendimientos es inconsistente o de solidez pobre. Golpear la superficie de concreto levemente con el filo de la

cabeza de un martillo. Si la cabeza del martillo rebota bruscamente con más que una pequeña fractura en el área impactada, la superficie es sólida. Si esto aterriza con un sonido bajo y mantiene la hendidura llena de polvo, la superficie es inconsistente. Arrastrar una cadena a lo largo de la superficie de concreto o golpear suavemente la superficie vertical con el filo de la cabeza de un martillo. Diferencias de sonido indicarían un concreto con agujeros o áreas delaminadas (cajoneo). Si la superficie no es sólida, NO se aplicará ningún sistema de recubrimiento, por ser una clara evidencia que presentará falla de adherencia en el tiempo, primero se deberá corregir la superficie de concreto, mediante picado o demolición del concreto inconsistente y se vaciará una nueva mezcla de concreto.

4.7.6 Eflorescencia, es una capa cristalina blanca o blanca grisácea o depósito polvoriento que aparece en la superficie del concreto, especialmente en fisuras, juntas, agujeros o alrededor de ventanas. Esto se da cuando humedad o compuestos de calcio alcalinos disueltos migran a la superficie de concreto. Esta capa de superficie suelta deberá ser raspada o removida con un cepillo de alambre seco. Afecta negativamente la adhesión. Tratando el área con ácido o agua desaparece, pero el efecto puede ser temporal y las sales formadas pueden degradar más el concreto, para una evaluación más exhaustiva se debe recurrir a verificar el grado de alcalinidad en el concreto (American Concrete Institute (ACI), 1998).

4.7.7 Contaminantes orgánicos, Liberación de agentes de encofrado (aceite) y algunas membranas de curado, especialmente la película de encofrado y productos que contienen parafina, estos se remueven generalmente con agua caliente y detergente.

4.7.8 Grasas y aceites, usualmente se aprecia en talleres automotrices. Use una prueba de luz ultravioleta o un brillo amarillo o verde fluorescente indica la presencia de grasa o aceite. Si es superficial se realiza una limpieza con solventes (Steel Structures Painting Council (SSPC), 2014).

Si es un área extensa se realizará un lavado con agua caliente o vapor con detergente alcalino, hasta remover, si persiste la presencia de grasas, se deberá remover el espesor de concreto con equipos de poder, hasta que se haya eliminado todo residuo visible.

4.7.9 Contaminantes inorgánicos, por lo general se trata de endurecedores, Para detectar endurecedores de superficie minerales, astillar en el concreto 1/8 de pulgada (3mm) y observar el sustrato descubierto con un lente de acercamiento de 30 x (Johnson, 2005).

Una capa superior oscura indica un endurecedor aplicado a paleta. Si han aplicado endurecedores ferrosos, al pasar una niebla húmeda se formará herrumbre.

4.7.10 Agentes microbiológicos, El moho y otros focos microbiológicos en el concreto pueden interferir también en la adecuada adhesión del revestimiento. La superficie cubierta será también delaminada. El blanqueado con lejía ayuda a distinguir el crecimiento microbiológico de la suciedad, ya que esta última no se blanquea con la lejía. Se deberá tratar toda la superficie afectada con una solución al 25 % de hipoclorito de sodio y posteriormente enjuagar con agua limpia, verificar el pH sea igual al del agua de lavado (American Society for Testing and Material (ASTM International), 2018).

4.7.11 Polvo, es causado por el deterioro del concreto o en zonas muy áridas. El polvo afecta la adherencia de alisadores cementicios, selladores de concreto penetrantes y revestimientos en general si es que no es removido. Para verificar la limpieza del polvo sobre superficie de concreto se realiza una prueba de limpieza, se emplea un paño de color contrastante, tipo fieltro, que levantará cualquier polvo residual (American Society for Testing and Material (ASTM International), 2015). Y también se verifica con cinta transparente y pegado sobre una superficie un papel blanco, para verificar la cantidad de polvo adherido a la cinta (Organización Internacional

de Normalización (ISO), 2017). El cual muestra cinco niveles de material particulado. Para ambas pruebas, si el contenido de polvo rebase el límite, se debe remover más polvo, hasta que los valores estén por debajo del máximo permisible.

4.7.12 Ácidos residuales, Superficies de concreto horizontal son a menudo decapadas o limpiadas con ácido (American Society for Testing and Material (ASTM International), 2017). Algún exceso de ácido y alguna sal de ácido formada en la neutralización puede aún provocar ampollamiento en la capa de acabado o afectar la adhesión y el performance general. Para detectar ácido residual proceder con la prueba de pH (American Society for Testing and Material (ASTM International), 2018). Humedecer la superficie de concreto con agua potable y tomarle el pH (carta de colores papel reactivo).

4.7.13 Humedad residual, Un exceso de humedad reduce apreciablemente la vida del revestimiento, la humedad residual del concreto, una vez preparada su superficie, no debe exceder del límite especificado para su aplicación, adhesión y curado. Una prueba simple indica si la muestra aprueba o no (American Society for Testing and Material (ASTM International), 2018). Se tapa una zona representativa del concreto con un film plástico de 18 pulgadas de lado. Luego de 16 horas si aparece condensación en el film plástico y/o el concreto esta oscurecido por la humedad, entonces aún está muy húmedo para revestir. Una de las pruebas de medición de humedad más exactas involucra el taladrar agujeros en el concreto y rellenarlos con un gel conductor. Dos sondas de metal son insertadas en los agujeros con gel y conectadas al medidor de humedad. El equipo mide la conductividad eléctrica en el concreto, que hace de puente entre las dos sondas. Otro equipo de medición se basa en la emisión de una onda de radio a través del concreto. Estas ondas son adsorbidas por las moléculas de agua en el concreto, teniendo como indicador los tiempos de transmisión.

Una vez removido todos los contaminantes visibles y no visibles, se procederá con la preparación de superficie.

4.8 Preparación de Superficie

Teniendo el sistema de recubrimiento elegido, y con la superficie de concreto limpia, se procede con la preparación de superficie teniendo en cuenta el método de preparación de superficie (National American Corrosion Engineers (NACE)/Steel Structures Painting Council (SSPC), 2018), para lo cual se debe realizar el perfil de anclaje o rugosidad del concreto de acuerdo al espesor del sistema de recubrimiento. La Tabla 10 muestra los métodos de preparación de superficies típicos para el concreto. Sistemas de recubrimiento del alto espesor, requieren perfil de rugosidad alto.

Tabla 10.

Métodos de Preparación de Superficie

Método de preparación	Cuando se usa	Perfil creado^(A)	Problemas	Soluciones
Chorro abrasivo seco	Remoción, perfilado, limpieza.	Fino (150) a extra grueso (40)	-Polvo en la superficie -Polvo en el aire -Ruido	-Limpieza por aspiración -Accesorios de aspiradora -Ninguno
Chorro abrasivo húmedo	Remoción, perfilado, limpieza.	Fino (150) a extra grueso (40)	-Moja el concreto -Crea lodos	-Dejar secar el concreto -Limpieza
Limpieza con agua a alta presión	Remoción, limpieza.	Fino (150) a extra grueso (40)	-Moja el concreto -Crea lodos	-Dejar secar el concreto -Limpieza
Chorro de agua (Con o sin abrasivo)	Remoción	Más áspera que extra gruesa	-Moja el concreto -Crea lodos -Perfil grueso	-Limpieza -Dejar secar el concreto -Ninguno ^(B)
Herramientas de impacto	Remoción, perfilado, limpieza.	Más áspera que extra gruesa	-Polvo en el aire -Fracturación -Perfil grueso	-Accesorios de aspiradora -Otros métodos -Ninguno ^(B)

Herramientas eléctricas	Remoción	Lisa (sin equivalente de grano)	-Polvo en el aire -Perfil fino	-Experiencia ^(B) -Retirar el concreto dañado
Limpieza con flama	Remoción, perfilado, limpieza.	Más áspera que extra gruesa	-Eliminación por exceso -Daña el concreto	-Otros ácidos -Otros métodos
Decapado ácido	Perfilado, limpieza.	Fina (150) a gruesa (60)	-Peligroso -No apto para superficies verticales o elevadas. -Neutralización -Moja el concreto -Membrana de curado	-pruebas de pH -Dejar secar el concreto -Otros métodos

(A) El perfil se describe utilizando tamaños de papel abrasivo graduados. Estos son valores típicos de perfiles de superficie referenciales. Los resultados pueden variar significativamente debido a las propiedades del concreto y las prácticas de preparación de la superficie.

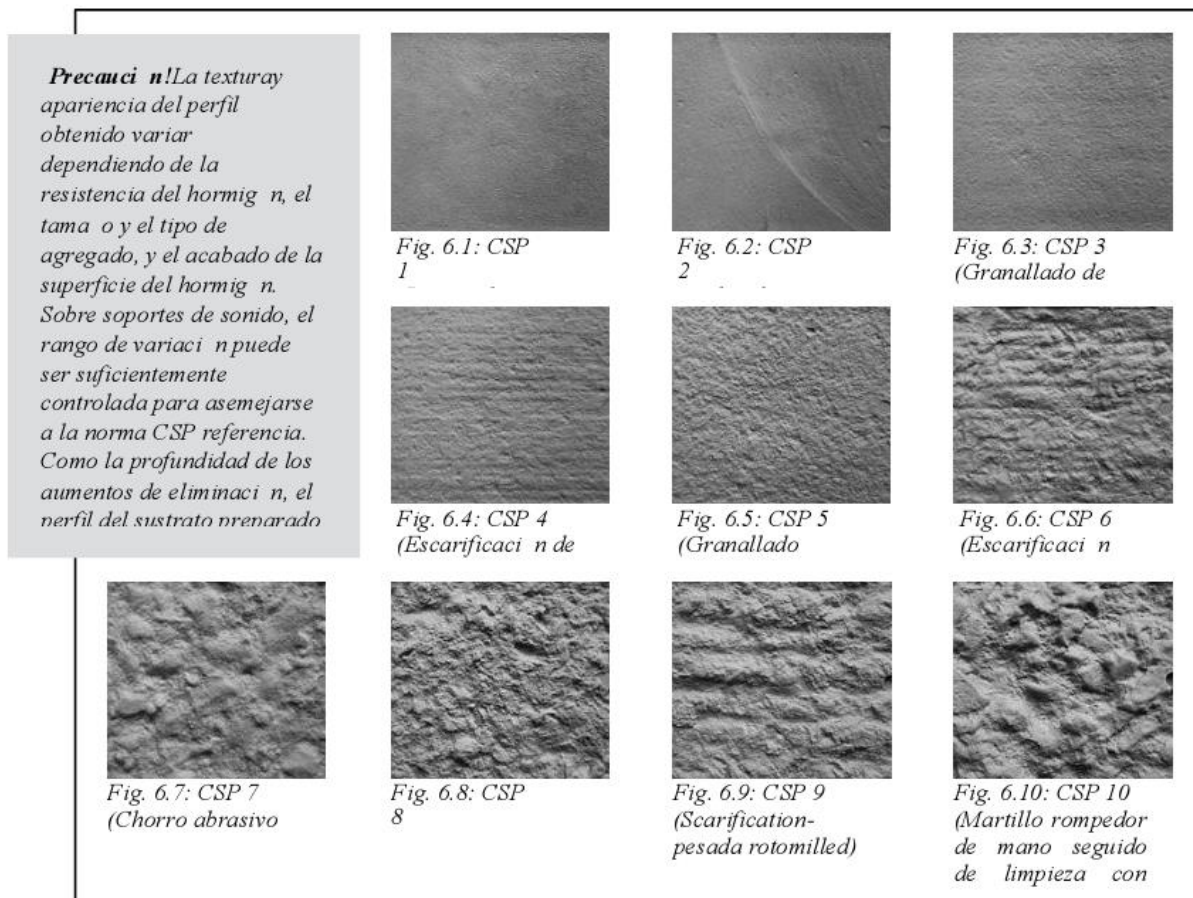
(B) Para los sistemas de revestimiento que no funcionan sobre un perfil grueso, es posible que sea necesario renovar el acabado del concreto o un contrapiso.

Nota. Adaptado de (National American Corrosion Engineers (NACE)/Steel Structures Painting Council (SSPC), 2018).

La guía 03732 identifica 10 perfiles de rugosidad (CSP) diferentes y explica como alcanzar cada uno de ellos (International Concrete Repair Institute (ICRI), 2013). Usa un patrón visual/tacto. En la Figura 4 se muestra de manera gráfica los niveles de rugosidad en el concreto.

Figura 4.

Niveles de Perfil de Rugosidad en el Concreto



Nota. Adaptado de (International Concrete Repair Institute (ICRI), 2013)

El perfil de rugosidad en el concreto dependerá del espesor del sistema de recubrimiento elegido, conforme a tabla 11.

Tabla 11.

Sistemas de Recubrimiento y su Correspondiente Perfil de Rugosidad

Espesor de recubrimiento VS Perfil de Rugosidad	
Selladores (0 a 3 mils)	CSP 1 – 2
Películas delgadas (4 a 10 mils)	CSP 1 – 3
Recubrimiento de alto espesor (10 a 40 mils)	CSP 3 – 5
Terminaciones autonivelantes (50 mils a 3mm)	CSP 4 – 6
Sobre capas de polímeros (3 a 6 mm)	CSP 5 – 9
Sobre capas de concreto y materiales de reparación (> 6 mm)	CSP 5 – 10

4.8.1 CSP 1 Decapado ácido. Se utiliza una solución de ácido diluido y se rocía sobre la superficie de concreto, la cual deberá estar humedecida previamente, esparcir con el uso de una escoba de cerdas duras hasta homogenizar, esperar 5 a 10 min, no dejar que se seque la superficie, lavar bien con un detergente alcalino y aspirar los residuos, repetir los pasos si fuera necesario.

4.8.2 CSP 2 Pulido. Se emplea discos de copa diamantada junto a equipos de poder, como amoladora o pulidora, y por rotación de los discos remueve material antiguo, como adhesivos, pintura antigua, concreto mal adherido (Figura A 1, Figura A 2).

4.8.3 CSP 3 Granallado ligero. Se puede emplear limpieza con chorro abrasivo por lo general granalla de acero, impulsado con aire a alta presión o con equipos portátiles que se desplazan sobre la superficie de concreto (Figura A 3).

4.8.4 CSP 4 Escarificado ligero. Son equipos que utilizan un tambor rotatorio con estrellas que cumplen la función de dientes, para rasgar la superficie de concreto, y cualquier otro material que se encuentre de manera horizontal (Figura A 4).

4.8.5 CSP 5 Granallado medio. Se realiza el mismo procedimiento que el CSP 3, con la diferencia que se realiza en mayor tiempo el granallado, es decir con avance lento.

4.8.6 CSP 6 Escarificado medio. Se realiza el mismo procedimiento que el CSP 4, con la diferencia que se realiza en mayor tiempo, con avance lento.

4.8.7 CSP 7 Granallado pesado o profundo. Se realiza el mismo procedimiento de casos anteriores, pero se realiza un avance muy lento.

4.8.8 CSP 8 Desbastado. Utiliza cabezales de martillo con espuelas a fin de quebrar la superficie y remover pintura antigua, y concreto mal adherido (Figura A 5).

4.8.9 CSP 9 Escarificado pesado o profundo. Se hace uso de equipo rotomartillo.

4.8.10 CSP10 Herramientas para romper concreto. Aquí se emplea rotomartillos y martillos demoledores.

Una vez realizado la preparación de superficie, se realiza una verificación, antes de realizar la aplicación del sistema de recubrimiento. En la Tabla 12. Se muestra los criterios usuales para la aceptación de la preparación de superficie.

Tabla 12.***Criterios de Aceptación para Superficies de Concreto***

Propiedad	Método de prueba	Servicio ligero^(A)	Servicio severo^(B)
Resistencia a la tracción superficial	Véase el párrafo A1.6.	1.4 MPa (200 psi) min.	2.1 MPa (300 psi) min.
Perfil de superficie	Comparación visual ¹⁶	Papel abrasivo fino (150) mín.	Papel abrasivo grueso (60) mín.
Limpieza de superficies	Polvo visible ¹¹	Sin polvo significativo	Sin polvo significativo
Contaminantes residuales	Gota de agua ^{15,22}	Ángulo de contacto de 0°	Ángulo de contacto de 0°
pH	ASTM D 4262 ¹⁸	(pH del agua de enjuague) -1, +2 ^(C)	(pH del agua de enjuague) -1, +2 ^(C)
Contenido de humedad ^(D)	ASTM D 4263 ¹⁹	Sin humedad visible	Sin humedad visible
Contenido de humedad ^(D)	ASTM F 1869 ²⁰	15 g/24 hr/m ² (3 lb/24 hr/1,000 ft ²) max.	15 g/24 hr/m ² (3 lb/24 hr/1,000 ft ²) max.
Contenido de humedad ^(D)	ASTM F 2170 ²¹	80% max.	80% max.

(A) El servicio ligero se refiere a superficies y revestimientos que tienen una exposición mínima al tráfico, productos químicos y cambios de temperatura.

(B) El servicio severo se refiere a superficies y revestimientos que tienen una exposición significativa al tráfico, productos químicos y/o cambios de temperatura.

(C) El criterio de aceptación para ASTM D 4262 es el siguiente: Las lecturas de pH después del enjuague final no deben ser más de 1,0 menos o 2,0 más que el pH del agua de enjuague (probado al principio y al final del ciclo de enjuague final), a menos que se indique lo contrario. especificado.

(D) Cualquiera de estos tres métodos de prueba del contenido de humedad es aceptable.

Nota. Adaptado de (National American Corrosion Engineers (NACE)/Steel Structures Painting Council (SSPC), 2018).

4.9 Aplicación del Sistema de Recubrimiento

Para la aplicación del sistema de recubrimiento, se deberá tomar en consideración las indicaciones del fabricante de recubrimiento, ya que para algunos tipos de sistemas requieren de consideraciones especiales, como, por ejemplo:

4.9.1 Tiempo de vida útil del recubrimiento, es el tiempo en el cual el recubrimiento una vez mezclado parte A y parte B, inicia la polimerización, y se cuenta un límite de tiempo para ser utilizado, por lo general va desde los 5 a 10 min, y una vez pasado ese tiempo, el producto comienza a gelarse o endurecerse, acompañado de una reacción exotérmica (liberación de calor) con lo cual el producto no puede emplearse, porque se ha endurecido.

4.9.2 Espesores mínimos y máximos por capa de recubrimiento, cada producto tiene la pauta de espesor mínimo y máximo donde va a cumplir con los beneficios, mecánicos y de protección química, ya que si tenemos un espesor por debajo del requerido se puede quebrar fácilmente o ser removido, en caso contrario un alto espesor, puede traer como consecuencia deformaciones de los recubrimientos (alabeos) cajoneos (desprendimiento o falta de adherencia sobre el sustrato de concreto).

4.9.3 Tiempo de curado, el cual va a depender de la temperatura del medio ambiente, así como del espesor del recubrimiento, a mayor espesor, mayor tiempo para el curado. A mayor temperatura, menor tiempo de secado y a menor temperatura será mayor el tiempo de curado.

4.10 Herramientas para la Aplicación de Recubrimientos

Para la aplicación de los recubrimientos se realiza por medio de herramientas manuales tales como:

- Jaladores de jebe, para distribuir el recubrimiento (Anexo Figura B 1)
- Planchas de empastar, para tapar desniveles y agujeros (Anexo Figura B 6)
- Rodillos de pelo para pintura epoxica, para homogenizar el recubrimiento (Anexo Figura B 2)
- Rodillos de púas para eliminar el aire atrapado (Anexo Figura B 5).
- Zapatos de púas, para poder caminar sobre el recubrimiento durante la aplicación (Anexo Figura B 5).

Durante la aplicación del sistema de recubrimiento, se debe tener el área en m^2 de la zona a recubrir a fin de definir el volumen en galones del recubrimiento a emplear, así también del espesor a cubrir, expresado en mils (40 mils = 1mm) o en mm.

Para la verificación de los espesores que van a aplicar, se emplea un peine llamado medidor de película húmeda, en el que cada diente del peine tiene una altura definida que representa una medida del espesor en mils o mm.

4.11 Verificación del Sistema de Recubrimiento

Una vez curado el sistema de recubrimiento se puede realizar una verificación donde se tiene dos alternativas, una prueba destructiva y la otra no destructiva.

Para el caso de la prueba destructiva, se realiza un corte del sistema de recubrimiento de aproximadamente 5cm por lado, se retira el recubrimiento, con cincel y comba, y empleando un vernier o pie de rey se verifica el espesor final del sistema de recubrimiento.

Por otro lado, una prueba cualitativa sobre la adherencia del recubrimiento se realiza con medio de corte al recubrimiento y se pega una cinta específica para esta prueba (American Society for Testing and Material (ASTM International), 2023). En la misma línea se tiene una alternativa a la prueba de corte, que consiste en hacer un corte en X con una cuchilla, y con esta misma cuchilla raspar la pintura por la zona de corte y se verifica de manera cualitativa si el recubrimiento tiene buena adherencia (American Society for Testing and Material (ASTM International), 2018).

Para el caso de la prueba no destructiva, se emplea un medidor de película seca o sonda, que, con la ayuda de un gel conductor, emite una señal que rebota y el tiempo que demora en regresar la señal, se traduce en espesor del recubrimiento (American Society for Testing and Material (ASTM International), 2017).

En algunos casos, se requiere de verificar la adherencia del sistema de recubrimiento, para lo cual se emplea un método destructivo, donde se pega un testigo sobre el recubrimiento y una vez seco, con el apoyo de un equipo traccionador se retira el testigo llamado Dolly, el cual da un valor expresado en PSI, siendo esta la fuerza de rotura, es considerado el valor mínimo de adherencia para el concreto de 300 psi (American Society for Testing and Materials (ASTM International), 2022).

Una prueba opcional, para medir discontinuidades en el recubrimiento y para casos donde requiere sistemas de recubrimiento conductivo, con un espesor de 20 mils (0,5 mm) o menos se pueden inspeccionar en busca de discontinuidades con un detector de discontinuidades de esponja

húmeda de bajo voltaje. Para el caso de recubrimientos de alto espesor, la humedad y las sales en el hormigón proporcionan la conductividad necesaria. Este procedimiento se ha utilizado con éxito en estructuras de hormigón más antiguas.

El conductor de tierra está atado a una varilla de refuerzo de acero o, a un clavo clavado en el concreto, o simplemente se presiona firmemente contra el concreto.

Cuando los espesores de recubrimiento excedan las 20 mils (500 μm), se debe utilizar un detector de discontinuidades de alto voltaje (American Society for Testing and Material (ASTM International), 2021).

Por lo que la Tabla 13. Resume las actividades a realizar para el control de calidad, antes, durante y al finalizar la aplicación del sistema de recubrimientos sobre el concreto.

Tabla 13.

Matriz de Actividades para la Instalación de Sistema de Recubrimiento Protector del Concreto

MATRIZ DE ACTIVIDADES DE GESTION DE CALIDAD							
PROYECTO:		INSTALACIÓN DE RECUBRIMIENTO PROTECTOR DE CONCRETO					
ITEM 1	VERIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE ÁREA DE TRABAJO						
N°	ACTIVIDADES	ACTIVIDADES DE CALIDAD	ESTANDARES DE CALIDAD	CRITERIO DE ACEPTACION	RESPONSABLE	METODO	REGISTROS
1.1	VERIFICACION DE ZONA DE TRABAJO Y CONDICIONES INICIALES	– Verificar la contaminación del concreto.	– ASTM D5873	– Superficie de concreto libre de contaminantes visibles. – Humedad residual menor a 5%. – Juntas libres de defectos. – Resistencia a la compresión mayor a 40 MPa, por martillo Schmidt – Valor de pH del concreto entre 7 a 9.	Supervisor de Calidad	– Visual – Instrumental – Documental	– Reporte de pruebas iniciales de verificación.
		– Realizar la Inspección Visual de daños al concreto.	– ASTM D4262				
		– Verificar condiciones de servicio del concreto.	– ASTM D4263				
		– Especificaciones técnicas.	– NACE N°6/SSPC SP13				
		– Medición de humedad residual en el concreto.	– ACI 201.1R-08				
			– ACI 221.1R-98				
ITEM 2: PREPARACIÓN DE SUPERFICIE							
N°	ACTIVIDADES	ACTIVIDADES DE CALIDAD	ESTANDARES DE CALIDAD	CRITERIO DE ACEPTACION	RESPONSABLE	METODO	REGISTROS
2.1	LIMPIEZA DE ÁREA DE TRABAJO Y GENERACIÓN DE PERFIL DE RUGOSIDAD	– Eliminación de contaminantes visibles (protuberancias)	– SSPC SP1	– Preparación de superficie dentro de rango especificado. – Reparación de juntas en caso corresponda. – Presencia de polvo aceptable Nivel 2 de norma ISO.	Supervisor de Calidad	– Visual	– Registros Generados en Campo durante la verificación.
		– Reparación de agujeros y zonas vacías.	– ASTM D 4214				
		– Verificación de juntas de contracción - dilatación.	– ICRI 03732				
		– Evaluación de equipos y consumibles para preparación de superficie.	– ISO 8502-3				
		– Evaluación de limpieza de polvo	– ACI 515.2R-13				
		– Realizar el Control de condiciones ambientales (máxima humedad 85%)	– ACI PRC-515.3-20				
– Verificación de perfil de rugosidad según lo especificado	– ACI 224.3R-95						
ITEM 3: APLICACIÓN DE SISTEMA DE RECUBRIMIENTO DE PROTECCIÓN							
N°	ACTIVIDADES	ACTIVIDADES DE CALIDAD		CRITERIO DE ACEPTACION	RESPONSABLE	METODO	REGISTROS

ESTANDARES DE CALIDAD							
3.1	APLICACIÓN DE PRODUCTO POR CAPAS	– Verificación de hoja técnica de producto. – Verificar y Registrar la calificación de los aplicadores. – Verificar la certificación de instrumentos de Medición – Realizar el Control de condiciones ambientales (máxima humedad relativa 85%) – Realizar Pruebas de espesor de película húmeda. – Verificación de corte y sellado de juntas.	– ASTM D 4414 – ASTM D 6237 – ASTM D 4227 – Procedimiento de aplicación de fabricante de recubrimiento.	– Aplicación de sistema de recubrimiento conforme a espesor total a especificación técnica. – Tiempo de curado conforme a hoja técnica de producto, por cada capa. – Verificación de brillo y color correspondiente del producto, puesto que el secado se produce estado a la intemperie. – Tiempo de curado conforme a hoja técnica de producto, por cada capa.	Supervisor de Calidad	– Visual – Instrumental	– Informe de Proveedor de Pintura – Espesor de película seca por capa por medio de rendimiento del producto.
ITEM 4: PRUEBAS FINALES							
Nº	ACTIVIDADES	ACTIVIDADES DE CALIDAD	ESTANDARES DE CALIDAD	CRITERIO DE ACEPTACION	RESPONSABLE	METODO	REGISTROS
4.1	VERIFICACIÓN FINAL DE RECUBRIMIENTO	– Verificar espesores finales del sistema de protección del concreto. – Verificar la adherencia del sistema de recubrimiento. – Verificar la discontinuidad del recubrimiento del concreto (en donde aplique).	– ASTM D 3359 – ASTM D 4541 – ASTM D 6132 – ASTM D 6677 – ASTM D 5162	– Espesor final del sistema de recubrimiento debe estar en promedio +/- 20% del valor nominal especificado. – Prueba de adherencia por tracción >300 psi. – Valor de adherencia por corte ASTM D 3359, mínimo grado 4A. – Valor de adherencia por corte ASTM D 6677, mínimo grado 8.	Supervisor de Calidad	– Visual – Instrumental	– Acta de entrega de servicio. – Dossier de calidad – Certificados del materiales y equipos de medición.

Nota: Resumen de normas aplicables para la aplicación de recubrimientos sobre el concreto

5. Procedimiento Experimental

Rehabilitación de losas de área 40 y 30 refinería Votorantim Metais (hoy NEXA RESOURCES IR) ubicado en Cajamarquilla en el distrito de San Juan de Lurigancho – Chosica, entre noviembre 2011 y marzo 2012, en la Figura 5 se muestra la vista satelital de la refinería.

Figura 5.

Ubicación de Área de Trabajo en Refinería Cajamarquilla (Fuente Google Maps)



Para este caso, se tenía que evaluar el estado de la losa de contención primaria, en servicio de ambos sectores de la planta, donde en el caso del área 40 es zona de tanques de sedimentación para el lixiviado de cobre, producto del proceso de separación del sulfato de cobre, es un área con 70% libre de obstáculos, el 30% restante corresponde a la zona de sumidero, carga y descarga de tanques sedimentadores, en la Figura 6 se aprecia el estado en el cual se encontraba en operación el área 40.

En la verificación inicial se observa que el grado de acidez de la superficie del concreto tiene un pH entre 0 y 1, visualmente se aprecia los agregados como piedra chancada y confitillo, expuestos, tal como se ve en la Figura 7 se evidencia la degradación del concreto, pérdida de espesor del concreto.

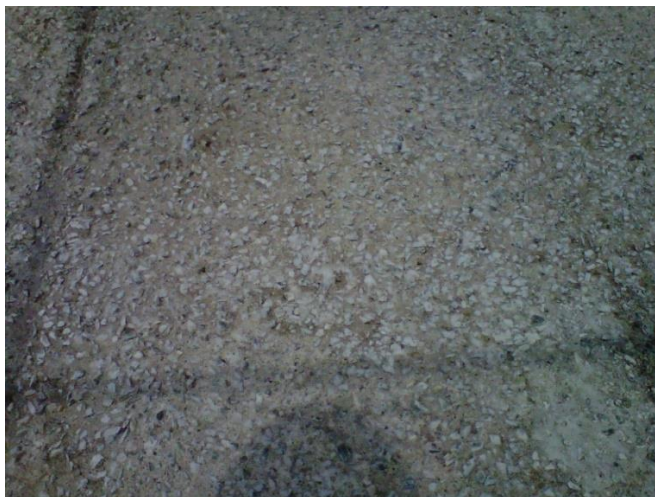
Figura 6.

Estado Inicial de Área 40(Zona de Lixiviación)



Figura 7.

Zona sin Recubrimiento que Evidencia la Exposición del Agregado del Concreto



A pesar de la existencia de un recubrimiento antiguo debajo de todos los tanques de sedimentación, se encontró que presentaba fisuras del recubrimiento de protección, así como desprendimientos del mismo recubrimiento en diferentes puntos del área 40, en la Figura 8 se muestra los daños encontrados en zonas debajo de tanques de sedimentación.

Figura 8.

Zona que Presenta Recubrimiento Antiguo, con Antigüedad Mayor a 3 años de Servicio



Al realizar las consultas con el usuario final no tenían la información acerca del tipo de material empleado, solo la antigüedad del servicio, el cual según su información era de 3 años de servicio, tampoco tenían la información acerca de los espesores que aplicaron, al realizar el retiro de parte del recubrimiento desprendido se verificó que su espesor promedio era de 3cm, tal como se muestra en la Figura 9.

Figura 9.

Espesor del Sistema Antiguo, que Consiste de una Capa Monolítica aprox. 3cm



En la evaluación se realizó la verificación del valor de pH de la superficie de concreto, tanto en el área 40 como en el área 30, tal como se muestra en la Figura 10 se registraron valores entre 0 y 1, esta verificación se realizó de manera aleatoria en zonas donde presentaban zonas húmedas, como en zonas que estaban secas, evidenciando la alta contaminación por acidez sobre el concreto.

Figura 10.

Verificación de pH de Losa, Valor 0



En el caso del área 40, donde se emplea sulfato de cobre concentrado, en $\frac{3}{4}$ partes de la losa, presentaba un recubrimiento de protección antiguo, y la cuarta parte restante presentaba concreto expuesto, que tiene evidente deterioro por la exposición de solución de lixiviación.

El área 30 es una zona donde se realiza el acidificado del mineral que ha pasado por proceso de tostación y se incorpora ácido sulfúrico para poder separar el sulfato de cobre, el pH encontrado es de 0, debido a la alta concentración de ácido, en la Figura 11 se muestra las condiciones que se encontró el área 30, al momento de la evaluación, siendo la concentración del ácido sulfúrico mayor del 95%. Así mismo se encontró presencia de ácido acumulado en diferentes puntos del área, tal como se muestra en la Figura 12 el área es reducida, de acceso limitado, debido a la presencia de tanques de mezcla, dosificación y red de tuberías presentes, para la distribución a diferentes sectores de planta.

Figura 11.

Estado Inicial de Área 30



Figura 12.

Contaminación por Presencia de Ácidos Concentrado



Una vez realizado la evaluación de las áreas, se definió con el usuario final, la alternativa, teniendo en cuenta, la durabilidad, así como la cotización económica por el servicio a realizar. En la Tabla 14. Se muestra el sistema de recubrimiento definido en conjunto con el usuario final el cual quedó como sistema especificado para ambas áreas. Se toma la referencia del sistema en base a tabla de resistencia química de la marca Sherwin Williams. el cual es un sistema de alta

resistencia química, debido a que la resina base es epoxico novolaca, el cual puede estar en exposición continua a soluciones concentradas, mayor detalle en hojas técnicas en Anexo C.

Tabla 14.

Sistema de Recubrimiento Especificado (marca Sherwin Williams)

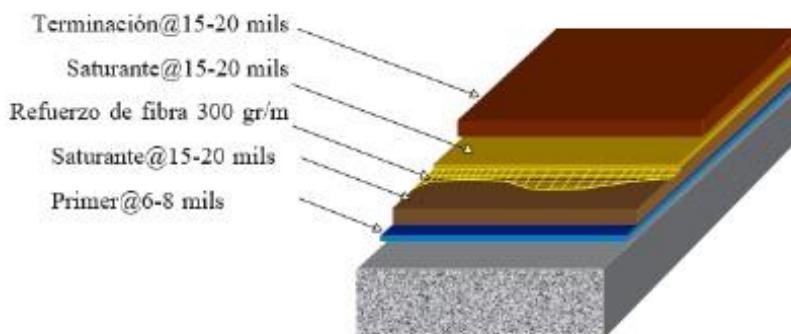
Capa	Nombre	EPS (mils)*	Función
Base	Corobond 100	6	Sellador epoxi amino alifático
Intermedia	Corcote HCR clear	20	Epoxi novolac de alta resistencia química
Fibra de vidrio	Mat 300**	---	Refuerzo mecánico
Saturante	Corcote HCR clear	10	Epoxi novolac de alta resistencia química
Acabado	Corcote HCR FF	20	Epoxi novolac reforzado con escamas de fibra de vidrio (FF)
Juntas	Pelseal 2112	---	Fluoroelastómero con caucho de alta resistencia química
Total		56	

Nota. *1mm=40 mils

**Mat 300=300g de fibra de vidrio multidireccional por metro cuadrado.

Figura 13.

Sistema de Recubrimiento CORCAST R



Nota. Adaptado de hoja técnica sistema Corcast de la marca Sherwin Williams

Como primera actividad tal como se muestra en la Figura 14 en el área 40 se retiró el recubrimiento antiguo y el falso piso de aproximadamente 5cm de espesor en promedio.

Figura 14.

Retiro de Recubrimiento Antiguo y Demolición de Falso Piso en Área 40



Al realizar la demolición de la losa, se encontró que la losa superficial es una capa de falso piso, y debajo tiene otra base de concreto, por lo que se realizó una verificación de la solidez del concreto debajo de la capa de falso piso, esta verificación de la solidez del concreto se mide por medio de martillo Schmidt tal como se muestra en la Figura 15, se realizó en diferentes puntos aleatorios de la losa. Siendo el valor mínimo de resistencia a la compresión de 40 MPa (5800 psi)

Figura 15.

Verificación de Solidez del Concreto con martillo Schmidt



Para el caso del área 30, se hizo la demolición completa de la losa como se muestra en la Figura 16 debido a la alta contaminación del concreto, antes de realiza la demolición se neutralizo la contaminación del concreto, empleando cal viva que tiene un pH cercano a 14, con lo cual se dejó reaccionar, y luego se realizó lavado de la losa, y posterior a ello se realiza la demolición.

Figura 16.

Demolición de Losa en Área 30



Luego de la limpieza de escombros, en zonas donde presentaba tierra contaminada se tuvo que retirar y dar al área de medio ambiente de refinería para su segregación, luego de ello se trajo afirmado (tierra acondicionada) para reponer las zonas que se contaminaron, se realizó el compactado del terreno, se colocó una malla de acero como refuerzo para la losa y luego de ello se realiza el vaciado de losa, como se muestra en la Figura 17, la cual se distribuye por toda la losa, con el uso de carretillas.

Una vez vaciado el concreto, a continuación, se utiliza palas para ir distribuyendo la mezcla en toda el área y una regla de aluminio larga para homogenizar y emparejar la parte superficial del concreto. Por último, se emplea un helicóptero, a fin de alisar la superficie y minimizar la porosidad del concreto.

Figura 17.***Vaciado de Losa Área 30***

El tipo de concreto empleado fue grado 210(kg/cm²), el cual tiene aditivos para curado rápido(plastificantes, para reducir el uso de agua en la mezcla de concreto), el tiempo de secado fue de 15 días, ya que el espesor de losa era de 30cm para asegurar la resistencia mecánica.

Así mismo para el caso del área 40 como se muestra en Figura 18 se realizó el vaciado considerando un espesor promedio de 10cm, a fin de asegurar que tenga pendiente de aprox. 5% y cualquier derrame de líquido vaya hacia la zona central.

Figura 18.***Vaciado de Losa Área 40***

Una vez hecho el vaciado, se cubre con mantas sintéticas, las cuales se humedecen y se mantienen con agua los primeros 2 días para mantener la humedad del concreto y pueda incrementar la resistencia inicial del concreto.

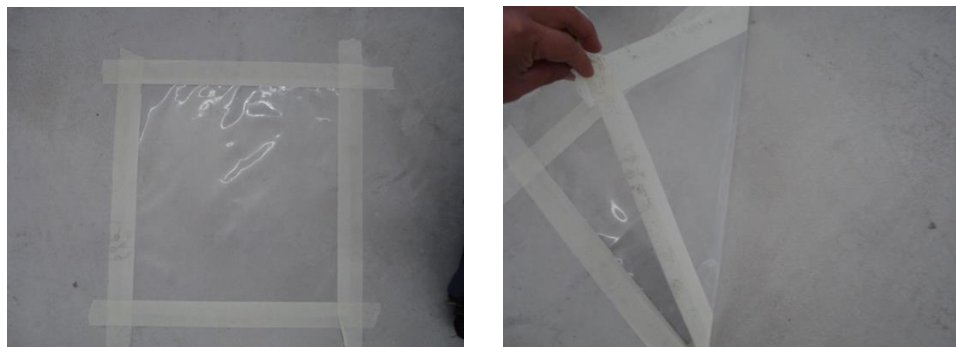
Mientras se transcurre el tiempo de curado de la losa, se va realizando reparaciones de concreto a las superficies verticales tal como se muestra en Figura 19 empleando arena con cemento tipo I, las reparaciones se realizan en pedestales de los tanques, bermas y veredas del perímetro de área 30 y 40.

Figura 19.

Reparación de Superficies Verticales



Una vez cumplido el tiempo de curado del concreto de secado rápido (7 días), se realiza una verificación del contenido de humedad residual del concreto para poder iniciar la preparación de superficie, como se visualiza en Figura 20, con esta verificación aseguramos que se presente ampollamientos en el recubrimiento en el futuro.

Figura 20.***Verificación de Humedad Residual sobre Concreto***

El contenido de humedad que fue apronbado al transcurrir el día 12, ya que en los días anteriores, mostraba oscurecimiento en el concreto, esto indica un contenido de humedad residual elevado, cuando no hay un cambio de color visible entre la parte aislada con film respecto al concreto libre, se considera que el concreto está seco, para aplicar el recubrimiento.

Para la preparación de superficie, puesto que es un sistema de 1.2 a 1.4 mm, se optó por un CSP 3 – 4, mostrado en la Figura 21. En este caso fue realizado con el uso de disco de copa diamantado.

Figura 21.***Preparación de Superficie de Concreto***

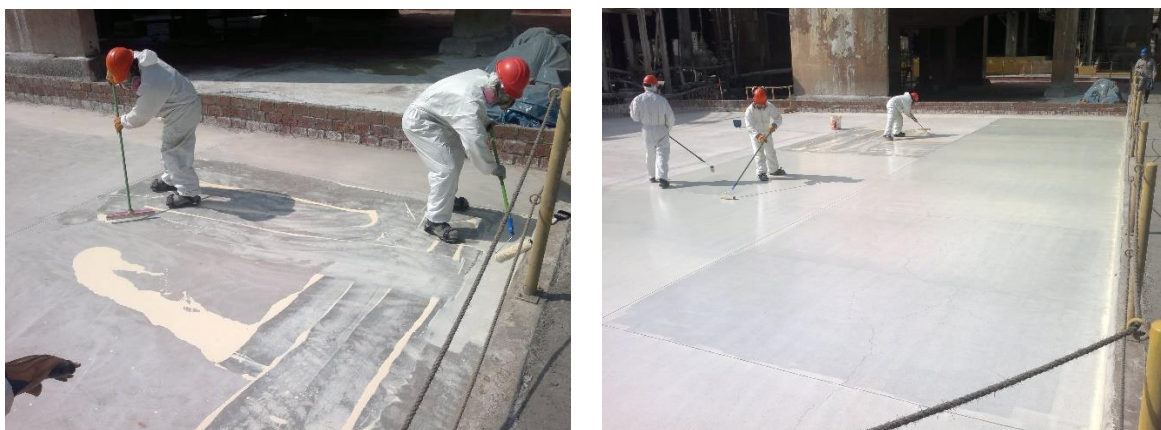
El uso de copa diamantada, va acompañado de un equipo de succión de polvo, de grado industrial, para evitar emisiones de polución al medio ambiente, una vez terminado, se realiza nuevamente una limpieza, para retirar cualquier polvo residual.

Teniendo conforme el tiempo de curado del concreto, con la verificación de la humedad residual y el perfil de rugosidad del concreto, libre de contaminantes visibles, se considera como criterio de aceptación suficiente para una superficie de concreto nueva, por lo que se continua con la aplicación del sistema de recubrimiento.

El producto que se emplea como capa base es el Corobond 100 se utiliza como una capa de producto que sella los poros del concreto y a la vez otorgar un puente de adherencia con las demás capas de recubrimiento, en la Figura 22 se muestra la aplicación del producto, la cual es distribuida con jalador de jebe y luego se homogeniza con rodillo.

Figura 22.

Aplicación de Capa Base Corobond 100



Pasado el tiempo mínimo de curado del Corobond 100 (4 horas), se coloca la manta de fibra de vidrio Mat 300, como se visualiza en Figura 23, una vez colocado en posición la fibra de vidrio, se aplica enseguida la resina Corcote HCR clear, se aplica igual que en el caso del Corobond

100, con la adición de utilizar un rodillo metálico desairador de burbujas para fibra de vidrio (Anexo B), el cual sirve como herramienta para eliminar el aire que pueda quedar atrapado dentro de la fibra de vidrio.

Figura 23.

Colocación y Saturación de Fibra de Vidrio MAT 300



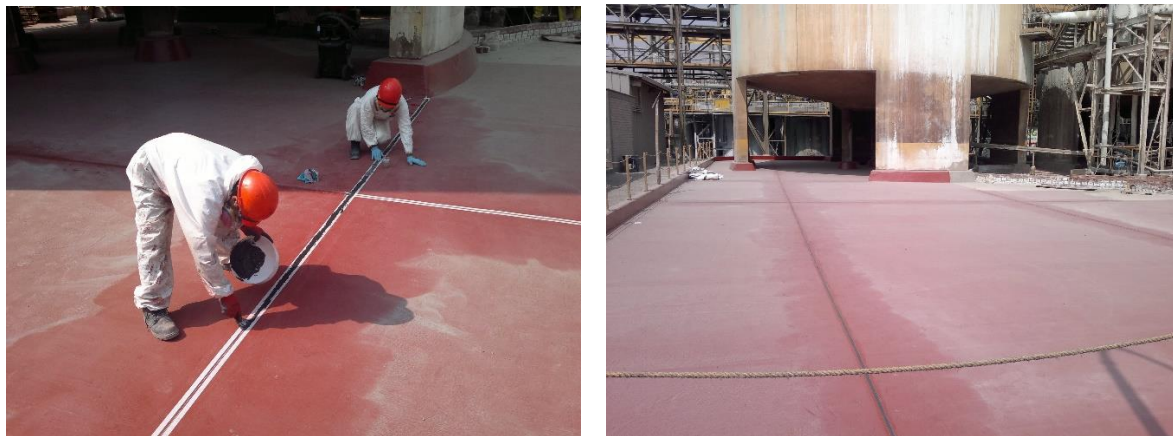
Al día siguiente y verificado que la capa de refuerzo con fibra de vidrio, esté completamente seca, se corrige las zonas donde quede filamentos de la fibra de vidrio sin saturar, o expuestos, los cuales con cortados o lijados.

Una vez corregido, se realiza un lijado general con lijadora eléctrica, a fin de asegurar que se tenga una buena adherencia tanto física como química entre capas, seguido por la limpieza general y aspirado de toda la superficie y se realiza la aplicación de la capa de acabado como se muestra en Figura 24 que corresponde al Corcote HCR FF, el cual es una resina igual a la empleada para saturar a la fibra de vidrio, y con la adición de tener escamas de fibra de vidrio para que la capa de acabado tenga la función de impermeabilidad, ya que, al aplicarlo, las escamas quedarán superpuestas, creando una barrera física entre el medio exterior y el sistema de recubrimiento.

Figura 24.***Aplicación de Capa de Acabado***

La capa de acabado tiene un color rojo óxido, por ser una característica propia de la resina novolaca, ya que no se puede tintear en otros colores, solo en gris claro y rojo óxido. Esto debido a que al entrar en contacto con ácidos concentrados, cambiará de color a marrón oscuro, y serán puntos a considerar para un futuro mantenimiento de la zona de recubrimiento.

Una vez finalizado la aplicación del sistema de recubrimiento, y pasado 24 horas, se procederá con los cortes en las zonas delimitadas para las juntas de contracción, ya que, de no mantenerse las juntas, presentará fisuras posteriores como consecuencia de la dilatación-contracción del concreto por los cambios de temperatura del ambiente, luego se coloca un material de soporte como el polyrod, que es una tira de espuma de forma cilíndrica, que debe ser colocada con herramientas manuales para que quede presionado, en la Figura 25 se muestra la aplicación del producto para sello de juntas PelSeal 2112, que se aplica con un factor de forma de 2 a 1, donde el ancho es el doble de la altura del sello de juntas, en este caso el ancho del sello de juntas fue de 5mm.

Figura 25.***Instalación de Juntas de Dilatación***

Como parte de la verificación del sistema de recubrimiento y conformidad de parte del cliente final, se realiza un corte en un área aproximada de 5cm x 5cm con amoladora, se retira el recubrimiento con cincel y comba y con la ayuda de un vernier se mide el espesor final del recubrimiento, como se muestra en Figura 26, se realizó cortes en 3 lugares aleatorios y se determinó el espesor promedio del recubrimiento en 1.35mm, el cual está dentro del rango de +/- 20% del valor total para el sistema de recubrimiento.

Figura 26.***Verificación Final de Espesor del Sistema de Recubrimiento***

Con este último paso se culmina la instalación del recubrimiento de protección sobre el concreto. Luego de ello, se tiene que esperar el curado final del sistema de recubrimiento. En general es de 7 días, antes de entrar en servicio, es decir, pueda entrar en contacto con las soluciones químicas y temperatura del área protegida. En casos donde sea solicitado, se realiza un ensayo de adherencia por tracción bajo la norma ASTM D4541, donde el valor mínimo de adherencia es de 300 psi, con falla en el concreto, esta prueba no fue solicitada por el usuario final.

Posterior a ello se realiza una verificación periódica de manera visual cada 6 meses. Como se muestra en Figura 27, se realizó una visita pasado 3 años de colocado el sistema de recubrimiento y se evidenció de manera visual que el recubrimiento se mantiene en buen estado, no se evidenció zonas fisuradas, desgaste mínimo de la capa de acabado en la zona central donde se encuentra el sumidero, como consecuencia de la limpieza manual, con el uso de agua a alta presión y palas, el resto del área mantiene su integridad.

Figura 27.

Vista Panorámica, luego de 3 años de Servicio (marzo 2015)



6. Discusión de Resultados

La aplicación del sistema de recubrimiento se realizó dentro de los parámetros recomendados por el fabricante de recubrimiento, cumpliendo el gradiente de temperatura mínimo $>3\text{ }^{\circ}\text{C}$, y humedad relativa menor a 85%, ya que al ser temporada primavera – verano (noviembre 2011 a marzo 2012), las condiciones medioambientales son favorables para la aplicación durante la mayor parte del día.

El sistema de protección especificado presenta buena resistencia a la temperatura de la solución de lixiviación la cual esta alrededor de 60°C , siendo el valor límite $80\text{ }^{\circ}\text{C}$, pasado esa temperatura, puede ablandarse el recubrimiento, y deteriorarse con facilidad.

El sistema de recubrimiento al poseer refuerzo de fibra de vidrio, otorga una mejora de resistencia a los cambios bruscos de temperatura, ya que, comparado con un recubrimiento que no tiene refuerzo, es más susceptible a sufrir daños tempranos antes un cambio rápido de temperatura, especialmente en el área 30 donde el ácido que puede caer en el piso, al entrar en contacto con el agua, se produce una reacción exotérmica (liberación de calor brusco), lo que daña prematuramente a cualquier recubrimiento sin refuerzo, adicionalmente otorga resistencia a los golpes por herramientas como palas, o caída de objetos.

Las mediciones de espesores son referenciales, ya que al final se determina el promedio de todas las mediciones para estimar el espesor final.

En las zonas de sumideros de las áreas 30 y 40, presenta acumulación de lodos contaminados, que no dañan al recubrimiento en las verificaciones realizadas, posterior a la fecha de inicio de servicio.

El sistema de recubrimiento tiene una expectativa de vida útil en servicio de 5 años, esto significa que pasado ese tiempo, se requiera hacer un mantenimiento correctivo, esto conlleva a reparar puntualmente zonas deterioradas, por daños físicos, ocasionados por golpes caída de objetos, y acumulación de solución química con alta temperatura, durante un periodo considerable de tiempo (mayor a 48 horas continuas), y luego de las reparaciones, a fin de renovar la protección se reemplaza la capa de acabado del sistema de protección. Esto basado en experiencia de casos históricos en plantas químicas similares, con los productos de la marca Sherwin Williams.

7. Conclusiones

La protección de las losas y pozas de contención por medio de recubrimientos, durante el tiempo que se pudo hacer seguimiento (3 años), se vió que el recubrimiento no presentó daños por contacto con soluciones químicas del proceso de operación (soluciones concentradas, con valor de pH cercanos a 0), para las condiciones de operación de temperaturas de solución de 60°C y derrames ocasionales de soluciones de lixiviación de hasta 2 veces por semana.

En el tiempo que pudo ser observado el sistema de recubrimiento, se notaron en algunas zonas cambios de coloración de la capa de acabado(oscurecimiento), como consecuencia de la exposición de soluciones químicas concentradas(Sulfato de cobre en área 40), especialmente en el área 30(planta de ácido sulfúrico), este cambio de coloración está dentro de lo previsto por el fabricante de pintura, esto no afecta la integridad del recubrimiento, mientras que de no colocar ningún tipo de protección sobre el concreto, el tiempo de durabilidad, hasta presentar daños en la losa(exposición de agregados del concreto)se estima de 4 a 6 meses, conforme a información de usuarios de plantas químicas similares, debido a que el ácido va degradando los compuestos de calcio presentes en el concreto y esto debilita con facilidad su integridad.

La protección por medio del sistema de recubrimiento empleado de espesor total de 56 mils ó 1.4 mm (Tabla 14) de la marca Sherwin Williams, en base a resina epoxico novolaca, con refuerzo de fibra de vidrio, presentó correcto desempeño durante el tiempo que fue realizado el seguimiento (3 años). Por lo que la preparación de superficie, condiciones de aplicación y verificaciones realizados, permitieron que el sistema de recubrimiento pueda funcionar correctamente sin fallas prematuras, ni en la losa(fisuras), ni de adherencia sobre el concreto, la durabilidad del sistema de recubrimiento antes de realizar el mantenimiento general (repintado de la última capa) considerado era de 5 años.

8. Recomendaciones

Para la especificación de sistemas de protección, se debe evaluar todas las condiciones de servicio a la que estará expuesto el concreto, que para este caso fue daños mecánicos (por la limpieza con lampas y para remover lodos en la zona aledaña a sumidero), exposición de soluciones químicas de lixiviación, ácidos concentrados, temperatura de soluciones químicas.

Verificar las condiciones iniciales del concreto antes de realizar preparación de superficie como, humedad residual en el concreto, presencia de grasas o aceites, así como la ausencia de lechada superficial o zonas de concreto empobrecido, ya que son los factores más comunes que ocasionan fallas prematuras de adherencia del sistema de protección del concreto, para este caso, las condiciones iniciales fueron, alta concentración de soluciones químicas, pH ácido, concreto contaminado por soluciones químicas y alta humedad en losa por el proceso de operación.

La preparación de superficie debe ser la adecuada al espesor total del sistema de protección del concreto, ya que un perfil de rugosidad insuficiente, presentará a futuro fallas de adherencia, con el tránsito en el piso. Mientras que un perfil de rugosidad excesivo, traerá como consecuencia, zonas donde el recubrimiento no cubrirá, y se vean desniveles en el piso, y por consiguiente daños prematuros en el recubrimiento por causa de las irregularidades en el piso.

En la preparación de los productos para aplicación de recubrimiento se debe tener en cuenta las condiciones de almacenamiento, ya que una alta temperatura como por ejemplo en día soleado, baja la viscosidad de los productos a emplear, y por consiguiente el tiempo de vida útil de la mezcla se acortan a la mitad, mientras que en climas fríos, es a la inversa, se eleva la viscosidad de la mezcla, por lo que se puede emplear diluyente para bajar la viscosidad y poder manipular el producto, y el tiempo de secado se puede duplicar.

Una baja temperatura durante el proceso de secado o una alta humedad en el medio ambiente, puede alterar el curado final del sistema de recubrimiento, ocasionando cambio en el brillo o en la coloración final.

9. Bibliografía

- 360 en concreto, R. (2021). *Concretos resistentes a Sulfatos*. Recuperado el 9 de junio de 2024, de 360 en Concreto: <https://360enconcreto.com/blog/detalle/concretos-resistentes-a-sulfatos/>
- American Concrete Institute (ACI). (1995). *Construcción de juntas en el concreto*(224.3R) (Segunda ed.). Michigan, USA.
- American Concrete Institute (ACI). (1998). *Reporte de reactividad agregado - alcali* (221.1R) (Primera ed.). Michigan, USA.
- American Concrete Institute (ACI). (2004). *Guía para la reparación del concreto*(546R) (Primera ed.). Michigan, USA.
- American Concrete Institute (ACI). (2008). *Guía para la inspección visual del concreto en servicio*(201.1R) (Segunda ed.). Michigan, USA.
- American Concrete Institute (ACI). (2008). *Uso de compuestos epóxicos en el concreto*(503R) (Segunda ed.). Michigan, USA.
- American Concrete Institute (ACI). (2013). *Guía para la selección de tratamientos protectores del concreto*(515.2R) (Primera ed.). Michigan, USA.
- American Society for Testing and Material (ASTM International). (2015). *Grado de tizamiento en pintura, por método de cinta* (D4214) (Segunda ed.). Pensilvania, USA.
- American Society for Testing and Material (ASTM International). (2017). *Medición de película seca por medio no destructivo* (D6132) (Segunda ed.). Pensilvania, USA.

American Society for Testing and Material (ASTM International). (2017). *Prueba para el acidificado(decapado) del concreto (D4260)* (Segunda ed.). Pensilvania, USA.

American Society for Testing and Material (ASTM International). (2018). *Determinación de humedad en concreto por medio de hoja Plástica (D4263)* (Segunda ed.). Pensilvania, USA.

American Society for Testing and Material (ASTM International). (2018). *Evaluación de adherencia por cuchilla (D6677)* (Segunda ed.). Pensilvania, USA.

American Society for Testing and Material (ASTM International). (2018). *Medición de PH de superficies de Hormigón (D4262)* (Segunda ed.). Pensilvania, USA.

American Society for Testing and Material (ASTM International). (2021). *Prueba de discontinuidad para recubrimientos de protección, para sustratos metálicos no conductivos (D5162)* (Segunda ed.). Pensilvania, USA.

American Society for Testing and Material (ASTM International). (2023). *Medición de adherencia por prueba con cinta (D3359)* (Segunda ed.). Pensilvania, USA.

American Society for Testing and Materials (ASTM International). (2014). *Determinación de dureza por martillo de rebote (D5873)* (Segunda ed.). Pensilvania, USA.

American Society for Testing and Materials (ASTM International). (2022). *Determinación de adherencia de recubrimientos usando medidores portátiles de adhesión (D4541)* (Primera ed.). Pensilvania, USA.

Chipatecua, L. (2023). *¿Cuál es la composición química del cemento y como afecta sus propiedades?* Recuperado el 7 de Noviembre de 2023, de 360 en concreto:

<https://360enconcreto.com/blog/detalle/cual-es-la-composicion-quimica-del-cemento-y-como-afecta-sus-propiedades/>

Diaz Tang, I. (2002). *La Corrosión del Concreto Armado y su Diagnóstico* (Primera ed.). Lima, Perú: Capitulo Peruano ACI.

El Comercio. (23 de Octubre de 2020). *¿Qué son los PAMA y como forjaron una nueva minería?*
Obtenido de Minería Sostenible: <https://especial.elcomercio.pe/mineriasostenible/que-son-los-pama-y-como-forjaron-una-nueva-mineria/>

International Concrete Repair Institute (ICRI). (2013). *Patrón visual de perfiles de rugosidad de superficie para el concreto (Guidelines 03732)* (Segunda ed.). Michigan, USA.

Johnson, B. (1 de mayo de 2005). Presentacion: Basicos del Concreto. Lima, Perú.

National American Corrosion Engineers (NACE)/Steel Structures Painting Council (SSPC). (2018). *Preparación de superficie de Hormigón (NACE N°6/SP13)* (Segunda ed.). Pensilvania, USA.

Nixon, R., & Drisko, R. (2001). *The Fundamentals of Cleaning and Coating Concrete* (Primera ed.). Pensilvania, USA: Society for Protective Coatings.

Organización Internacional de Normalización (ISO). (2017). *Test para evaluación de superficie por nivel de polvo (8502-3)* (Primera ed.). Ginebra, Suiza.

Sherwin Williams Latinoamerica. (29 de 11 de 2021). *Ficha técnica Sumatane HS*. Recuperado el 12 de agosto de 2023, de Sherwin Williams Brasil: <https://swprotectivelatam.com/wp-content/uploads/2021/12/SUMATANE-HS-BR.pdf>

Sika Perú. (21 de 01 de 2015). *Ficha técnica Purcem 20N*. Recuperado el 7 de 11 de 2023, de Sika

Perú: <https://per.sika.com/dms/getdocument.get/4470787d-f603-3a2b-8ebb-4e9546f3529e/HT%20-%20Sikafloor%20-%202020%20N%20Purcem.pdf>

Steel Structures Painting Council (SSPC). (2014). *Limpieza con solventes (SP1)* (Segunda ed.). Pensilvania, USA.

10. Anexo A

10.1 Equipos para la Preparación de Superficie según Guía ICRI 03732

Figura A 1.

Pulidora de Concreto (Grinder)



Figura A 2.

Pulidora Manual



Figura A 3.

Granalladora de Concreto (Shot Blasting)



Nota. Tomado de Direct Industry (Fotografía),

<https://www.directindustry.es/prod/blastrac/product-60826-674293.html>

Figura A 4.

Escarificadora de Concreto (Escarifier)



Figura A 5.

Desbastadora de Piso Neumático(Scabbling)



Nota. Tomado de CS Unitec herramientas (Fotografía), por CS Unitec,

<https://www.csunitec.com/es/preparacion-de-superficies/herramientas-de-preparacion-de-superficies-de-concreto/desbastadores-que-se-usan-en-concreto/desbastadores-para-pisos-de-concreto/raspador-neumatico-vibro-lotm-de-11-cabezales-raspador-de-11-cabezales-para-suelos-de-concreto>

11. Anexo B

11.1 Herramientas para la Aplicación de Recubrimientos en Concreto

Figura B 1.

Jalador de Jebe



Figura B 2.

Rodillos Epoxicos con Diferente Altura de Pelo



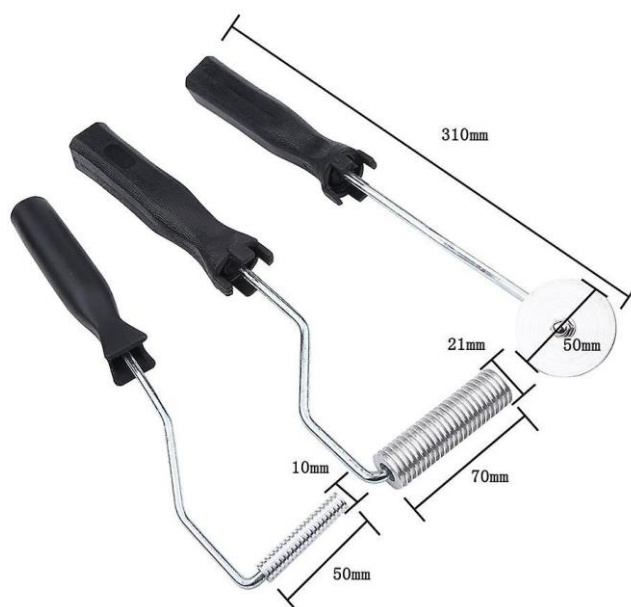
Figura B 3.

Rodillo Texturado para Aplicación de Mortero Autonivelante



Figura B 4.

Rodillo Metálico para Fibra de Vidrio



Nota. Tomado de Rodillo desairador (Imagen), por Fruugo,

https://img.fruugo.com/product/4/38/158911384_max.jpg

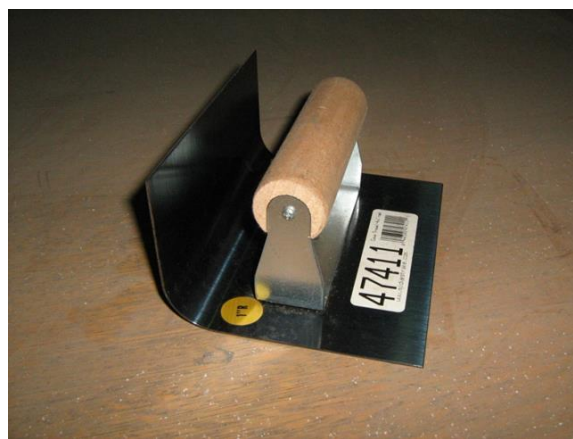
Figura B 5.

Rodillo y Zapatos de Púas



Figura B 6.

Planchas Metálicas de Empastar



12. Anexo C

12.1 Hojas Técnicas de Productos Utilizados

Figura C 1.

Hoja Técnica de Fibra de Vidrio

	FIBRA MAT 300													
INFORMACION TÉCNICA		Rev:01 Fecha:10/09												
PROPIEDADES														
Óptima compatibilidad con todo tipo de resina poliéster Preconizado para el moldeamiento al contacto Fácil de utilizar; supresión fácil de las burbujas Buena conformabilidad Buenas propiedades mecánicas del producto final														
Los mats emulsión están fabricados a partir de filamentos de vidrio de 50 mm de longitud y distribuidos de manera aleatoria para formar un colchón regular. Dichos hilos cortados están ligados entre ellos con un Ligante emulsión, soluble en estireno, ofreciendo como resultado una excelente compatibilidad con resinas poliéster no saturadas.														
ESPECIFICACIONES														
<table border="1"> <tr> <th>Referencia</th> <th>Peso</th> <th>Perdida al fuego</th> <th>Humedad</th> <th>Anchura</th> </tr> <tr> <td>MAT E 300</td> <td>300 g/m²</td> <td>4.5%</td> <td><0.30%</td> <td>125 cm</td> </tr> </table>	Referencia	Peso	Perdida al fuego	Humedad	Anchura	MAT E 300	300 g/m ²	4.5%	<0.30%	125 cm				
Referencia	Peso	Perdida al fuego	Humedad	Anchura										
MAT E 300	300 g/m ²	4.5%	<0.30%	125 cm										
<i>Otros gramajes y anchuras (hasta 340cm) disponibles según petición.</i>														
EXPEDICIONES														
<table border="1"> <tr> <th>Emulsión</th> <th>Peso neto por rollo</th> <th>Rollos por palet</th> <th>Peso neto por palet</th> <th>Dimensiones de palets</th> </tr> <tr> <td>300 g/m²</td> <td>66,66 +/-10% kg</td> <td>12</td> <td>800 kg</td> <td>120 x 110 x 130</td> </tr> </table>	Emulsión	Peso neto por rollo	Rollos por palet	Peso neto por palet	Dimensiones de palets	300 g/m ²	66,66 +/-10% kg	12	800 kg	120 x 110 x 130				
Emulsión	Peso neto por rollo	Rollos por palet	Peso neto por palet	Dimensiones de palets										
300 g/m ²	66,66 +/-10% kg	12	800 kg	120 x 110 x 130										
ALMACENAMIENTO														
Los Mats Emulsión deben ser almacenados en sus embalajes de origen (film PE y caja de cartón). Temperatura de almacenamiento entre -10 y +50 C°. Humedad relativa entre 35 y 85 %.														
LA INFORMACIÓN EXPUESTA ANTERIORMENTE CORRESPONDE A LOS CONOCIMIENTOS ACTUALES DE PLANSUR, S.A., Y TIENE POR OBJETO LA CORRECTA INFORMACIÓN Y ORIENTACIÓN DE LOS USUARIOS; NO PUDIÉNDOSE DERIVARSE DE ELLAS RESPONSABILIDAD ALGUNA PARA PLANSUR, S.A.														
P.I. LA RED SUR C/ ONCE, NAVE 4 TEL.955 631 100 FAX 955 631 219 41500 ALCALÁ DE GUADAIRA (SEVILLA)		P.I. EL VISO, ALFREDO CORROCHANO, 59-2ª FASE TEL.952 341 004 FAX 952 325 699 29005 MÁLAGA												
{ 1 }														

Figura C.2.

Hoja Técnica de Corobond 100

ControlTech
Tanklining
Containment
Corrosion Control
Coatings

7.1

COROBOND 100

EPOXY PRIMER/SEALER

INFORMACION DEL PRODUCTO Rev. 09/08	
DESCRIPCION DEL PRODUCTO	USOS RECOMENDADOS
COROBOND 100 EPOXY PRIMER/SEALER es un epóxico 100% sólidos, bajo VOC con tolerancia a la humedad. Es un primer y resina ligante a la vez para concreto, formulado con propiedades de firmeza y alivio de tensiones causadas por shock térmico. La combinación de alta resistencia a la tracción y elongación proporciona mayor durabilidad bajo impacto y tensiones térmicas inducidas. * Puede ser aplicado sobre sustratos húmedos (tolera la humedad) * 100% sólidos, cero VOC * Alivia la fatiga debido a bajos módulos de elasticidad. * Primer universal para sistemas epóxicos 100% sólidos. * Ayuda a prevenir la reabsorción y el burbujeo * Baja viscosidad * Bajo VOC * Secado rápido * Características de penetración superior * Visibilidad excelente durante la aplicación	El Corobond 100 se puede usar sobre todas las superficies de concreto desnudas en donde se recomienda un primer epóxico penetrante de 2 componentes. Su baja viscosidad y el rápido tiempo de recubrimiento le permite ser usado para áreas que necesitan un giro rápido. * Contenedores Secundarios * Diseñado específicamente como un primario sellador de alto desempeño para aplicaciones de contenedores secundarios. También puede ser usado como una resina ligante para aliviar fatiga de capas superpuestas, morteros de relleno y de rasante.
CARACTERISTICAS DEL PRODUCTO	CARACTERISTICAS DE DESEMPEÑO
Acabado: Mate brillante Color: Ámbar, Blanco neutro, Gris Niebla Sólidos en Volumen: 98% +/- 2%; mezclado VOC (calculado): 13 g/L; 0.11 lb/gal, mezclado Razón de Mezcla: 2:1 por volumen, premedido Espesor de Aplicación Recomendado por capa: Espesor Húmedo : 4.0 - 6.0 Espesor Seco : 4.0 - 6.0 Rendimiento: 265 - 400 pies²/gal aprox. (6.5 - 9.81 m²/L) Aplique el primer para lograr una apariencia uniforme, y humectación completa de la superficie de concreto, aproximadamente 4.0 - 6.0 mils eps. El recubrimiento se absorberá parcialmente en el concreto. Extienda cualquier excedente. Tiempo de Secado: a 5.0 espesor húmedo, 25°C y 50% RH: Al Tacto: 2 horas Para repintar: mínimo: 3 horas máximo: 24 horas* Para curar: 7 días * Puede recubrirse hasta 30 días después de la aplicación con Macropoxy 646. El Primer se puede recubrir uniformemente si la superficie está aún pegajosa. Si excede el tiempo de recubrimiento máximo lije la superficie antes de recubrir. El tiempo de secado depende de la temperatura, la humedad y el espesor de la película. Vida de la Mezcla: 45 minutos a (25°C) Tiempo de Inducción: No se requiere Vida en el Almacén : 18 meses, sin abrir, de (4.4°C; 38°C) Punto de Ignición: (38°C) FMC C, mezclado Reductor: No se recomienda Limpieza: Xylol, R2K4	Un primario/sellador de alto desempeño para superficies de concreto desnudo nuevas o existentes. Ayuda a prevenir la reabsorción y el burbujeo de los recubrimientos con características de penetración superiores. Excelentes características de penetración. Refiérase al acabado aplicable para información de desempeño adicional. En color blanco para proporcionar contraste con el concreto. Excelentes propiedades de penetración para proporcionar un sustrato "terso y sano" antes de recubrimientos subsecuentes. Se puede recubrir mientras que el primario está aún pegajoso Diseñado para ser recubierto con un acabado. Vida Útil, 1 galón mas a ASTM D 2471: @ 23°C 40-60 minutos Tiempo de Curado: Secado al Tacto 5-8 horas 23°C, 50% HR: Repintado 10 horas Curado Total: 7 días Resistencia a Elevadas Temperaturas Sin deslizamiento o flujo a la Temperatura requerida de 70°C Elongación de Tracción 4% Fuerza de Tracción 451 kg/cm² ASTM D 638 Adherencia ASTM D 4541 Hormigón 24.6 kg/cm² (100% falla hormigón) Inflamabilidad Auto-extinguido ASTM D 635 sobre hormigón
COATINGS SRL Una Subsidiaria de The Sherwin Williams Co	



**ControlTech
Tanklining
Containment
Corrosion Control
Coatings**

**7.1
COROBOND 100**
EPOXY PRIMER/SEALER

INFORMACION DEL PRODUCTO

SISTEMAS RECOMENDADOS	PREPARACION DE LA SUPERFICIE
Concreto, Contenedor Secundario: Concreto y Mampostería: 1 capa. Corobond 100 Epoxy Primer/Sealer a 4.0 - 6.0 mils eps. Aplique en forma uniforme y hasta humidación completa de la superficie de concreto. El recubrimiento será absorbido parcialmente en el concreto. Dispense cualquier exceso. 1-2 capas. Kem Cati-Coat HS Epoxy Filler/Sealer a 10.0 - 20.0 mils eps/capa, lo que se requiera para rellenar huecos y ranuras para proporcionar un sustrato continuo. 1-2 capas. Cor-Cote E.N. 7000 Epoxy Novolac Coating a 10.0 - 14.0 mils eps/capa* * Depende de la severidad del medio ambiente, otros recubrimientos aceptables pueden incluir Cor-Cote HCR FF, Phenicon HS, o Shelocte II. Sistema de Mortero: 1 capa. Corobond 100 Epoxy Primer/Sealer a 4.0-6.0 mils eps 1 capa. Cor-Cote HCR Epoxy con 70 lbs Tipo Aggregate para 1.25 (5.67 lt) galones a 3/16" (4.76 mm) eps rinde 44 pies² (4.08 m²) 1 capa. Cor-Cote HCR Epoxy a 15.0-20.0 mils eps 1 capa. Cor-Cote HCR FF Flake Filled Epoxy a 15.0-20.0 mils eps	La superficie debe de estar limpia, seca y en condiciones firmes. Remueva todo el aceite, polvo, grasa, suciedad, óxido suelto, y demás material extraño, para asegurar una buena adherencia. Refiérase al boletín de aplicación del producto para una información detallada de preparación de la superficie. Minima preparación recomendada de la superficie: Concreto y Mampostería: SSPC-SP13/NACE 6
	DISPONIBILIDAD DE COLOR / ENTINTADO
	No se entinta. Colores: Ámbar, Blanco, Gris niebla.
	CONDICIONES DE APLICACION
	Temperatura: 13°C mínimo, 38°C máximo (Aire, superficie y material) Al menos 3°C por encima del punto de rocío. Humedad Relativa máxima: 85%
	INFORMACION PARA PEDIDOS
	Empaque: Mezcla de 3 galones: Parte A 2 gal. (7.57) Parte B 1 gal. (3.785 L) Mezcla de 15 galones: Parte A 2 contenedores de 5 gal (19 L) Parte B 1 contenedor de 5 gal (19 L) Peso por galón (litro): 9.5 ± 0.2 lb (1.14 ± 0.02 kg), mezclado
	PRECAUCIONES DE SEGURIDAD
	Referirse a Hoja de Seguridad del producto. Las instrucciones e información técnica pueden ser cambiadas sin previo aviso. Contactar a su asesor técnico Sherwin-Williams para obtener información técnica e instrucciones adicionales.



**ControlTech
Tanklining
Containment
Corrosion Control
Coatings**

7.1

COROBOND 100

EPOXY PRIMER/SEALER

BOLETÍN DE APLICACIÓN

PREPARACIÓN DE SUPERFICIE

La superficie debe de estar limpia, seca y firme. Remueva todo el aceite, polvo, grasa, suciedad, óxido suelto, y demás material extraño para asegurar una adherencia adecuada.

Concreto Colado Nuevo

Para preparación de la superficie, refiérase a SSPC-SP13/ NACE 6. La superficie debe estar limpia, seca, sana y ofrecer un perfil suficiente para lograr la adherencia adecuada. El curado mínimo del sustrato es de 28 días a (24°C). Remueva toda forma de agentes desmoldantes, compuestos de curado, sales, eflorescencia, lechada, y demás materia extraña mediante la limpieza a chorro de arena, chorro de granalla, escarificación mecánica o por medios químicos adecuados, tales como mordentado con ácido muriático, refiérase al ASTM D4260. Enjuague completamente para lograr un pH final entre 10.0 y 13.0. Deje secar completamente antes de recubrir.

Viejo

La preparación de la superficie se hace casi como en el concreto nuevo; sin embargo, si el concreto está contaminado con aceites, grasas, químicos, etc., éstos deben ser removidos limpiando con algún detergente fuerte. Refiérase al ASTM D4258. Agentes desmoldantes de ómbra, endurecedores, etc., deben ser removidos mediante la limpieza a chorro de arena, chorro de granalla, escarificación mecánica o medios químicos adecuados. Si el deterioro de la superficie presenta una superficie rugosa inaceptable, se recomienda usar Kem Cati-Coat HS Epoxy Filler/Sealer para parchar y resanar el concreto dañado.

Normas ASTM de referencia:

Se recomienda seguir los métodos descritos en las siguientes normas:

Práctica Estándar para Limpiar Concreto ASTM D4258.
Práctica Estándar para Abrasión de Concreto ASTM D4259.
Práctica Estándar para Mordentado de Concreto ASTM D4260.
Método de Hoja de Plástico para revisar la Humedad en el Concreto ASTM F1869.

CONDICIONES DE APLICACIÓN

Temperatura:

13°C mínimo, 38°C máximo
(Aire, superficie y material)

Al menos 3 °C por encima del punto de rocío.

Humedad Relativa: 85%

EQUIPOS DE APLICACIÓN

Lo siguiente es una guía. Cambio en presiones y tamaños de boquillas puede ser requerido para las apropiadas características de atomización del equipo. Siempre purgar el equipo de aplicación antes de usar con los solventes recomendados. Cualquier dilución debe ser compatible con las condiciones de aplicación y ambientales existentes.

Dilución.....No recomendada.

Limpieza.....Reductor #54, R 7X54

Aspersión sin Aire (Airless)

Bomba.....30:1 mínimo
Manguera.....3/8"(9.52 mm) ID
Boquilla.....0.019"(0.482 mm)
Filtro.....malla 60

Brocha.....Cerdia Natural

Rodillo

Felpa.....3/8"(9.52 mm) avitelada con corazón
fendíco

Si el equipo de aplicación en específico enlistado arriba, no está disponible, se puede sustituir por el equipo equivalente.



**ControlTech
Tanklining
Containment
Corrosion Control
Coatings**

7.1 COROBOND 100

EPOXY PRIMER/SEALER

BOLETIN DE APLICACION

PROCEDIMIENTO DE APLICACION	RECOMENDACIONES
Se debe completar la preparación de la superficie como se indica. Mezcle los componentes solamente después de que todas las superficies se hallan preparado por completo y estén listas para ser recubiertas. Agite completamente cada componente utilizando agitación mecánica, por ejemplo, un mixer modelo Jiffy ES. Entonces combine 2 partes por volumen de la Parte A con una parte por volumen de la Parte B. Utilizando agitación mecánica, con un mixer Jiffy ES, mezcle completamente el material por tres minutos a 250 rpm. Solamente mezcle unidades totales. Asegúrese de mezclar el material del fondo y de los lados de los contenedores. Aplique el recubrimiento al espesor de película y rendimiento recomendados como se indica a continuación: Espesor de Aplicación Recomendado por capa: Espesor Húmedo : 4.0 - 6.0 Espesor Seco : 4.0 - 6.0 Rendimiento: 265 - 400 pies²/gal aprox. (6.5 - 9.81 m²/L) Aplique primario para lograr un cubrimiento uniforme, apariencia, y humedad completa de la superficie de concreto, aproximadamente 4.0 - 6.0 mils eps. El recubrimiento se absorberá parcialmente en el concreto. Extienda cualquier charco. Tiempo de Secado: a 50 espesor húmedo, 25°C y 50% RH: A) Tacto: 2 horas Para repintar: mínimo: 3 horas máximo: 24 horas* Para curar: 7 días * Se puede recubrir hasta 30 días después de la aplicación ya sea con Macropoxy 646 o con Steel-Seam VSE (sólo exposición interna) El Primario se puede recubrir uniformemente si la superficie está aún pegajosa. Si excede el tiempo de recubrimiento máximo lije la superficie antes de recubrir. El tiempo de secado depende de la temperatura, la humedad y el espesor de la película. Vida de la Mezcla: 45 minutos a 25°C Tiempo de Inducción: No se requiere La aplicación del recubrimiento por arriba del máximo o por debajo del mínimo espesor de aplicación recomendado puede afectar adversamente el desempeño del recubrimiento.	Quando utilice la aplicación por aspersión, trasape un 50% con cada pasada de la pistola para evitar puntos de alfiler, áreas desnudas, y pequeños orificios. Si es necesario, aplique en forma cruzada en ángulo recto. El rendimiento se calcula en base al volumen de sólidos y no incluye el factor de pérdida en la aplicación debido al perfil de la superficie, rugosidad o porosidad de la superficie, la habilidad y técnica del aplicador, método de aplicación, varias irregularidades de la superficie, pérdida de material durante la mezcla, derrame, sobre adelgazamiento, condiciones climáticas, y espesor excesivo de la película. No se recomienda la reducción del material, ya que puede afectar el espesor de la película, la apariencia y la adherencia. No aplique el material pasada la vida de la mezcla recomendada. No mezcle material previamente catalizado con otro nuevo. Para prevenir el bloqueo del equipo de aspersión, limpie el equipo antes de usar o antes de periodos de paro prolongados con el Reductor #54, R7K54. Refiérase a la hoja de información del Producto para características y propiedades de desempeño adicionales.
INSTRUCCIONES DE LIMPIEZA	NOTAS IMPORTANTES
Limpie los derrames y salpicaduras inmediatamente con el Reductor #54, R7K54. Limpie las herramientas inmediatamente después de usar con el Reductor #54, R7K54. Siga las recomendaciones de seguridad del fabricante cuando utilice cualquier solvente.	*Dado que no tenemos control sobre las condiciones de aplicación o servicio de los productos, no aceptamos responsabilidad alguna por los resultados que pueden obtenerse en cada caso particular. En ningún caso el fabricante podrá ser responsabilizado por daños incidentales o consecuenciales, que puedan derivarse del uso inadecuado del producto. Recomendamos consultar folleto sobre Normas de Seguridad personal e industrial en el trabajo con pinturas. Esta información técnica reemplaza todas las publicaciones anteriores.
COATINGS SRL Una Subsidiaria de The Sherwin Williams Co	

Figura C 3.

Hoja Técnica Corcote HCR FF

**ControlTech
Tanklining
Containment
Corrosion Control
Coatings**

7.5

COR-COTE HCR FF

FLAKE FILLED NOVOLAC EPOXY

INFORMACION DEL PRODUCTO				Rev. 09/08								
DESCRIPCION DEL PRODUCTO		USOS RECOMENDADOS										
COR-COTE HCR FF FLAKE FILLED NOVOLAC EPOXY es un recubrimiento epóxico híbrido novolac 100% en sólidos, de alta resistencia a los químicos, auto nivelante, cuya tecnología Resiste la agresividad de los ácidos, álcalis y solventes. Cargado con hojuelas de vidrio traslapadas, que reducen permeabilidad proporcionando excelente desempeño en el servicio de inmersión + Bajo rango de penetración + Aceptado para su uso en instalaciones inspeccionada por la USDA.		Cor-Cote HCR FF Flake Filled Novolac Epoxy, se utiliza como un revestimiento y un recubrimiento para auto nivelación en aplicaciones de mortero y mortero laminado. Protege superficies de concreto acero en inmersión y exposición atmosférica, en tanques de revestimiento, contenedores secundarios y procesos de aplicaciones de pisos en varias instalaciones incluyendo: + Automotriz + Electrónica + Metales y Minería + Petroquímica + Pulpa de Papel + Plantas de tratamiento de Agua y drenaje + Procesos químicos + Alimentos y bebidas + Farmacéuticos + Electricidad										
CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO		CARACTERÍSTICAS DE DESEMPEÑO										
Acabado: Semi-Brillante Color: Gris Niebla, Rojo teja Sólidos en Volumen : 100% (calculado) VOC (calculado): 0 Relación de Mezcla: 4:1 por volumen Espesor de Aplicación Recomendado por capa:" Espesor Húmedo : 15.0 - 20.0 Espesor Seco : 15.0 - 20.0 Rendimiento: 1.96 -2.45 m²/lt Tiempo de Secado a 15.0 espesor húmedo ; 23°C y 50% RH: Al Tacto: 6 horas Para repintar mínimo: 8 horas máximo: 24 horas Para curar: 7 días Si excede el tiempo de recubrimiento, máximo, lije la superficie antes de repintar. El tiempo de secado depende de la temperatura, la humedad, y el espesor de la película. <table><tr><td></td><td>10°C</td><td>23°C</td><td>32°C</td></tr><tr><td>Vida de la mezcla:</td><td>35 minutos</td><td>15 minutos</td><td>10 minutos</td></tr></table> Tiempo de inducción: no se requiere Viscosidad (mezclado): 10,000-15,000 cP Vida en el almacén : 18 meses, sin abrir, a 4.4°C - 38°C Reductor: No se recomienda Limpieza: Xileno, R2K4			10°C	23°C	32°C	Vida de la mezcla:	35 minutos	15 minutos	10 minutos	Adherencia Método: ASTM D4541 Resultado : 350 psi; 100% falla de concreto Resistencia a la Abrasión (recubrimiento) Método: ASTM D4060 Resultado: 1000 g 1000 ciclos CS-17: 85 mg. Pérdida Flamabilidad Método: ASTM D635 Resultado: Auto extinción sobre concreto Dureza al Durómetro Método: ASTM D2240 Resultado: Orilla D-90 Transmisión de Vapor de Agua Método: ASTM E96 Resultado: 0.0016 perm/in		
	10°C	23°C	32°C									
Vida de la mezcla:	35 minutos	15 minutos	10 minutos									
COATINGS SRL Una Subsidiaria de The Sherwin Williams Co												



**ControlTech
Tanklining
Containment
Corrosion Control
Coatings**

7.5

COR-COTE HCR FF

FLAKE FILLED NOVOLAC EPOXY

INFORMACION DEL PRODUCTO

SISTEMAS RECOMENDADOS	PREPARACION DE LA SUPERFICIE
Acero, con primer de anclaje (revestimiento) Revestimiento (liner) de Película Media 1 cpa. Copoxy Shop Primer a 1.0-1.5 1 cpa. Steel-Seam VSE lo que se requiera para rellenar picaduras y obtener una transición suave en orillas filosas, uniones de soldadura, etc. 2 cpas. Cor-Cote HCR FF Flake Filled Epoxy a 15.0-20.0 mils eps. Acero o Concreto (revestimiento, contenedor, pisos): Revestimiento de Película Mediana 1 cpa. Para Acero: Dura-Plate UHS Primer a 4.0-8.0 mils eps Para Concreto: Corobond 100 Epoxy Primer/Sealer a 4.0-8.0 mils eps 1 cpa. Steel-Seam VSE lo que se requiera para rellenar picaduras y obtener una transición suave en orillas filosas, uniones de soldadura, etc o para rellenado de huecos y orificios en concreto. 2 cpas. Cor-Cote HCR FF Flake Filled Epoxy a 15.0-20.0 mils eps/capa. Mortero Laminado 1 cpa. Para Acero: Dura-Plate UHS Primer a 4.0-8.0 mils eps Para Concreto: Corobond 100 Epoxy Primer/Sealer a 4.0-8.0 mils eps 1 cpa. Steel-Seam VSE lo que se requiera para rellenar picaduras y obtener una transición suave en orillas filosas, uniones de soldadura, etc o para rellenado de huecos y orificios en concreto. 1 cpa. Cor-Cote HCR (Clear) con 50 lbs. De agregado Tipo M para 1.25 galones 60.0-70.0 mils eps cubre 11.14 m2. 1 cpa. Malla de fibra de vidrio de 1.0 oz con Cor-Cote HCR(Clear) saturado a 20.0-30.0 mils eps (con tapete de vidrio) 1 cpa. Cor-Cote HCR FF Flake Filled Epoxy a 15.0-20.0 mils eps Mortero Laminado, Trabajo Pesado 1 cpa Para Acero: Dura-Plate UHS Primer a 4.0-8.0 mils eps Para Concreto: Corobond 100 Epoxy Primer/Sealer a 4.0- 8.0 mils eps. 1 cpa. Cor-Cote HCR Epoxy (Clear) con 50 lbs de agregado Tipo M para 1.25 galones a 60.0-70.0 mils eps cubre 11.14 m2. 1 cpa. Tapete avitelado de fibra de vidrio de 10.0 oz con Cor-Cote HCR (Clear) saturado a 30.0-45.0 mils eps (con el tapete) 1 cpa. Cor-Cote HCR Epoxy (Clear) con 50 lbs de agregado Tipo M para 1.25 galones a 60.0-70.0 mils eps cubre 11.14 m2.	La superficie debe de estar limpia, seca y en condiciones firmes. Remueva todo el aceite, polvo, grasa, suciedad, óxido suelto, y demás material extraño, para asegurar una buena adherencia. Refiérase al boletín de aplicación del producto para una información detallada de preparación de la superficie. Minima preparación recomendada de la superficie: Hierro y Acero: Atmosférico: SSPC-SP6, 2 mil perfil. Inmersión: SSPC-SP10, 2-3 mil perfil Concreto y Mampostería: Atmosférico: SSPC-SP13/NACE 6 Inmersión: SSPC-SP13/NACE 6-4.3.1 ó 4.3.2
	DISPONIBILIDAD DE COLOR / ENTINTADO
	No se entinta.
	CONDICIONES DE APLICACION
	Temperatura: 10°C mínimo, 32°C máximo (Material, Aire y superficie) Al menos 3°C por encima del punto de rocío. Humedad Relativa máxima: 85%
	INFORMACION PARA PEDIDOS
	Empaque: Parte A: 1 galón y 4 galones (3.785 y 15.14 lt) Parte B: 1 cuarto y un galón (0.946 y 3.785 lt)
	PRECAUCIONES DE SEGURIDAD
	Referirse a Hoja de Seguridad del producto. Las instrucciones e información técnica puede ser cambiada sin previo aviso. Contactar a su asesor técnico Sherwin - Williams para obtener información técnica e instrucciones adicionales.
COATINGS SRL Una Subsidiaria de The Sherwin Williams Co	



**ControlTech
Tanklining
Containment
Corrosion Control
Coatings**

7.5 COR-COTE HCR FF

FLAKE FILLED NOVOLAC EPOXY

BOLETÍN DE APLICACIÓN

PREPARACIÓN DE SUPERFICIE	CONDICIONES DE APLICACIÓN
La superficie debe de estar limpia, seca y firme. Remueva todo el aceite, polvo, grasa, suciedad, óxido suelto, y demás material extraño para asegurar una adherencia adecuada. Hierro y Acero (servicio de inmersión) Remueva todo el aceite y grasa de la superficie limpiando con solvente de acuerdo con SSPC-SP1. La preparación mínima de la superficie es limpiando a chorro con metal casi blanco de acuerdo con SSPC-SP10. Sopletee a chorro todas las superficies utilizando un abrasivo agudo, angular para un perfil óptimo de la superficie (2-3 mils). Remueva toda la salpicadura de soldadura y redondee todas las orillas filosas esmerilando. Aplique el primer al acero desnudo a las 8 horas o antes de que la oxidación superficial ocurra. Hierro y Acero (servicio atmosférico) Remueva todo el aceite y la grasa de la superficie, limpiando con solvente de acuerdo con SSPC-SP1. La preparación mínima de la superficie es limpiando a chorro comercial de acuerdo con SSPC-SP6. Para un mejor desempeño, use limpieza a chorro metal casi blanco según SSPC-SP10. Sopletee a chorro todas las superficies usando un abrasivo agudo angular, para obtener un perfil óptimo de la superficie (2 mils). Aplique primario al acero el mismo día que se haya limpiado antes de que la oxidación superficial ocurra. Concreto Colado Nuevo Para la preparación de la superficie, refiérase a SSPC-SP13/NACE 6. La superficie debe estar limpia, seca, sana y ofrecer un perfil suficiente para lograr la adherencia adecuada. El curado mínimo del sustrato es de 28 días a 23°C. Remueva todos los agentes liberadores de cimbra, compuestos de curado, sales, eflorescencia, lechada, y demás materia ajena mediante la limpieza a chorro de arena, chorro de granalla, escarificación mecánica o por medios químicos adecuados, tales como mordentado con ácido muriático, refiérase a la norma ASTM D4260. Enjuague completamente para lograr un pH final entre 10.0 y 13.0. Deje secar completamente antes de recubrir. Viejo La preparación de la superficie debe hacerse casi como en el concreto nuevo; sin embargo, si el concreto está contaminado con aceites, grasas, químicos, etc. éstos deben ser removidos limpiando con algún detergente fuerte. Refiérase al ASTM D4258. Agentes liberadores de cimbra, endurecedores, etc., deben ser removidos mediante la limpieza a chorro de arena, chorro de granalla, escarificación mecánica o medios químicos adecuados. Si el deterioro de la superficie presenta una superficie rugosa inaceptable, se recomienda usar Steel-Seam VSE para parchar y resanar el concreto dañado. Rellene todas las fisuras, vacíos y orificios con Steel-Seam VSE. Normas ASTM de referencia: Se recomienda seguir los métodos descritos en las siguientes normas: Práctica Estándar para Limpiar Concreto ASTM D4258. Práctica Estándar para Abrasión de Concreto ASTM D4259. Práctica Estándar para Mordentado de Concreto ASTM D4260. Método de Hoja de Plástico para revisar la Humedad en el Concreto ASTM F1869. Servicio de inmersión: Además de la preparación de la superficie de arriba se requiere de la limpieza a chorro de ráfaga de la superficie de concreto.	Temperatura: 10°C mínimo, 32°C máximo (Aire, superficie y material) Al menos 3 °C por encima del punto de rocío. Humedad Relativa: 85%
EQUIPOS DE APLICACIÓN	
Lo siguiente es una guía. Cambio en presiones y tamaños de boquillas puede ser requerido para las apropiadas características de atomización del equipo. Siempre purgar el equipo de aplicación antes de usar con los solventes recomendados. Cualquier dilución debe ser compatible con las condiciones de aplicación y ambientales existentes.	
Dilución No recomendada. Limpieza Xileno, R2K4	
Equipo Airless Bomba Graco Extreme, 68:1 Pistola Graco XTR Manguera de Fluido 3/8"-1/2" ID (9.52-12.7mm) Orificio de la Punta 023"- .027" (.584-.685 mm) Ancho del ventilador a 12" 12.0" (305 mm) Presión de Fluido 2800-3100psi Pantalla de Filtro Malla 60 Bomba de transferencia 5:1 razón de cada lado Tubo estático de mezcla 1/2" ID (12.7 mm) con 32 vueltas	
Brocha Cerdia Natural para aplicación en áreas pequeñas.	
Rodillo Felpa 3/8" (9.52mm) lanilla para aplicaciones en capas	
Rodillo acanalado para aplicaciones en mortero laminado	
Llana: Llana muescada para aplicaciones de auto nivelación Llana plana para aplicaciones en mortero	
Squeegee: (Jalador) Jalador muescado para aplicaciones de auto nivelación Jalador plano para recubrimientos	
Si el equipo de aplicación en específico enlistado arriba, no está disponible, se puede sustituir por el equipo equivalente.	
COATINGS SRL Una Subsidiaria de The Sherwin Williams Co	



**ControlTech
Tanklining
Containment
Corrosion Control
Coatings**

7.5 COR-COTE HCR FF

FLAKE FILLED NOVOLAC EPOXY

BOLETIN DE APLICACION

PROCEDIMIENTO DE APLICACION	RECOMENDACIONES								
Para instrucciones detalladas de instalación, refiérase a los procedimientos de instalación para el respectivo tipo de sistema Control Tech, Manual Técnico de Reparación. La preparación de la superficie, se debe completar como se indica. Instrucciones de Mezclado: Para aplicaciones de recubrimiento: Premezcle los componentes individuales separadamente, usando un taladro mecánico y un aspa Jiffy Blade modelo ES mixer a baja velocidad. Asegúrese de que no queden restos de pigmento en el fondo y los lados de la lata. Combine una parte por volumen de la Parte B con cuatro partes por volumen de la Parte A. Mezcle a baja velocidad con el taladro mecánico y el aspa Jiffy Blade modelo ES mixer por 3 minutos hasta que la mezcla se vea completamente uniforme. Para asegurarse que no hayan quedado materiales no mezclados en los lados y en el fondo de las latas después de mezclar, cheque de cerca el contenedor y vacíe el material en un contenedor separado. La apariencia jaspeada o rayada, son indicadores de una mezcla incorrecta. Aplique la pintura al espesor de película y rendimiento recomendados como se indica a continuación: Espesor de Aplicación Recomendado por capa: Espesor Húmedo : 15.0 - 20.0 Espesor Seco : 15.0 - 20.0 Rendimiento: 1.95 - 2.45 m²/lt Tiempo de Secado a 15.0 espesor húmedo; 23°C y 50% RH. Al Tacto: 6 horas Para repintar: mínimo: 8 horas máximo: 24 horas Para curar: 7 días Si excede el tiempo de recubrimiento máximo, lije la superficie antes de repintar. El tiempo de secado depende de la temperatura, la humedad y el espesor de la película <table><tr><td>Vida de la mezcla:</td><td>10°C</td><td>23°C</td><td>32°C</td></tr><tr><td></td><td>35 minutos</td><td>15 minutos</td><td>10 minutos</td></tr></table> Tiempo de Inducción: No se requiere La aplicación del recubrimiento por arriba del máximo o por debajo del mínimo espesor de aplicación recomendado podría afectar adversamente el desempeño del recubrimiento.	Vida de la mezcla:	10°C	23°C	32°C		35 minutos	15 minutos	10 minutos	Para concreto, siempre realice la prueba de humedad con Cloruro de Calcio de acuerdo con ASTM F 1869. No proceda con emisiones de vapor mayores a 3lbs. Para acero, Recubra en franjas todos los chaflanes, soldaduras, conexiones metálicas y ángulos agudos para prevenir una falla prematura en estas áreas. La vida de la mezcla en este material es corta. Se puede extender el tiempo de trabajo mezclando pequeñas cantidades y sacando el material de los contenedores mezclados y colocándolo en la superficie que se va a trabajar al espesor de película deseado lo más rápido posible. El rendimiento se calcula en base al volumen de sólidos y no incluye el factor de pérdida en la aplicación debido al perfil de la superficie, rugosidad o porosidad de la superficie, la habilidad y técnica del aplicador, método de aplicación, varias irregularidades de la superficie, pérdida de material durante la mezcla, derrame, sobre adelgazamiento, condiciones climáticas, y espesor excesivo de la película. Para aplicación por inmersión: Haga la prueba de continuidad de película con chispa antes de aplicar la capa final, de acuerdo con ASTM D5162 para acero o ASTM D4787 para concreto. Aplique el voltaje de acuerdo con las recomendaciones del fabricante. Se recomienda el uso de Corobond Conductive Epoxy Aplice el primer en concreto con el fin de proporcionar un acabado conductivo uniforme bajo la película. Repare los puntos de alfileres encontrados antes de aplicar la capa final. Cor-Cote HCR FF, se puede decolorar con el paso del tiempo y no se intenta que sea utilizado como un recubrimiento decorativo. Consulte a su representante Sherwin-Williams para aplicaciones específicas y recomendaciones de desempeño. Refiérase a la hoja de información del Producto para características y propiedades de desempeño adicionales.
Vida de la mezcla:	10°C	23°C	32°C						
	35 minutos	15 minutos	10 minutos						
INSTRUCCIONES DE LIMPIEZA	NOTAS IMPORTANTES								
Limpie los derrames y salpicaduras inmediatamente con el Reductor #54, R7K54. Limpie las herramientas inmediatamente después de usar con el Reductor #54, R7K54. Siga las recomendaciones de seguridad del fabricante cuando utilice cualquier solvente.	*Dado que no tenemos control sobre las condiciones de aplicación o servicio de los productos, no aceptamos responsabilidad alguna por los resultados que pueden obtenerse en cada caso particular. En ningún caso el fabricante podrá ser responsabilizado por daños incidentales o consecuentes, que puedan derivarse del uso inadecuado del producto. Recomendamos consultar folleto sobre Normas de Seguridad personal e industrial en el trabajo con pinturas. + Esta información técnica reemplaza todas las publicaciones anteriores.								
COATINGS SRL Una Subsidiaria de The Sherwin Williams Co									

Figura C 4.

Hoja Técnica de Pelseal 2112

*Fluoroelastomer Adhesives,
Coatings, Sealants, and Caulk*

TECHNICAL DATA**Pelseal® 2112****General Information:**

- Liquid Fluoroelastomer, Caulk, Sealant, Adhesive
- Solvent-Borne
- Two Component
- Acceleration Ratio (by weight) = 2:1

Typical Values:

Color:	Black
Viscosity (cps):	500,000
Weight Solid (%):	65.0
Volume Non-Volatile (%), ASTM D-2697:	45.0
Density (lb./gallon):	10.7
Specific Gravity (Water = 1):	1.28
Tensile Strength (psi), ASTM D-2370 (Post Cure):	1,200
Elongation (%), ASTM D-2370 (Post Cure):	250
Theoretical Coverage (sq. ft. / mil / gallon):	721
Theoretical Coverage (cubic inches / gallon):	104
Operating Temperature:	-40° F to 400° F, with excursions to 500° F

Pelseal® is a registered trademark of Pelseal® Technologies, LLC

Disclaimer: Information and suggestions supplied by Pelseal® Technologies, LLC ("Pelseal"), whether in published literature or otherwise, including samples, are based on technical data that Pelseal believes to be reliable. Such information and suggestions are supplied without charge and their use, and the use of Pelseal's products, are beyond Pelseal's control. Pelseal's products, information and suggestions are intended for use by persons having technical skill and know-how in the industry. Such persons are responsible, at their sole discretion and risk, to satisfy themselves regarding the suitability of Pelseal's products, information and suggestions for their particular use and circumstances. Any handling precaution information is given with the understanding that those using it will satisfy themselves that their particular use conditions present no health or safety hazards. **Warranty:** For a period of one (1) year from the certification date listed on Pelseal's products, Pelseal certifies that the products meet Pelseal's specifications in effect as of such certification date. Pelseal shall not be responsible for any failure arising out of, and this limited warranty shall be rendered null and void by, any one or more of the following: (i) Pelseal is not paid in full in Newtown, Pennsylvania for the products purchased by buyer, (ii) buyer or any end-user does not cooperate with Pelseal's reasonable investigation of any alleged non-conforming product, or (iii) damage in transit, abuse, misuse, improper maintenance, acts of nature, accidents (e.g. dropping the product), alteration of the product or causes beyond Pelseal's reasonable control. In the event that any Pelseal product is not as expressly warranted above, Pelseal will, at its sole option, either allow credit or replace such non-conforming product if such product is returned by buyer to Pelseal, freight prepaid. **OTHER THAN THE WARRANTY SET FORTH ABOVE, PELSEAL MAKES NO OTHER WARRANTIES OR REPRESENTATIONS OF ANY KIND, EXPRESS OR IMPLIED, AS TO THE CONDITION, DESCRIPTION, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE, MERCHANTABILITY, OR AS TO ANY OTHER MATTER. PELSEAL SHALL NOT BE LIABLE OR RESPONSIBLE FOR ANY CONSEQUENTIAL, INDIRECT, INCIDENTAL, PUNITIVE OR SPECIAL DAMAGES.**

401 Lafayette Street, Newtown PA, 18940 USA

Questions? Visit us at: www.pelseal.com Or call (215)-497-1088

fx (215)-245-7606 e-mail: sales@pelseal.com

Rev:1/1/2008