

## COMO CONTROLAR LA CALIDAD DE LA REPARACIÓN DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO EN LA FASE DE EJECUCIÓN... GUÍA ORIENTADORA

Dra. Ing. María Ysabel Dikdan<sup>1</sup>, María de Los Ángeles Lanz<sup>2</sup>, Ana María Cortez<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Construcción, Decanato Ing. Civil, Universidad Centroccidental “Lisandro Alvarado”, e-mail: mydikdan@ucla.edu.ve

<sup>2</sup> Departamento de Construcción, Decanato Ing. Civil, Universidad Centroccidental “Lisandro Alvarado”, e-mail: m.angeleslanz@gmail.com

<sup>3</sup> Departamento de Construcción, Decanato Ing. Civil, Universidad Centroccidental “Lisandro Alvarado”, e-mail: anaxamen22@gmail.com

### RESUMEN

Investigaciones internacionales han permitido identificar que las causas de fallas en las obras nuevas se originan básicamente por errores de proyecto y construcción, similarmente ocurre en obras rehabilitadas, casos documentados de reintervenciones en obras reparadas así lo indican. La rehabilitación de estructuras de concreto armado, es una actividad compleja que exige un conocimiento profundo del comportamiento de los materiales y de las técnicas a emplear en el proceso. Realizar con éxito una intervención representa, en general, un desafío para los ingenieros y arquitectos, por las complejidades propias del área. Los errores en la ejecución de las intervenciones han inducido a los autores a elaborar una guía orientadora para establecer lineamientos que faciliten la ejecución del control de calidad en procesos de reparación de estructuras de concreto armado, que ayude a los profesionales encargados de las obras a atender los aspectos importantes para alcanzar el éxito. Para ello se ha realizado una investigación documental compilando procedimientos existentes y especificaciones de normas nacionales e internacionales, tales como, COVENIN, ACI, NACE, ASTM, UNE, la guía orientadora contiene un marco teórico básico de consulta, además de 20 procedimientos con ítems de verificación de la calidad y sus respectivos flujogramas; logrando así alcanzar el objetivo planteado para aquellos procedimientos más comunes en la intervención de estructuras de concreto armado.

**Palabras clave:** Guía, Control de Calidad, Reparación, Concreto Armado.

### INTRODUCCIÓN

Los errores constructivos generados en las diversas etapas de una obra (proyecto, ejecución, uso y/o mantenimiento) varían porcentualmente, según diversos estudios estadísticos realizados en diferentes países, tal como se muestra en la Tabla N°1, pero si se analizan las consecuencias finales en cualquier ubicación geográfica, se llega a un punto de congruencia de estos errores, como lo son las inversiones millonarias. “En los países más desarrollados, el coste de las intervenciones sobre edificaciones existentes está próximo a alcanzar el 50% de la inversión total en edificación” (Rio Bueno, 2008, p. 08). Todo ello para corregir las

anomalías generadas en el tiempo, es decir corregir los síntomas y daños perjudiciales a la estructura, recuperar condiciones de servicio y garantizar durabilidad en las mismas.

**Tabla N°1:** Etapas del procedimiento constructivo donde se generan las fallas en las estructuras y las manifestaciones predominantes en diferentes países.

PAÍS	N° DE CASOS	ETAPA DONDE SE GENERA LA FALLA (%)				MANIFESTACIÓN PREDOMINANTE (%)				
		PROYECTO	EJECUCIÓN	MATERIALES	USO/MANT.	NATURALES	FISURACIÓN	HUMEDADES	DESPRENDIMIENTO	OTRAS
BRASIL	527	18	52	7	13	—	—	—	—	—
ALEMANIA	1570	40	29	15	9	7	—	—	—	—
BÉLGICA	3000	49	24	12	8	7	13	30	16	—
DINAMARCA	601	37	22	25	9	7	—	—	—	—
FRANCIA	10000	37	51	5	7	—	59	18	12	11
R. UNIDO	510	49	29	11	10	1	17	53	14	16
RUMANIA	832	38	20	23	11	8	—	—	—	—
ESPAÑA	586	41	31	13	11	3	59	8	11	22
MEDIA EUROPEA	—	42	28	14	10	6	—	—	—	—

**Fuente:** Alfonso Rio Bueno, 2008

En consecuencia, las fallas en las estructuras de concreto armado inducen a la realización de proyectos de intervención los cuales son costosos y conllevan a explorar un nuevo campo de la ingeniería civil. Por esta razón, es conveniente tomar en cuenta el procedimiento adecuado en la construcción de la obra con el fin de evitar consecuencias posteriores. Según plantean Helene y Pereira (2003), “La rehabilitación de estructuras de hormigón armado, es una actividad compleja que exige un conocimiento profundo del comportamiento de los materiales y de las técnicas ejecutivas. Realizar con éxito una reparación, una protección o un refuerzo estructural representa, en general, un nuevo desafío para los ingenieros y arquitectos” (p. 2). Razón por la cual es mejor evitar las fallas que repararlas

Por consiguiente y debido a que existen diversos métodos y técnicas para las intervenciones de estructuras, según el sistema estructural (concreto, acero, mampostería armada, entre otros), las cuales requieren previamente un diagnóstico patológico y un proyecto de intervención, resulta indispensable conocer los métodos y ejecutarlos prolijamente. La reparación de estructuras de concreto armado, posee sus propios procedimientos y técnicas de ejecución, los cuales se han considerado en el desarrollo de este trabajo.

Por otra parte, se debe tener claro que la intervención de una obra, va más allá de la aplicación de los lineamientos establecidos en las cartas técnicas de los productos de reparación, de las corazonadas e intenciones y mucho más allá de decisiones vacías de conocimiento por parte de los ejecutores, para con la enfermedad que presenta la estructura. Es decir, se debe realizar una investigación exhaustiva para descifrar desde el inicio de la concepción de la obra, la razón de la aparición de los síntomas o la reaparición de estos en los diversos sistemas que la conforman, buscar las causas para aplicar así el tratamiento

correctivo ideal, es decir un estudio patológico óptimo; siendo este estudio, el determinante en la selección más idónea del sistema de reparación para la estructura.

A nivel internacional, se han realizado infinidad de reparaciones a estructuras de concreto armado, hasta incluso reintervenidas, es decir estructuras que han sido reparadas y posteriormente continúan con las fallas iniciales, requiriendo de nuevo una intervención. Investigaciones documentales sobre este tema, se han podido identificar a través de las memorias de congresos nacionales e internacionales, entre otros, que realiza la Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción (ALCONPAT), algunos de estos son publicados también a través de su revista electrónica. Por lo que al analizar las causas de las re intervenciones, se pueden asociar a ellas la falta de control de calidad de los proyectos de intervención, por falta de detalles y especificaciones y los errores cometidos durante la ejecución de las intervenciones, por lo que resulta interesante ofrecer información sobre los aspectos a considerar para el control de calidad de esta última fase de la intervención a fin de aminorar el desconocimiento y aumentar la probabilidad de éxito de los procesos.

## **6. CONTROL DE CALIDAD EN LA REPARACION DE OBRAS DE CONCRETO ARMADO**

La carencia informativa en los antecedentes de las estructuras, trabajos de reparaciones bajo personal no calificado, ni personal de supervisión, las diversas conceptualizaciones entre los responsables y las decisiones sin conocimiento alguno, hacen que sea conveniente la existencia en el área de la ingeniería civil, específicamente en el mundo de la patología de la construcción referida a la reparación de estructuras de concreto armado, de herramientas que puedan orientar el proceso de reparación, para así coadyuvar a aminorar los errores y asegurar la calidad intrínseca de ese proceso, razón por la cual se elabora una guía con orientaciones y lineamientos para el control de calidad durante el proceso de reparación de estructuras de concreto armado.

En tal sentido se identificaron los procesos existentes para reparar estructuras de concreto armado, se diseñaron herramientas para orientar el proceso y verificar la calidad proyectada en la reparación. Con todo ello se diseñó una guía orientadora, que permita ejecutar las actividades de control de calidad de los procedimientos más comunes utilizados en la preparación y limpieza de superficie, en el métodos de reparación y en los ensayos de verificación de calidad del trabajo realizado, considerando exclusivamente las reparaciones con material cementante y epóxico.

### **6.1 Definiciones**

#### **Control de calidad**

Calavera (1988) establece que es el conjunto de actividades que se desarrollan antes, durante y después de la construcción de la edificación, con el objeto de verificar que los niveles de calidad previstos en el proyecto cumplen con la normativa vigente, y que los alcanzados durante la ejecución cumplen lo especificado en el proyecto.

Se conoce que la norma COVENIN 1753-2006 establece lineamientos principales que deben ser considerados con base a otras normas para realizar el controles de calidad en las obras de concreto armado, refiriéndose a los procesos de control intrínsecos de la mezcla de concreto, ya sea de los materiales componentes, a la relación agua/cemento, al acero, entre otros, por lo que, el control de calidad que se planteó en este trabajo, consistió en el establecimiento de una serie de procedimientos que deben ser ejecutados durante el proceso de reparación (limpieza de superficie, preparación de superficie, aplicación de métodos) que puedan acercar los resultados al éxito, considerando entre ellos la realización de ensayos al término de la reparación y posterior procedimiento de curado de esta, a fin de calificar de correcta o incorrecta la reparación y liberar el proceso o reprobalo, según sea el caso.

### **Reparación**

Según Helene & Pereira (2003), es la acción de reparar o corregir materiales componentes de elementos de una estructura deteriorada, dañada o defectuosa. Cuando la degradación ha afectado al elemento estructural, se debe plantear una reparación en la zona afectada, para recuperar sus condiciones iniciales. La complejidad e importancia de estas acciones puede resultar muy variable, en función de las características del elemento, de su ubicación y de su estado de deterioro.

### **Objetivos de la reparación**

- ✓ Restaurar la seguridad y capacidad de la estructura restableciendo las propiedades previstas en el diseño y corrigiendo los vicios de su construcción o uso.
- ✓ Conferir atributos de durabilidad compatibles con la importancia de la estructura, el medio y la vida útil. (Helene & Pereira, 2003).

### **Proceso de reparación**

La selección de los materiales y la técnica de corrección a ser empleada dependen del diagnóstico del problema, de las características de la zona a ser corregida y de las exigencias de funcionamiento del elemento que va a ser objeto de la corrección.

Una vez definida la técnica de reparación empleada y cualquiera que sea esta, la misma debe cumplir una serie de etapas similares en todas ellas. Así previamente a la actuación propiamente dicha es necesario identificar la zona dañada, eliminar si corresponde, dicha zona o parte de la misma y preparar la superficie o zona para la actuación posterior

### **1.2 Principales pasos en la reparación**

Se indican a continuación y se presentan los conceptos o definiciones.

**1.2.1 Preparación de la superficie:** Es el conjunto de procedimientos que se deben realizar a los miembros estructurales antes de la limpieza de la superficie y de la colocación del nuevo material. Las zonas a reparar y en particular, las superficies de contacto, deben tratarse adecuadamente a fin de maximizar la vinculación entre ellos, para evitar fallas por falta y/o inadecuada adherencia.

**1.2.2 Limpieza de la superficie:** Conjunto de procedimientos realizados luego de preparar la superficie con la técnica más idónea, para que pueda ser aplicado el producto de reparación o concreto, eliminando polvo y restos de material contaminante.

**1.2.3 Aplicación de los métodos de reparación:** Se basa en una serie de técnicas empleadas sobre la estructura de concreto armado, puede ser en forma aislada al concreto o al acero, con la finalidad de recuperar sus condiciones de servicio. Estas técnicas, son fundamentales para la terminación final de la reparación. Su correcta aplicación garantiza una parte del éxito de la reparación. Los métodos están conformados por tratamiento al acero de refuerzo y tratamiento al concreto.

**1.2.4 Garantía de adhesión con la superficie:** mediante la realización de ensayos y pruebas confirmatorias una vez colocados los materiales de reparación sobre el sustrato existente.

**1.2.5 Protección y mantenimiento:** mediante la aplicación de procedimientos y materiales de curado y protección superficial contra las elementos del ambiente que afecten al material de reparación.

## 7. DESARROLLO DEL TRABAJO

Para poder establecer los lineamientos que permitan verificar las actividades de control de calidad en procesos de reparación de estructuras de concreto armado, fue necesaria la revisión exhaustiva de la historia del arte de los procesos más comúnmente utilizados, los cuales se han obtenido de las normas vigentes en el nacional e internacionalmente, entre las que se encuentran la Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN), la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), American Concrete Institute (ACI), American Society for Testing Materials (ASTM), International Concrete Repair Institute (ICRI), International Organization for Standardization (ISO). Adicionalmente se revisó la literatura existente sobre el tema, con lo cual se pudo fundamentar la guía orientadora que facilita el establecimiento y ejecución de las actividades de control de calidad en este tipo de reparaciones. Desde el punto de vista teórico, la guía permite reconocer y describir las actividades que se deben realizar y como ejecutarlas en tres momentos vitales del proceso: antes, durante y después de la reparación.

**7.1 Identificación de los procesos existentes para reparar estructuras de concreto armado:** Se tienen en primera instancia los procesos relacionados a la preparación y limpieza de la superficie, fundamentales para el éxito del resultado final y seguidamente se tienen los métodos de reparación y tipos de tratamientos según sea la causa del problema.

**2.1.1 Preparación de la superficie:** Consiste en eliminar el material suelto, contaminado o dañado hasta llegar a material compacto, firme, sano y con la condición de rugosidad requerida según el material a utilizar para la reparación, se emplean los diferentes métodos según el tipo de miembro, el área afectada y el tratamiento a aplicar, tales como: escarificación manual, escarificación mecánica, disco de desbaste, chorro de granalla, lijado

manual, lijado eléctrico, cepillado manual, chorro de arena proyectada, chorro de arena proyectada húmeda, disco de corte, remoción de aceites y grasas impregnadas, máquina de desbaste superficial

**2.1.2 Limpieza de superficie:** Se aplica después de la preparación de la superficie y antes de la colocación de los materiales a fin de eliminar material suelto, polvo, grasas y cualquier contaminante que impida la adherencia entre el sustrato existente y el nuevo material de reparación. Se utilizan tratamientos con chorro de agua fría a alta presión, chorro de agua caliente a alta presión, chorro de agua caliente a baja presión, vapor, chorro de aire comprimido a presión, lavado con soluciones ácidas, lavado con soluciones alcalinas, remoción de aceites y grasas superficiales y saturación con agua.

**2.1.3 Métodos de reparación:** se establecen tres tipos de métodos de reparación: reparación superficial, reparaciones profundas y reparaciones por corrosión, en ellos puede ser necesario aplicar tratamientos al acero de refuerzo y/o al concreto, siendo los más comunes los que se indican a continuación:

- **Tratamiento del acero de refuerzo:** Traslape de Acero.
- **Tratamiento al concreto:** vaciado de material para reponer espesor de concreto removido, inyección de fisuras y grietas (por gravedad o a presión), proyección de concreto, proyección de mortero, aplicación manual de mortero.

**2.1.4 Ensayos de comprobación:** a fin de verificar la calidad del procedimiento una vez ejecutada la reparación se realizan ensayos normalizados, entre ellos están: resistencia a la compresión del concreto fresco, extracción de núcleos de concreto, resistencia a la compresión de morteros, prueba de adherencia uniaxial (Pull off), prueba de adherencia (Pull out), ultrasonido, pachometria.

**7.2 Descripción detallada de cómo realizar cada actividad intrínseca del proceso de reparación:** se describen de manera detallada los pasos de los ítems de los métodos más comunes de preparación superficie, limpieza de superficie, métodos de reparación y ensayos de comprobación, cuyo producto final arrojó:

- 1 Planilla de chequeo (check list) de actividades antes del inicio del proceso de reparación.
- 8 Planillas de verificación de la calidad y 8 flujogramas de control para métodos de preparación de superficie.
- 4 Planillas de verificación de la calidad y 4 flujogramas de control para métodos de limpieza de superficie.
- 6 Planillas verificación de la calidad y 6 flujogramas de control para métodos de reparación.
- 4 Planillas verificación de la calidad y flujogramas de control para los ensayos de comprobación.

**7.3 Diseño de las herramientas de control a través de planillas de verificación de la calidad y sus respectivos flujogramas de control:** para orientar el proceso y verificar la calidad de forma fácil y rápida, se indican en forma resumida, práctica y didáctica el chequeo de cada uno de los procedimientos de la reparación, por lo que, el encargado del control de calidad llevará sus registros de cada paso realizado en el proceso, sirviendo de guía acerca de los criterios normados que se deben considerar durante el proceso.

**7.4 Conformación de la guía orientadora para el control de calidad en reparaciones de estructuras de concreto armado:** es decir, mediante el ensamble del marco teórico básico, más el conjunto de herramientas prácticas, establecidas en las planillas de verificación y flujogramas de control.

## 8. RESULTADOS

El diseño del manual se estructura organizando la información con un índice de las partes que lo componen, una introducción, un glosario de términos y un listado de siglas/acrónimos. Posteriormente se desarrollan las actividades, describiéndolas según las etapas del proceso.

**3.1 Fase A:** aquellas referidas a las actividades que se ejecutan “Antes” de la reparación estableciendo los aspectos previos a verificar, los cuales se describen a continuación:

- **Zona a intervenir:** se refiere a toda el área de acceso y circundante al miembro a reparar, el cual deberá estar libre de obstáculos, limpio, con suficiente iluminación, ventilación, con servicios (electricidad y agua).
- **Herramientas y equipos:** según la etapa de reparación (limpieza, preparación, aplicación de método) estos deberán cumplir con las características técnicas requeridas, exigencias del proyecto y funcionar de forma adecuada para aminorar los riesgos de paralización del proceso y accidentes laborales.
- **Materiales y productos:** los respectivos materiales a usar deberán cumplir las características técnicas requeridas, así mismo se debe chequear y registrar fecha de vencimiento, lugar de almacenamiento y las condiciones de este según las cartas técnicas. Es importante tomar en cuenta las recomendaciones de los fabricantes o las normativas en el caso de los materiales (aditivos, epoxis, cemento, agregado, agua de mezclado, acero, Grouts, etc.)
- **Personal y cuadrillas de trabajo:** toda persona involucrada en la ejecución de cualquiera de las etapas de la reparación debe tener conocimiento de las actividades y técnicas a emplear y del manejo de los equipos herramientas, materiales y productos. Así mismo, debe conocer y cumplir con las normas de higiene y seguridad laboral.

**3.2 Fase B:** Esta fase se establecen las instrucciones generales de las diversas actividades a realizar en las etapas del proceso de reparación, necesarios para el conocimiento de todo profesional antes de emprender los procesos de reparación, sirven de complementos

teóricos a las hojas de los procedimientos de verificación de calidad, así como a los flujogramas de control. En esta fase se establecen también las actividades necesarias antes de la preparación y limpieza de la superficie tales como: identificación y delimitación del área a intervenir, y las actividades en cada tipo de proceso de reparación y finalmente los ensayos de comprobación.

Se diseñaron las planillas de control con la información procedimental y normativa establecida por cada método. A título ilustrativo se muestra en la Figura 1 la Planilla de Verificación de Actividades Preliminares que se deben realizar en la Fase “A” del proceso, como se puede observar se establecen todos los aspectos a considerar antes de la reparación

LOGO  
EMPRESA

COD.: C-01

**PLANILLA DE VERIFICACIÓN DE CALIDAD**

---

FASE A

**ACTIVIDADES PRELIMINARES  
CHECK LIST**

OBRA:		FECHA:	
LUGAR DE LA OBRA:		ESTADO DEL TIEMPO:	
TIPO DE ELEMENTO:	UBICACIÓN:	# DE INTERVENCIÓN:	
PREPARACIÓN PREVIA:			
	PROCEDIMIENTO DE CONTROL	S / I / NA	OBSERVACIONES
<b>I ZONA A INTERVENIR</b>			
1.	¿Esta libre de obstáculos? Limpio desmalezado		
2.	¿Se encuentra limpio?		
3.	¿Posee suficiente iluminación y ventilación? ¿podría leer letras de un periódico fácilmente?		
4.	¿Existen conectados los servicios (agua blanca, aguas servidas, electricidad 110/220)?		
5.	Si el trabajo es al aire libre, ¿Cuenta con instalaciones provisionales para resguardo de los equipos y personal del sol y lluvia?		
6.	¿Presenta condiciones seguras para el trabajo?		
<b>II HERRAMIENTAS Y EQUIPOS</b>			
7.	¿Cuenta con todas las herramientas y equipos necesarios?		
8.	¿Funcionan los equipos adecuadamente?		
9.	¿Las herramientas están en condiciones apropiadas?		
10.	¿Amarró el equipo/herramienta estableciendo medidas de seguridad para el operador? Si es así, indicar la medida.		
11.	¿Está determinado el medio para el traslado y utilización de los equipos en el área de trabajo?		
<b>III MATERIALES Y PRODUCTOS</b>			
12.	¿Tiene el material necesario en el sitio de trabajo o depósito?		
13.	¿Tiene el producto/material certificado de calidad?		
14.	¿El área de almacenamiento cumple con los requerimientos según materiales o productos?		
15.	¿Tiene establecido un sistema para el control en almacén?		
16.	¿Se lleva un control de fechas de vencimiento de productos?		
17.	El material/producto ¿cumple con las especificaciones del proyecto?		
<b>IV PERSONAL Y CUADRILLAS DE TRABAJO</b>			
18.	¿Se realizó capacitación del personal de ejecución en cuanto a las actividades de las etapas de la reparación? (limpieza, preparación, aplicación de métodos)		
19.	¿El personal a trabajar es apto para las actividades a ejecutar?		
20.	¿Tienen experiencia con el uso y manejo de herramientas, equipos y productos de reparación?		
21.	¿Conocen los riesgos y los análisis seguro de trabajo de las actividades a ejecutar?		

CONTRATANTE	CONSTRUCTORA	INSPECCION
Nombre:	Nombre:	Nombre:
Firma y sello:	Firma y sello:	Firma y sello:

**Figura 1:** Planilla de Verificación de Actividades Preliminares

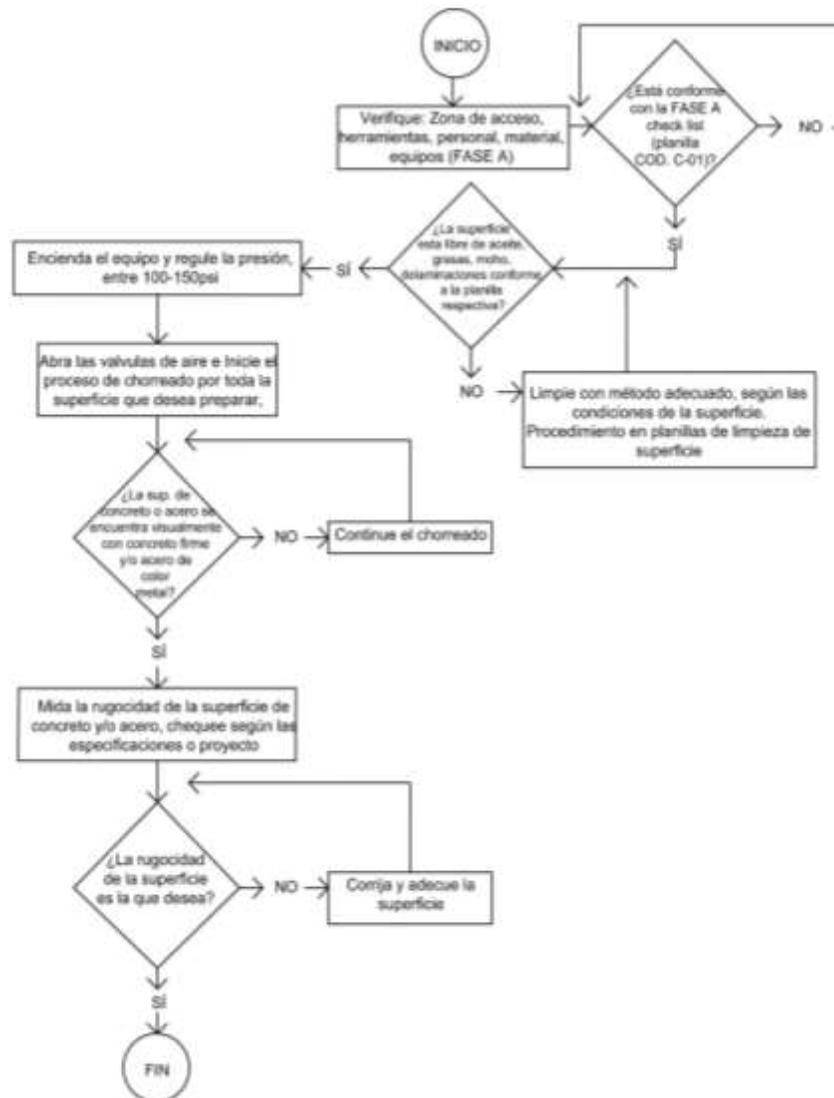
En la Figura 2 se muestra una planilla de las actividades de la fase “B” correspondiente a una de las actividades de preparación de superficie, en este caso Chorro de Arena

LOGO EMPRESA		PLANILLA DE VERIFICACIÓN DE CALIDAD		COD.: PS-03			
<b>FASE B</b>							
<b>PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE CHORRO DE ARENA</b>							
OBRA:		FECHA:					
LUGAR DE LA OBRA:		ESTADO DEL TIEMPO:					
TIPO DE ELEMENTO:		UBICACIÓN:		# DE INTERVENCIÓN:			
PREPARACIÓN PREVIA: Limpieza de superficie, libre de grasas, aceites contaminantes, etc.							
<b>PROCEDIMIENTO DE CONTROL</b>				<b>S</b>	<b>I</b>	<b>N/A</b>	<b>OBSERVACION</b>
1. Verifique la conformidad de planilla COD. C-01 (check list) fase A de las instrucciones generales (zona, herramientas, equipos, materiales, personal).							
2. Identifique el área a preparar, mediante inspección visual.							
3. Delimita el área a intervenir con tiza o marcador, paralelamente a la actividad 2, marcando con un martillo.							
4. Encienda el compresor, y regule la presión de descarga (100 a 150 psi).							Presión usada:
5. Abra las válvulas de aire hacia la boquilla de limpieza, e iniciar el proceso de la parte metálica hasta obtener metal blanco (SSPC-5)							
6. Mueva ordenadamente la boquilla de arriba hacia abajo con movimientos lentos sobre una pequeña área hasta dejarla limpia.							
7. Verifique que la superficie de concreto o acero, según lo que este interviniendo, haya quedado limpia libre de aceite, grasas, productos de corrosión, delaminaciones, óxido, corrosión.							
8. Mida y cheque el perfil anclaje de la superficie <sup>4,6</sup>							Perfil según: Visualización ( ) Uso de instrumento ( ) Número del instrumento:
<b>PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD ASOCIADAS AL PROCEDIMIENTO</b>		Perfil de anclaje concreto, Apéndice A, NACE No.6/ SSPC-SP 13					
		Presión del chorro, Nace 5 SSPC- SP 12.					
<b>PRUEBA DE CONTROL DEL PROCEDIMIENTO TERMINADO</b>		Superficie: ISO 8503-1:2012 (Tipos de comparador para inspección visual y al tacto) ASTM D 4285-88 prueba de aceites y grasas Nace 3 SSPC- SP 6, apariencia aceptable					
<b>RECOMENDACIONES</b>		<ol style="list-style-type: none"> <li>Mantener una buena iluminación en los lugares interiores que se realizan la preparación.</li> <li>Si prepaa superficie de concreto por daños fríos superficiales, efectuar perfilado de los bordes mecánicamente o manualmente del área delimitada, según planillas respectivas y verifique caída si fuese necesario. No solaparse la profundidad que desea preparar.</li> <li>La presión usada deberá ser monitoreada, y fijada según las especificaciones normativas. Una presión mayor a la especificación puede remover una mayor cantidad de volumen de superficie.</li> <li>El medio más apropiado para limpiar a metal blanco con una boquilla de 3/8" y con un aparato experimental es de 15ml por hora.</li> <li>La medición del perfil de anclaje para cualquiera de las condiciones (concreto, acero) será mediante dispositivos de medición, o como las partes encargadas hayan acordado, siguiendo las recomendaciones de las normativas.</li> <li>El abrasivo a utilizar en el caso del concreto, debe ser más grueso que el utilizado para la superficies metálicas. Se recomienda una granulometría malla 8-10.</li> <li>El operador y ejecutores deberán tener todos los implementos de seguridad necesarios para el uso de equipo granulada, según las recomendaciones de seguridad del equipo.</li> <li>Proteger con plásticos o sacar del lugar de trabajo las máquinas existentes por la posibilidad de daño en los motores y otros elementos de accionamiento hidráulicos.</li> </ol>					
		<b>CONTRATANTE</b>		<b>CONSTRUCTORA</b>		<b>INSPECCION</b>	
		Nombre:		Nombre:		Nombre:	
		Firma y sello:		Firma y sello:		Firma y sello:	

**Figura 2:** Planilla de verificación de preparación de superficie con Chorro de arena

En la Figura 3 se muestra un diagrama de flujo de una actividad de la fase “B” correspondiente a una de las actividades de preparación de superficie, en este caso Chorro de Arena

LOGO EMPRESA	FLUJOGRAMA DE CONTROL DE CALIDAD	CODIGO PS-03
FECHA _/_/	PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE CHORRO DE ARENA	FASE B



**Figura 3:** Diagrama de flujo del método de preparación de superficie con Chorro de Arena. En la Figura 4 se muestra la planilla de una de las actividades de la fase “B” correspondiente a una de las actividades de verificación de la calidad, en este caso prueba de Pull -Off.

LOGO  
EMPRESA

PLANILLA DE VERIFICACIÓN DE CALIDAD COD

EC- 01

**ENSAYOS DE COMPROBACION  
PULL-OFF**

OBRA:		FECHA:			
LUGAR DE LA OBRA:		ESTADO DEL TIEMPO:			
TIPO DE ELEMENTO:	UBICACIÓN:	# DE INTERVENCIÓN:			
MÉTODO DE REPARACIÓN APLICADO:					
<b>PROCEDIMIENTO DE CONTROL</b>					
		<b>S</b>	<b>I</b>	<b>N/A</b>	<b>OBSERVACION</b>
1.	Verifique la conformidad de planilla COD, C-01 (checklist) fase A de las instrucciones generales (zona, herramientas, equipos, materiales, personal).				
2.	Delimite y prepare el área de ensayo, debe quedar perfectamente limpia de cualquier residuo que pueda entorpecer la posterior adherencia del disco de prueba, cheque planillas de limpieza según las condiciones presentes.				
3.	Ranure o semiperfore con una broca hueca de corona de diamante el área de prueba (en donde se fijará posteriormente el disco de prueba). La perforación debe ser ligeramente mayor al disco (ver dibujo anexo); la profundidad de la perforación deberá ser mínimo de 1.5 cm. <sup>3</sup>				<b>Profundidad de Perforación:</b>
4.	Coloque el disco sobre la superficie del concreto usando una resina epoxica. <sup>3,6</sup>				<b>Nombre de productos usados: Puente adherente:</b>
5.	Espera que seque el material de adherencia según carta técnica del producto.				
6.	Coloque el inserto o perno roscado del equipo al disco de "Pull Off".				
7.	Conecte el equipo de "Pull Off", antes del inicio de la prueba				
8.	Inicie la prueba de "Pull Off", y cuantifique la tensión directa aplicada al disco para desprenderlo del elemento al que había quedado adherido.				<b>Tensión Aplicada:</b>
9.	Verifique que la falla se produzca completamente en el área de contacto entre el disco y la superficie de concreto/mortero.				
10.	Determine y concluya el tipo de falla (ver anexo)				<b>Tipo de falla:</b>
<b>NORMATIVA QUE RIGE EL PROCEDIMIENTO</b>		ASTM 4541			
<b>RECOMENDACIONES</b>		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Seguir las especificaciones del fabricante del equipo para los espesores de arranque deseados</li> <li>2. La superficie debe estar seca.</li> <li>3. De acuerdo a la cinemática y las características de cada ensayo en particular, será posible invertir el orden de los pasos 2 y 3; o sea semiperforar alrededor del disco de prueba ya adherido, quedando este como una gusa de perforación.</li> <li>4. Disco generalmente posee un diámetro de 2 pulgadas. Chequee la carta técnica del equipo.</li> <li>5. Este material de adherencia debe ser de elevada resistencia y fraguado rápido, pudiendo llegar a valores de resistencia a la tensión de alrededor de 10 MPa cuando está completamente curado.</li> <li>6. Por lo general el endurecimiento demora de 2 a 5 minutos.</li> <li>7. Ubicar el acero de refuerzo para evitar distorsiones en el ensayo.</li> <li>8. Se debe tener cuidado si existe poco recubrimiento del elemento</li> <li>9. La distancia de separación entre las posibles puntos de prueba será la distancia necesaria para acomodar el aparato.</li> <li>10. Se deben tomar al menos 3 pruebas</li> </ol>			

LEYENDA: S= Satisfactorio I= Insatisfactorio N/A= No Aplica.

<b>CONTRATANTE</b>	<b>CONSTRUCTORA</b>	<b>INSPECCION</b>
Nombre:	Nombre:	Nombre:
Firma y sello:	Firma y sello:	Firma y sello:

**Figura 4:** Planilla de verificación de la calidad. Ensayo de Pull-Off

## 9. CONCLUSIONES

- 9.1 La creación de la guía orientadora es un documento de consulta, que ayuda a los profesionales y estudiantes interesados en las reparaciones de estructuras de concreto armado a encontrar información accesible, precisa, teórica práctica, compilada de textos y especificaciones de normativas nacionales e internacionales.
- 9.2 Por otra parte en el diseño de las planillas y diagramas de flujo, se presentan los elementos componentes de la información que debe ser documentada en todo proceso donde se controle la calidad de tal manera de demostrarla y poder realizar la trazabilidad del proceso
- 9.3 Así mismo, la guía orientadora unifica criterios en las obras de reparación y con ello se alcanzan resultados homogéneos, ayuda en la planificación de las fases de concepción, ejecución y/o mantenimiento.
- 9.4 Para que una reparación tenga éxito, no solo debe ser ejecutada respetando un buen proyecto, elaborado a partir de un diagnóstico patológico acertado, sino que además el equipo técnico responsable de la ejecución de las actividades debe saber exactamente lo que va a hacer y como lo va a hacer, para lo cual resulta muy valioso contar con la información compilada en este manual y establecer un proceso de estudio y capacitación del personal artesano antes del inicio del trabajo.

## 10. REFERENCIAS

Helene, P., & Pereira, F. (2003). Rehabilitación y mantenimiento de estructuras de concreto. Recuperado de [http://es.scribd.com/doc/35762562/Manual-Rehabilitacion-de-Estructuras-Hormigon-Reparacion-Refuerzo#force\\_seo](http://es.scribd.com/doc/35762562/Manual-Rehabilitacion-de-Estructuras-Hormigon-Reparacion-Refuerzo#force_seo)

International concrete repair institute (ICRI) (1995). Guide for Selecting Application Methods for the Repair of Concrete Surfaces. ICRI Guideline No. 03730, 1-8.

International concrete repair institute (ICRI) (1996). Guide for Selecting Application Methods for the Repair of Concrete Surfaces. ICRI Guideline No. 03731, 1-10.

Porrero, J. (2003). Manual del concreto estructural. Venezuela, Caracas: Sidetur

Rio Bueno, A. (2008). Patología, reparación y refuerzo de estructuras de hormigón armado de edificación. Madrid: E.T.S. Arquitectura (UPM).