

**PROYECTO DE GRADO:**  
**ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO Y LA CONFIABILIDAD DEL  
DETECTOR DE BARRAS DE REFUERZO**

**SERGIO ANDRÉS DÍAZ CARDOZO  
JESÚS ANTONIO RODRÍGUEZ VELASCO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
BUCARAMANGA  
2008**

**PROYECTO DE GRADO:**  
**ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO Y LA CONFIABILIDAD DEL  
DETECTOR DE BARRAS DE REFUERZO**

**SERGIO ANDRÉS DÍAZ CARDOZO  
JESÚS ANTONIO RODRÍGUEZ VELASCO**

**TÍTULO A OBTENER:**  
**INGENIERO CIVIL**

**DIRECTOR:**  
**Ph.D.-M.Sc. GUSTAVO CHIO CHO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
BUCARAMANGA  
2008**

## ***ÍNDICE DE CONTENIDO***

<b>1 Preliminares.....</b>	<b>1</b>
1.1 Presentación.....	2
1.2 Introducción general.....	4
1.3 Objetivos .....	7
1.3.1 Objetivo General.....	8
1.3.2 Objetivos Específicos.....	8
1.4 Sinopsis .....	9
<b>2 Generalidades y razón de ser de la tesis.....</b>	<b>11</b>
2.1 El contexto del problema .....	12
2.2 El problema .....	14
2.2.1 Introducción.....	15
2.2.2 El recaudo de la información preliminar .....	16
2.2.3 Las dificultades .....	18
2.3 Las alternativas de solución.....	20
2.3.1 Introducción.....	21
2.3.2 Métodos destructivos .....	22
2.3.3 Métodos no destructivos .....	23
2.4 El enfoque de la tesis .....	24
<b>3 El Dispositivo.....</b>	<b>26</b>
3.1 Descripción general .....	27
3.1.1 Unidad Básica .....	28
3.1.2 Funcionamiento y características elementales del sistema .....	29
3.1.3 Modo de operación.....	30
3.2 Aplicaciones.....	32

3.2.1	Funcionalidades .....	33
3.2.2	Ventajas y desventajas .....	34
<b>4</b>	<b>Ensayos de Detección .....</b>	<b>35</b>
4.1	Preámbulo .....	36
4.1.1	Introducción.....	37
4.1.2	Alcance .....	38
4.2	Las Probetas de ensayo .....	39
4.2.1	La Idealización.....	40
4.2.2	La Materialización.....	42
4.3	El procedimiento de sondeo.....	44
4.4	Resultados de los sondeos .....	47
4.4.1	Resultados particulares del rango alto de medición .....	48
4.4.2	Resultados particulares del rango bajo de medición .....	51
4.5	Análisis de resultados .....	53
4.5.1	Estudio de registros de diámetro en rango alto de medición .....	55
4.5.1.1	Análisis del espesor de recubrimiento como fuente de error .....	55
4.5.1.2	Análisis del tamaño del diámetro como fuente de error .....	58
4.5.1.3	Distribución del error y confiabilidad observada.....	62
4.5.2	Estudio de registros de diámetro en rango bajo de medición.....	74
4.5.2.1	Análisis del espesor de recubrimiento como fuente de error .....	74
4.5.2.2	Análisis del tamaño del diámetro como influencia de error .....	77
4.5.2.3	Distribución del error y confiabilidad observada.....	81
4.5.3	Estudio de registros de recubrimiento en rango alto de medición .....	82
4.5.3.1	Análisis del tamaño del diámetro como fuente de error .....	82
4.5.3.2	Análisis del espesor de recubrimiento como fuente de error .....	86
4.5.3.3	Distribución del error y confiabilidad observada.....	91
4.5.4	Estudio de registros de recubrimiento en rango bajo de medición .....	92

4.5.4.1	Análisis del diámetro medido de la barra como influencia del error .....	92
4.5.4.2	Análisis del espesor de recubrimiento como fuente de error.....	96
4.5.4.3	Distribución del error y confiabilidad observada.....	100
4.6	Conclusiones y observaciones.....	101
4.6.1	Conclusiones.....	102
4.6.2	Observaciones .....	103
<b>5</b>	<b>Extensión a la práctica .....</b>	<b>104</b>
5.1	Preámbulo.....	105
5.1.1	Introducción .....	106
5.1.2	Alcance .....	107
5.2	Procedimiento general.....	108
5.3	Descripción de la Edificación-Objetivo .....	110
5.4	Consecución de información estructural .....	112
5.4.1	Rutina de detección en campo .....	113
5.4.2	Información extraída de planos estructurales .....	115
5.5	Datos de detector vs datos de planos estructurales.....	118
5.5.1	Columnas .....	120
5.5.2	Viguetas.....	126
5.6	Análisis de resultados.....	142
5.6.1	Distribución del error y confiabilidad observada en viguetas .....	143
5.6.2	Distribución del error y confiabilidad observada en columnas.....	144
5.7	Conclusiones y observaciones parciales.....	145
5.7.1	Conclusiones.....	146
5.7.2	Observaciones.....	147
<b>6</b>	<b>Evaluación de eficiencia.....</b>	<b>148</b>
<b>7</b>	<b>Conclusiones generales.....</b>	<b>151</b>

**Listado De Tablas.**

Tabla 4-1. Resultados de mediciones en RANGO ALTO – Sesión # 1.....	48
Tabla 4-2. Resultados de mediciones en RANGO ALTO – Sesión # 2.....	49
Tabla 4-3. Resultados de mediciones en RANGO BAJO –Sesión # 1.....	51
Tabla 4-4. Resultados de mediciones en RANGO BAJO –Sesión # 2 .....	52
Tabla 4-5. Datos para estudio de influencia del recubrimiento en las mediciones del DIÁMETRO–RANGO ALTO.....	56
Tabla 4-6. Datos para el estudio de la influencia del tamaño del diámetro en las mediciones del DIÁMETRO - RANGO ALTO.....	59
Tabla 4-7. Superposición de Información de campo con Linealización de oficina .....	64
Tabla 4-8 Esquema-resumen de superposición de versiones de campo y oficina .....	73
Tabla 4-9 Datos estudio de la influencia del recubrimiento en los registros del DIÁMETRO – RANGO BAJO .....	75
Tabla 4-10 Datos estudio de la influencia del recubrimiento en los registros del DIÁMETRO – RANGO BAJO .....	78
Tabla 4-11. Datos estudio de la influencia del recubrimiento en registros del RECUBRIMIENTO – RANGO ALTO .....	87
Tabla 4-12. Datos estudio de la influencia del diámetro en los registros del RECUBRIMIENTO – RANGO BAJO.....	93
Tabla 4-13. Datos estudio de la influencia del espesor del recubrimiento en los registros del RECUBRIMIENTO – RANGO BAJO .....	97
Tabla 5-1. Información extraída de planos estructurales - COLUMNAS.....	115
Tabla 5-2 Información extraída de planos estructurales – VIGUETAS SENTIDO Y .....	116
Tabla 5-3 Información extraída de planos estructurales – VIGUETAS SENTIDO X.....	117

### ***Listado De Figuras.***

Figura 3-1. Unidad básica del detector de barras de refuerzo.....	28
Figura 4-1. Modelo de probeta principal.....	41
Figura 4-2. Probeta principal: Diferentes perspectivas.....	42
Figura 4-3. Espécimen de prueba # 1.....	43
Figura 4-4. Espécimen de prueba # 2.....	43
Figura.4-5 Líneas de tendencia de influencia del recubrimiento en los registros del DIÁMETRO-RANGO ALTO.....	57
Figura 4-6. Líneas de tendencia de la influencia del diámetro en los registros del DIÁMETRO-RANGO ALTO.....	61
Figura 4-7. Distribución de errores en registros de DIÁMETRO – RANGO ALTO .....	62
Figura 4-8 Líneas de tendencia de influencia del recubrimiento en registros del DIÁMETRO-RANGO BAJO.....	76
Figura 4-9. Línea de tendencia de la influencia del diámetro en los registros del DIÁMETRO – RANGO BAJO.....	80
Figura 4-10. Distribución de errores en registros de DIÁMETRO – RANGO BAJO .....	81
Figura 4-11 Líneas de tendencia de influencia del diámetro en registros del RECUBRIMIENTO-RANGO ALTO .....	85
Figura 4-12 Líneas de tendencia influencia del recubrimiento en registros del DIÁMETRO-RANGO ALTO90	
Figura 4-13. Distribución de errores en registros de RECUBRIMIENTO – RANGO ALTO .....	91
Figura 4-14. Línea de tendencia de la influencia del diámetro en registros del RECUBRIMIENTO-RANGO BAJO .....	95
Figura 4-15. Líneas de tendencia de influencia del espesor del recubrimiento en registros del RECUBRIMIENTO-RANGO BAJO .....	99
Figura 4-16. Distribución de errores en registros de RECUBRIMIENTO – RANGO BAJO.....	100
Figura 5-1. Detalle de la disposición de información – Columnas- .....	118
Figura 5-2. Detalle de la disposición de información – Viguetas- .....	124
Figura 5-3. Distribución de errores en registros de DIÁMETROS – Viguetas – Puesta en práctica. ....	141

Figura 5-4. Distribución de errores en registros de DIÁMETROS – Columnas – Puesta en práctica...	142
Figura 6-1. Contraste de detecciones de diámetros en columnas .....	149
Figura 6-2. Contraste de detecciones de diámetros en viguetas .....	150

Título: ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO Y LA CONFIABILIDAD DEL  
DETECTOR DE BARRAS DE REFUERZO\*

Autores: SERGIO ANDRÉS DÍAZ CARDOZO  
JESUS ANTONIO RODRÍGUEZ VELASCO\*\*

Palabras claves: Detector de barras de refuerzo. Auscultación estructural.  
Confiabilidad de Métodos no destructivos.

Resumen:

Existe la posibilidad de que las edificaciones ya erigidas deban por varias razones ser modificadas en su estructura. Estas modificaciones sólo son ejecutables si las condiciones de resistencia de la estructura son efectivamente readecuadas. Como la eficiencia de una futura readecuación estructural depende en gran parte de la información respectiva a la cantidad y disposición de reforzamiento existente, el detector de barras de refuerzo adquiere alto protagonismo cuando no se cuenta con tal información básica. El detector de barras de refuerzo proporciona los datos suficientes para modelar la configuración completa del reforzamiento interno a partir de la localización, la profundidad y el diámetro de una barra embebida en un elemento de concreto.

Para determinar el alcance del empleo del detector de barras de refuerzo en las circunstancias mencionadas, es necesario analizar el funcionamiento y la confiabilidad de sus resultados. Lo anterior pudo llevarse a cabo en una primera fase sobre probetas de ensayo, y después en una segunda fase sobre estructuras reales. La finalidad en ambas fue comparar los registros del detector con las dimensiones reales y extraer tendencias de los errores para concluir confiabilidades de su utilización en ambos medios.

Se extrajeron, asimismo, los límites técnicos reales de operación del dispositivo con independencia a las versiones de los manuales técnicos correspondientes.

---

\*Trabajo de grado.

\*\*Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas – Escuela de Ingeniería Civil.

Director de proyecto: Gustavo Chio Cho.

Title: ANALYSIS OF REBARS LOCATOR FUNCTIONING AND LIABILITY\*

Authors: SERGIO ANDRÉS DÍAZ CARDOZO  
JESUS ANTONIO RODRÍGUEZ VELASCO\*\*

Keywords: Rebars locator. Structural auscultation. Non-destructive methods liability.

Summary:

There is the possibility of that edifications already built, require for several reasons, different structural modifications. These modifications are only executable if structural strength conditions are effectively readequated. Since the efficiency of a future structural readequation is based on the information respective to actual reinforcing steel quantity and disposition, the rebars locator reaches high protagonism when such basic information is not available. The rebars locator obtains the sufficient data for modeling the complete configuration of internal reinforcing steel through the location, the depth (concrete cover) and diameter of the individual embedded rebars in concrete elements.

For determining the reach of rebars locator in mentioned circumstances, it is necessary to realize the functioning and liability of its output data. This anterior objective could be accomplished in a first stage over test specimens and then in a second stage, over real structures. The purpose in both of them, it was to compare the displayed values versus the actual dimensions to extract the errors tendency and to finally conclude liabilities of its use in both the first stage and second stage.

It was extracted too, the limit values, for technical operation of this device, without consider the instructions manual suggestions and avoid so, bias and dependent interpretations.

---

\*Work of Degree.

\*\*Faculty of Physicomechanicals Engineerings – Civil Engineering School.  
Work of Degree Director: Gustavo Chio Cho.

1.

# PRELIMINARES

1.1

# PRESENTACIÓN

---

El equipamiento de instrumental de laboratorio de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Industrial de Santander había estado en mora de una potente herramienta de la que por fin dispone ahora: ***El Detector de barras de refuerzo.***

Esto significa una actualización con los dispositivos que respaldan las tecnologías de auscultación no destructiva, tan tendenciosas hoy en la práctica del sector industrial de la construcción, a reemplazar los métodos destructivos, hasta hace poco, las únicas fuentes de información estructural comprobable y veraz.

El detector de barras de refuerzo cuenta con propiedades que le dotan de utilidad en la detección no destructiva de barras de refuerzo, en las aplicaciones puntuales de ubicación de la barra por rastreo, medición de diámetros, y medición de recubrimientos. Otros dispositivos que intentan cumplir la misma operatividad, se parcializan en menos indicadores y no aportan la misma integridad de información obtenible del detector o, casi en contra, lo logran de manera destructiva y dispendiosa.

No obstante, en sintonía con la rápida popularización de este dispositivo entre el concernido público de la construcción, la masiva atención en el fenómeno por parte de muchas universidades, gremios de profesionales relacionados, centros de ensayo de materiales de construcción, instituciones de investigación, comités de normalización, federaciones industriales y hasta de las propias firmas comerciales de detectores, ha reportado, tanto estudios que avalan el empleo del dispositivo en cuestión, como estudios que lo contraindican.

Por iniciativa del profesor Gustavo Chio Cho, una respuesta a la inquietud de la confiabilidad del dispositivo aludido debía ser provista localmente, como lógica medida de confirmación de la conveniencia de su aplicación en el plano práctico y académico donde su servicio se ha de potencializar.

La idea de esta tesis fue concebida en atención a tal necesidad. Este “Análisis del funcionamiento y la confiabilidad del detector de barras de refuerzo” centraliza su interés en aportar una nueva luz a la duda que persiste respecto a la efectividad de los resultados obtenidos a través de esta nueva fuente de información estructural.

1.2

## INTRODUCCIÓN GENERAL

---

En el Pasado, en la Actualidad, en el Futuro, las diversificadas facetas del desarrollo de la sociedad le han demandado, le demandan aún, y, fuera de dudas, le continuarán demandando al Ingeniero Civil intervenir en situaciones concernientes de su profesión en las que su decisoria racionalidad debe basarse sobre información inherentemente susceptible de errores.

No es extraño para el Ingeniero Civil el contacto directo con la información errática. Pero, ante la imposibilidad de certezas absolutas, un debido concepto de lo que es suficientemente preciso se ha convertido en un criterio de verdad potencialmente equivalente.

Enfrentados a la vigencia incondicional de que en práctica nada es exacto y de que en consecuencia en práctica no se conocen valores exactos ni lo que serían sus complementarios errores exactos, sólo queda aferrarse a la noción concertada de lo que es convenientemente preciso.

Por fortuna, con el tiempo, con el progreso, con la experiencia, quizá con las lecciones de las malas experiencias, la ciencia aplicada le ha otorgado el interés merecido y demandado al desarrollo de instrumentación de precisión aprovechable en los ámbitos en que se desenvuelve el Ingeniero Civil moderno. De esta manera, la incursión de mecanismos e instrumentos tecnológicos de avanzada en el campo de acción práctica o investigativa de la ingeniería civil en todo lo que comprende, ha posibilitado la reducción de errores manifestados en tomas de datos, como signo de una nueva era de mayor confiabilidad.

Los instrumentos de medición, desde la era analógica hasta la era digital, han facilitado sondeos que implicaban esfuerzos y escrupulosidad sobrehumana para la adquisición de información de calidad, han ahorrado tiempo considerablemente, han alcanzado un automatismo que no requiere de constante manipulación o vigilancia, han reducido el costo, o por lo menos la antieconomía del procedimiento, y han sobretodo aportado mucha más precisión que la exigible a los sentidos humanos, ya obsoletos para los cánones de tolerancia del error que se manejan.

Para bien de los Ingenieros Civiles involucrados, el detector de barras de refuerzo es uno de los artefactos utilitarios que han sobrevenido en el curso de este activo proceso.

Su aparición en el medio de la construcción responde a las expectativas de reinventar los procedimientos de identificación del reforzamiento estructural. Los inconvenientes que se derivan de la no existencia de la información representada en los planos estructurales, las memorias de cálculo, y en general, todo registro auxiliar útil, son, en cierta medida, superados por el concurso de este dispositivo alternativo.

Ciertas actividades que competen al Ingeniero Civil, y que están envueltas en la problemática de la carencia generalizada de información estructural, encuentran en el detector de barras de refuerzo una posibilidad resolutive comparativamente más económica, igual de eficiente y menos destructiva que otros medios aplicables.

La aceleración con que la tecnología aplicada innova los métodos y los instrumentos con que las cosas se hacen y los servicios se prestan, obedece a una necesidad gradual de perfeccionamiento, que se renueva al ritmo de lo tecnológicamente posible. Así que la tecnología se autoimpulsa y lo que parece un círculo vicioso, es en realidad una espiral progresiva. El horizonte de vida del detector de barras de refuerzo depende de la misma acuciosidad científica que lo creó.

Por supuesto, la aceptación del detector de barras de refuerzo tendrá vigencia hasta que otro nuevo dispositivo, que proporcione más y mejores aplicaciones, lo releve. En este sentido, cada versión del rendimiento del dispositivo, cada estudio de confiabilidad, cada crítica del funcionamiento y la funcionalidad, constituye un argumento, ya sea en contra o a favor, de la adaptación real de las respuestas del detector a las condiciones del momento en que se difunde su empleo.

La práctica asume aquí, entonces, un protagonismo definitivo proporcionándole validez a las hipótesis teóricas con que se desarrollan dispositivos como el detector, y en consecuencia obvia, corresponde a la sociedad ingenieril, colaborar con tal desarrollo, aportando pruebas de qué tan satisfactorio le resulta utilizar sus funciones en la cotidianidad de su profesión.

Esta siguiente contribución al análisis del detector de barras de refuerzo pone a prueba la idoneidad del detector de barras de refuerzo a las necesidades profesionales actuales de los Ingenieros Civiles que demandan sus servicios.

1.3

## OBJETIVOS

---

## OBJETIVO GENERAL

- » Analizar e interpretar la confiabilidad del detector de barras de refuerzo, en sus aplicaciones directas a la auscultación del reforzamiento estructural.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- » Realizar una rutina de toma de datos con el detector de barras de refuerzo sobre una probeta prediseñada.
- » Analizar la variabilidad en las lecturas del detector de barras de refuerzo.
- » Identificar las variables que afectan la precisión del detector y ponderar su influencia.
- » Realizar lecturas en condiciones donde se observe que son cuestionables los resultados del detector.
- » Obtener conclusiones respecto al manejo adecuado del detector mediante la práctica repetitiva en el uso de este aparato.
- » Extraer la confiabilidad en la fase de ensayos.
- » Realizar un ejercicio de reconocimiento de información estructural en instalaciones reales.
- » Inferir la confiabilidad de la fase práctica de campo.
- » Comparar los datos obtenidos con el detector de barras de refuerzo y los comprendidos en planos de la estructura existente.
- » Establecer las ventajas y desventajas del detector de barras de refuerzo como fuente informativa precisa y suficiente, según la comparación efectuada.
- » Extraer por superposición de las confiabilidades analizadas por separado, una confiabilidad que represente la conclusión del estudio general

1.4

## SINOPSIS

---



2.

GENERALIDADES

Y

RAZÓN DE SER

DE LA TESIS

2.1

## EL CONTEXTO DEL PROBLEMA

---

A la fecha, especial y concretamente donde la expansión urbana difícilmente tiene espacio extra, un Ingeniero Civil en ejercicio de su profesión se encuentra con que entre sus actividades rutinarias debe asumir análisis y rediseños estructurales en construcciones ya erigidas en objetiva atención a:

- Ampliaciones (*Extensión vertical u horizontal*),
- Remodelaciones absolutas o parciales,
- Cambios de uso e importancia de las estructuras,
- Rectificaciones estructurales respecto al estado de servicio y a la funcionalidad de la estructura, etc.

Más aún, con la vigencia de las normas de sismo-resistencia desde 1998, en toda la jurisdicción del territorio nacional, es propiciada entonces, con el ánimo de proteger de desastres naturales a la comunidad y mitigar los efectos desencadenables, una urgida actualización ante la ley correspondiente (Ley 400 de 1997), lo cual implica la obligatoriedad contraíble por la sociedad de estudiar la vulnerabilidad y el ajuste necesario para lograr *Readecuaciones de sismo-resistencia* en las construcciones preexistentes que incumplen lo reglamentado por tales normas.

Básicamente estos cinco principales motivos de intervención sobre estructuras “de segunda mano”, representan la frecuente problemática contextual que, a su vez, origina la singular situación por la que este proyecto de grado tuvo la ocasión de interesarse.

Con el volumen potencial de readecuaciones sísmicas que debería propiciar el rigor de la ley, la extraordinaria demanda de trabajo que supone la reactivación del sector de la construcción en la economía del país en la actualidad y la siempre existente necesidad de reformar las estructuras sea cual sea la razón, está entonces disponible un espacio de acción para que el ejercicio profesional se desenvuelva en las condiciones especiales de estas necesidades de reconstrucción.

Por supuesto, el conocimiento respecto a cómo proceder para satisfacer las necesidades de cada circunstancia expuesta, le compete y le debe concernir al Profesional de Ingeniería Civil, por vocación. Por lo regular la responsabilidad que contrae un ingeniero al encargarse de una de las cinco posibilidades de reconstrucción aludidas, le compromete a utilizar la estructura original y adicionar a partir de ella todo complemento a la nueva resistencia de diseño.

Esto entraña una dificultad adicional, como se explica detalladamente a continuación.

## 2.2

# EL PROBLEMA

---

## 2.2.1. Introducción

Tal como está estipulado en las normas de sismo-resistencia colombianas (Inciso A.10.2, Capítulo A.10, Título A, NSR-98), en el curso del proceso de estudio practicable sobre cualquiera que sea el caso de las anteriores necesidades de reestructuración consideradas, se exige adicionalmente a las etapas de *Evaluación de la estructura existente* y *Modificación del sistema estructural*, una instancia lógicamente precedente, de selección y síntesis de información imprescindible, irremplazable, precisa y suficientemente descriptiva, que se constituye en la plataforma fija en función de la cual todo el proyecto, sea cual fuere, deberá desarrollarse de manera dependiente hasta su resultado final: Debe configurarse entonces así, el equivalente práctico a una base de datos para las subsiguientes etapas, que complementan la labor del ingeniero responsable del rediseño.

Convirtiéndose en la única base recurrible de consulta y en el punto de referencia y control para todos los análisis que le sobrevienen, la importancia de este proceso no puede subestimarse. Ésta es una condición *sine qua non* para todo proceso en lo sucesivo. La eficiencia de todo ejercicio ordinario posterior se supedita a la fidelidad de los datos. Económicamente expresando el nivel de seriedad involucrado a este propósito, o se estima de modo acertado la capacidad de la estructura a partir una información escrupulosamente determinada, o el proyecto representará graves costos por sobrediseño, o incluso, apenas pírricos beneficios de altísimo riesgo si se incurre, con el apoyo de información no veraz, en un subdiseño.

Como la construcción es un escenario donde las irregularidades por imprecisión, excusable o no, entre la calidad del modelo diseñado y su materialización a escala real no son extrañas, y sí en cambio muy convencionales, uno de los objetivos de todo proceso preliminar de investigación y compendio de datos radica en conseguir la suficiente información para rastrear tales inconsistencias y valorar sus grados de significancia, suprimiendo al máximo los errores naturales de la medición.

Así mismo, otro objetivo principal y paralelo, estriba en establecer, con la mayor aproximación y la mayor seguridad, las características de resistencia que ofrecen, en el estado real contemporáneo al análisis, los varios elementos que integran la estructura.

## 2.2.2 El recaudo de la Información preliminar

La referencia a estudios e investigaciones requeridos, que aparece en el inciso A.10.2 de la norma, compromete a las rutinas efectuadas en su causa, a apoyar la emisión de un juicio de valor puramente cualitativo en cuanto a la calidad del diseño y la construcción original, y paralelamente, en diagnóstico del estado real de la estructura.

No obstante sea que alguna porción de información extraída para el anterior propósito no incluya en su alcance ser útil a exámenes posteriores de vulnerabilidad sísmica y rediseño a razón de su naturaleza no cuantificable, la mayoría restante sí proporciona datos estudiables de los signos vitales de la estructura. Pero enfáticamente lo que en rigor como requisito indispensable necesitan las fases sucesoras de evaluación y modificación estructural, es un recaudo informativo preliminar constituido de datos procesables para determinar la capacidad o resistencia actual del sistema en términos cuantitativos.

Ya en materia, dirigiendo el enfoque con exclusividad sobre esta etapa de *Recaudo de información preliminar*, no sólo para efectos de propiciar los medios que posibilitan comparar las versiones de concepción y de materialización y calificar cualitativamente una y otra, sino más utilitariamente para obtener parámetros para el rediseño, el estudio se fracciona en dos compendios de diferente naturaleza: en primer lugar, la *Información respecto a la concepción original de la estructura*, en segundo lugar, la *Información del estado y la capacidad actuales de la estructura*.

El primer compendio al que se hace referencia, *La información de la concepción original de una construcción determinada*, debe consolidarse, como es propio suponerlo, a partir de las memorias de cálculo y la planimetría estructural tanto del diseño original como de cada reestructuración a lo largo del historial de intervenciones sobre la misma obra. La norma sugiere que una averiguación extra de registros de interventoría y de ensayos de probetas de la época de construcción correspondiente debe realizarse complementariamente.

La pretensión de esta primera fase consiste en determinar, con el apoyo básico de las fuentes informativas señaladas y el soporte adicional de inspecciones presenciales, la clasificación del sistema estructural y la identificación de sus singularidades, la configuración en planta y en perfil de tal sistema y sus elementos integrantes, un registro de los elementos estructurales y no estructurales, las propiedades y condiciones geométricas en general correspondientes al dimensionamiento de los elementos participantes de la estructura, la composición del reforzamiento interno de los mismos elementos, y en síntesis, un conjunto de características físicas con el cual sea posible establecer la calidad original del

modelo diseñado, a fin de compararla con la calidad que ofrece en un momento posterior dado.

Tal segundo recaudo aludido, *La información del estado y la capacidad actual de la estructura*, se reúne compilando los resultados de prácticas de examen de rendimiento y de resistencia de materiales efectuadas sobre los elementos cuyo diagnóstico es vital para la estabilidad del sistema estructural. Corrientemente se complementa con un procedimiento de comprobación de medidas de los diferentes componentes estructurales y para concluir se agrega una calificación del mantenimiento procurado a la misma estructura, y observaciones de disfuncionalidades y deficiencias notables. La norma recomienda inquirir por la ocurrencia de sismos e incendios, y magnitudes y niveles de afectación respectivos.

Se requiere el aporte de estos ejercicios de reconocimiento para emitir un juicio evaluativo del comportamiento *actual* del sistema y, a la vez, un dictamen en relación a la condición física que presenta la construcción.

En cuanto a lo operativo, esta segunda clase de información es producto de prácticas in situ sobre los elementos estructurales, por lo general ensayos de esclerometría, de extracción de núcleos de concreto, de exploración con tecnologías de ultrasonido, de rastreo y detección de barras de refuerzo, entre muchas otras alternativas, en lo referido al sondeo de la propiedades de los materiales; y desde levantamientos planimétricos y altimétricos hasta rutinas de medición no tecnificada en cuanto a la reconsideración de las medidas y posiciones relativas del sistema estructural.

Para la situación especial del sondeo de información del reforzamiento estructural existente en todo nivel de elementos componentes, la práctica de registro in situ, cuenta con herramientas modernas que incorporan tecnología de punta que se popularizan en virtud a su alta credibilidad y a la nula afectación que producen sobre el servicio de la estructura, además del beneficio del ahorro que significa dejar atrás los métodos destructivos como fuente única o principal de información.

Entre las tendencias vigentes del estado del arte de la auscultación estructural, el que genéricamente se puede llamar *detector de barras de refuerzo*, posee propiedades particulares que lo destacan como dispositivo de alta utilidad por la pertinencia y la directa aplicabilidad de sus indicadores en acuerdo con las necesidades primordiales que tienen los ingenieros concernidos en adquirir información o corroborarla en lo que se refiere a la composición y disposición interna de las barras de refuerzo en los varios elementos del sistema analizado.

### 2.2.3 Las dificultades

En este infaltable proceso de *Recaudo de información preliminar*, se reconocen de inmediato los inconvenientes de turno, también infaltables. Partiendo de la premisa de que el empirismo y su similar, la informalidad de la construcción en el ámbito contemporáneo y local, le ocasionan muchos de estos inconvenientes al ejercicio de la profesión en esta faceta específica, también es propio aludir a que muchas de las construcciones sobre las que se intenta desenvolver actividades como las de remodelación, ampliación, etc., pero sobre todo de readecuación sísmica, datan de un pasado muy remoto y por lo general no cuentan con información estructural, como consecuencia adicional del paso del tiempo. Y la principal obstaculización sigue radicando en la difícil asequibilidad de suficiente información básica y confiable.

La disponibilidad de medios y recursos empleables determina las posibilidades de un reconocimiento integral y en consecuencia, de alcanzar una reproducción fiel de las características reales de la estructura en el modelo en que se concentran los estudios. Por tal razón es preocupante la carencia tanto de unos como de otros, sobre todo cuando el objetivo es proporcionar una solución adecuada a las necesidades del caso, conceptuando una solución adecuada como lo más conciliador entre economía y eficiencia del diseño.

Añadiendo que no es posible pasar por alto la más ubicua de las condiciones preponderantes en la actualidad que es la falta de recursos económicos, que limita la solución, por defecto destructiva, de extender aperturas de regatas por sobre todo elemento estructural, y dirigiendo el objetivo hacia lo que más concisamente se refiere a medios de consulta, la siguiente lista relaciona las falencias clásicas que, de manera superpuesta o individual como mínimo, representan las dificultades propias del proceso generalizado de obtención de información útil en el curso de todo análisis de esta índole:

*-Ya sea de forma parcial o total, inexistencia, inutilidad por deterioro, o no accesibilidad de planos estructural.*

*- Ya sea de forma parcial o total, inexistencia, inutilidad por deterioro, o no accesibilidad de memorias de cálculo estructural.*

*-Ausencia de registros de remodelaciones, ampliaciones, reparaciones menores, etc.*

*-Ausencia de historiales de incendio, sismos, explosiones, siniestros, etc.*

Sujetos a esta realidad y a la responsabilidad social de estudiar con el mayor realismo posible el sistema estructural y garantizar la calidad de la propuesta de solución, no hay duda de que, para un ingeniero civil, no contar con información tan trascendental para su desempeño profesional se constituye en una grave problemática.

Más puntualmente, en la situación especial del desconocimiento del reforzamiento efectivo con barras de acero en una estructura de concreto, la cuestión alcanza su más habitual pero simultáneamente más crítico sentido de inconveniencia. En tal eventualidad, verificar correctamente la composición del refuerzo en los elementos de la estructura otorga la seguridad de calcular el aporte del sistema preexistente a la nueva resistencia y definir el complemento a tal refuerzo presente para habilitar la estructura en razón de las nuevas cargas que debe soportar.

En concreto, la falta de integralidad y precisión de la información relacionada con la cuantificación y el orden de los refuerzos longitudinales y transversales de la estructura impide vencer la incertidumbre conforme a la cual, un diagnóstico realista no puede estar basado sin arriesgarse a ser insuficiente.

Esta tesis, se propone racionalizar la situación en que la falta de información del reforzamiento estructural, o de seguridad relativa a él, se presenta en el curso de un análisis de readecuación al sistema de una construcción-objetivo y más enfocadamente, aunque en la misma dirección, a estudiar la idoneidad de la aplicación del detector de barras de refuerzo en función del rendimiento y la calidad de los datos que pueda suministrar tal dispositivo aprovechado para debelar alternativamente los obstáculos de desinformación señalados.

No obstante, además de eventualmente vencer tal desinformación a través de la participación del dispositivo que surge como una solución practicable, se debe también vencer la dificultad agregada que suman las dudas de qué tan especulativos son los datos adquiridos vía detector de barras de refuerzo.

2.3

## LAS ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

## 2.3.1 Introducción

Dejando a un lado otras dificultades colaterales como la incertidumbre respecto a las auténticas dimensiones de las secciones o las propiedades mecánicas actuales de cada elemento estructural u otras muchas variables que tienen en solución suya procedimientos de asimilación especiales, en el caso puntual de la inexistencia, escasez, o simple necesidad de verificación de la información del reforzamiento de tales elementos, se presenta una singular problemática que merece plena atención en vista de su gravedad, confrontada con la ocasión que se tiene de contar con nuevas tecnologías aplicadas a su favor.

La demanda de dispositivos fuente-de-información especializados, para lograr puntualizaciones que van desde el grado de deterioro del concreto y la corrosión del acero hasta la configuración interna del reforzamiento dentro de los elementos de concreto, ha contado con el continuo avance de tecnologías aplicadas como apoyo de alta fidelidad. Muchos de estos progresos se han importado desde otros sectores hasta la industria de la construcción con las adecuaciones especiales que potencializan su alcance a variados propósitos.

Para el definido problema de la carencia o precariedad de específicamente la información del reforzamiento, que absorbe el interés y la atención de esta tesis, por supuesto, ya se encuentran establecidos en la actualidad procedimientos *ad hoc* que constituyen un conjunto de opciones para paliar la avidez de premisas realistas cuando se intenta empezar a desarrollar proyectos tan dependientes de su estado actual como aquellos necesitados de una readecuación.

De la misma manera en que están clasificados los tipos de ensayos practicados sobre el concreto reforzado, por ejemplo, de resistencia y patologías incidentales del concreto y el acero en los elementos estructurales ya en funcionamiento, es que están diferenciadas las rutinas de detección de las barras de acero en la práctica moderna: Métodos destructivos y Métodos no destructivos.

## 2.3.2 Los métodos destructivos

Los métodos destructivos han sido siempre una opción desde cuando se presentan situaciones que entrañan las dificultades señaladas de deficiencia informativa o de incertidumbre referida a ella.

Deben su adjetivo a que la finalidad de averiguar la composición interna en los elementos de concreto reforzado se consigue destruyendo la cobertura de concreto que salvaguarda a la barras, y descubriéndolas para que sean inspeccionadas visualmente, aunque con alto riesgo de lograrlo a contraprestación de debilitar la continuidad y la resistencia de la estructura, sin contar con que inutiliza parcialmente el servicio en la medida en que afecta la funcionalidad de los espacios.

Si el interés está centralizado en la plena identificación del reforzamiento de la estructura, tales métodos destructivos consisten en la remoción de las capas superficiales de concreto que conforman el recubrimiento que protege de agentes nocivos e invisibiliza la serie de barras de acero estructural que totalizan tal reforzamiento en las vigas y viguetas de las placas de entrepiso, en columnas, muros, zapatas, y todo demás elemento que sea susceptible de ser analizado en etapas posteriores en el estudio de readecuación.

La ejecución de estos procedimientos no necesita instrumental de precisión o extraordinario a la herramienta menor, ni requiere tampoco el soporte de mano de obra especialmente calificada.

La rutina de regatas puede realizarse sobre toda la estructura o selectivamente sobre los elementos que se juzguen de relevancia o de estrategia, y el criterio decisivo debe aportarlo un ingeniero con experiencia y argumentos suficientes.

Lo más importante es que, por supuesto, la cantidad de intervenciones está relacionada con la magnitud de la obra analizada y con la cantidad y la utilidad de la información estructural disponible.

Los altos costos increpables a este procedimiento dan quizás razón a lo aceptadas que se han vuelto las alternativas por las que se puede optar en situaciones como las señaladas. Entender lo que significa económicamente recurrir a las regatas cuando se carece absolutamente de información confiable, precede a la concientización de lo necesario que se hace que una metodología no destructiva auxilie en estas circunstancias.

### 2.3.3 Los métodos no destructivos

La incursión de la tecnología aplicada sobre los problemas convencionales, modifica las formas en que se estila resolverlos.

Ante los problemas concretos que se derivan de la falta de información de los problemas estructurales, los métodos no destructivos son tal respuesta tecnológica a la demanda de alternativas mejores a las establecidas.

La ventaja comparativa de los métodos no destructivos respecto a los que sí lo son, es fundamentalmente que toda información buscada es extraída sin necesidad de desbastar las estructuras en estudio. La economía, la rapidez, y la suficiente confiabilidad de las operatorias y los equipos involucrados refuerzan el beneficio básico de que no se requiera destruir parcialmente ningún elemento de concreto.

Las desventajas quizás radiquen en la disponibilidad de los equipos especializados necesarios para adelantar las labores de registro sobre las estructuras. Por lo general, el empleo de estos dispositivos genera mayores costos relativos, si las construcciones que se intervienen son pequeñas o de poca importancia económica.

Los métodos no destructivos más reconocidos y vigentes que pueden ser utilizados para descubrir la conformación interna del reforzamiento estructural, pueden ser sintetizados así:

-Sistemas de Radar: El principio del método seguido, es que desde una antena transmisora se emiten pulsos de baja amplitud sobre los elementos de concreto reforzado. Como las barras de acero tienen diferentes propiedades eléctricas a las del concreto, sus ondas reflejadas son exclusivas y distintivas de su material. Una antena receptora capta las ondas reflejadas y luego es posible determinar la distancia de interés desde el cuerpo reflectante. Moviendo las antenas a lo largo de la superficie de concreto, la forma tridimensional del cuerpo reflectante puede ser determinada. Su mayor aplicación está en la localización de las barras y la determinación de sus recubrimientos. La razón radica en su alta precisión.

-Método electromagnético: El principio de los métodos afines con éste, es que un campo electromagnético estimulado por un cabezal sobre los elementos de concreto es detectado por una bobina muy sensible a las variaciones del campo electromagnético que generan la presencia de las barras de acero. A partir de este concepto básico, las indicaciones de localización, recubrimientos y diámetros de las barras de acero internas en el concreto, pueden ser determinadas.

En particular, el método electromagnético está hoy muy al alcance a través de dispositivos como los detectores portátiles que obedecen a este principio.

2.4

## EL ENFOQUE DE LA TESIS

---

La Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Industrial de Santander dispone actualmente, entre sus adquisiciones recientes, de una de las herramientas tecnológicas más novedosas y a la vanguardia del sector de la construcción en el mundo. La alusión presenta al Profómetro, Pachómetro, Pacómetro, Elcómetro, Ferro Scan, Detector de barras de refuerzo, o como adicionalmente pueda hallarse denominado este mismo dispositivo en la literatura concernida.

Su incorporación presupone el fin de un compás de espera por una actualización con el estado del arte en la cuestión. Y en virtud de este mismo hecho, representa una oportunidad para que la escuela de ingeniería civil de la universidad industrial de Santander reivindique su condición de institución investigativa por excelencia y, en lo específicamente relativo al análisis del detector de barras de refuerzo, pueda sintonizarse con los esfuerzos de la academia en el orden internacional por determinar el verdadero alcance de tales dispositivos cuya utilización se expande y se intensifica en la industria particular de la construcción casi sin cuestionamiento alguno.

En tal dirección, el interés de este proyecto de grado consiste en someter a prueba las múltiples aplicaciones que el detector de barras de refuerzo ofrece como solución a la problemática del déficit de información estructural que tiene lugar en todo el contexto de la construcción.

El modo de abordar la evaluación de la afinidad de este dispositivo a las necesidades actuales que comprometen su utilización, se estableció en consideración del criterio que da el conocimiento de la precisión de sus resultados.

Para ello, se examinará el comportamiento del detector en dos facetas, una rutina de ensayos de laboratorio y otra de práctica sobre estructuras reales. La finalidad expresa de la primera fase se focaliza en la necesidad de construir premisas básicas del funcionamiento del dispositivo, a través de su empleo sobre probetas, y la finalidad de la segunda fase de pruebas, estriba en la observación del comportamiento del mismo ante condiciones reales de operación. La pretensión original será alcanzada superponiendo las conclusiones parciales de cada fase.

La idea de que deba surgir una argumentación propia relativa a la confiabilidad del detector de metales connota al interés de que sea evaluada para las condiciones del entorno local la viabilidad de que los sistemas actuales de recolección informativa estructural se modernicen en el sentido procedimental, y así mismo, se balancee los beneficios derivados del uso de la nueva tecnología como la economía, la rapidez y la practicidad, con la confiabilidad con que proporciona sus resultados.

# 3.

# EL DISPOSITIVO

3.1

## DESCRIPCIÓN GENERAL

---

### 3.1.1 Unidad Básica

El detector de barras de refuerzo utilizado para determinar la confiabilidad de la tecnología de la que es representante, es un producto reconocido comercialmente como PROFOMETER 5, modelo SCANLOG. Es un dispositivo liviano y compacto para el sondeo no destructivo de barras y para el registro de información relativa al sitio preciso de ubicación, la medición de recubrimientos y la medición de diámetros de barras. La unidad básica consta esencialmente de tres elementos tangibles. Uno de ellos es la sonda (o cabezal) de exploración que cumple funciones pertinentes a la inducción electromagnética y emisión de información. En segundo lugar está la unidad de control, compuesta por una pantalla visualizadora y un cuadro de comandos, cuyas funciones contemplan la recepción de las señales de la sonda de exploración, el procesamiento de la información, la exhibición de los registros, y la manipulación de las operaciones que ofrece el dispositivo. El tercer elemento conecta a los dos anteriores y es la vía de transferencia de información entre el emisor, que detecta la información y la envía, y el receptor, que recibe la información, la procesa y la exhibe.

El conjunto de elementos se complementa con algunos accesorios. El más importante de ellos, el denominado ScanCar, es un tipo de patín especializado para acoplarse a la sonda de exploración, de utilización discrecional para el usuario, se aplica para hacer deslizar con mayor facilidad la sonda sobre la superficie de los elementos-materia de estudio. Es un elemento complementario para el funcionamiento del dispositivo en modos de operación alternos.



Figura 3-1. Unidad básica del detector de barras de refuerzo.

### 3.1.2 Funcionamiento y características elementales del sistema

La base del funcionamiento del detector de metales en la actualidad, consiste en la aplicación del concepto de la corriente de Eddy por pulso-inducción. Los métodos que se valen de conceptos similares se clasifican, entre los métodos no destructivos, como métodos electromagnéticos. El principio de los métodos electromagnéticos radica en la medición de la variación de la intensidad de un campo electromagnético provocada por la interacción y la proximidad de la sonda de exploración con las barras metálicas.

La sonda de exploración cumple las funciones de una bobina que genera y propaga un campo electromagnético a través del concreto y que experimenta, simultáneamente, la interferencia causada por la cercanía de las barras de acero. Esta interferencia está en función con la permeabilidad magnética y la conductividad eléctrica del acero de las barras. La variación del campo electromagnético interceptada en primera instancia por la sonda exploratoria, crea una señal de respuesta de magnitud directamente proporcional con la sección transversal de la barra, lo que hace determinable su diámetro. Así mismo, el dispositivo está calibrado para convertir la resistencia a la señal estimulada en distancia, lo que constituye una indicación del espesor del recubrimiento.

En conformidad con la teoría, la dirección en que se aplica esta sonda sobre los elementos que requieren auscultación, es una consideración de alta relevancia antes de emprender tal propósito en práctica. El dispositivo está diseñado para reaccionar más sensiblemente y con mayor precisión a la presencia de barras de refuerzo paralelas al eje longitudinal de la sonda de exploración, aunque también, con mucha menos sensibilidad, alcanza a percibir el efecto de barras de refuerzo transversales a su eje longitudinal. Esto deja explícito que, como primera medida para una futura interpretación correcta de sus resultados, los registros sobre la superficie de los elementos a intervenir, deben ser planeados de manera atenta a esta consideración.

Por su parte, la unidad de control capta, interpreta, autocorriga y exhibe en forma de datos numéricos, en tiempo real, las emisiones de la sonda exploratoria.

Con la autocorrección aludida, se hace referencia a la compensación que automáticamente el dispositivo proporciona a sus propios registros, en atención a la presencia de factores que son potenciales fuentes de error, como las pequeñas variaciones en la sección transversal de las barras corrugadas, y el magnetismo de los agregados de los que está compuesto el concreto de los elementos estructurales. Una precaución que debe tenerse en práctica es evitar la significativa influencia desviadora que ejercen los marcos de puertas y ventanas, u objetos metálicos extraños en el momento preciso de la medición.

### 3.1.3 Modo de operación

Para cumplir con una simple rutina de registro de datos sobre un elemento cualquiera de concreto reforzado, los requerimientos funcionales del dispositivo consisten en que la sonda exploratoria esté conectada a la terminal A de la unidad de control mediante el cable de transmisión y que la fuente de energía de bajo voltaje esté lo suficientemente recargada. La activación del aparato se consigue oprimiendo la tecla ON/OFF del cuadro de comandos de la unidad de control, y de inmediato en la pantalla se visualiza información respecto al modelo del instrumento, el número de serial, la versión del software instalado, la respuesta del auto-test y adicionalmente notifica el estado residual de las baterías.

Inicialmente puede determinarse la forma en que ha de presentarse la información, ajustando las preferencias en el menú del cuadro de comandos. La información básica que resulta del registro del dispositivo en cualquiera de las presentaciones no difiere en contenido, excepto por la idea aproximada del posicionamiento de las barras que da el modo gráfico.

Un importante parámetro que debe también determinarse es el modo de operación del dispositivo. Según está recomendado por el fabricante, se debe operar con el *rango bajo de medición* activado en el menú del cuadro de comandos, si se procede sobre elementos con recubrimientos de hasta 6cm. Para recubrimientos mayores, se debe optar por el *rango alto de medición*.

La técnica de la detección es básicamente deslizar la sonda de exploración sobre la superficie del elemento en estudio de una manera tal que el sentido del deslizamiento sea ortogonal con el sentido que debe tener la barra que se desea detectar. Así mismo el eje longitudinal de la sonda debe permanecer durante el movimiento siempre paralelo al mismo eje de la barra. No proceder así, genera sesgos en los registros del detector. Es igualmente importante conservar una velocidad baja y constante en el movimiento.

Durante el ejercicio del deslizamiento existen tres indicadores para el instante de la detección: Señales auditivas, y tipos de signos visualmente reconocibles en la pantalla, por ejemplo, líneas que aumentan o que disminuyen de longitud a medida que aumenta o disminuye la cercanía con la barra, respectivamente. Tales indicaciones por lo general se presentan con un pequeño retardo, lo que genera un desplazamiento extra que puede redundar en una interpretación algo imprecisa de la posición de la barra.

La forma más fácil y rápida de obtener la información de las condiciones de un elemento estructural, la proporciona la ejecución de la función "Medidas con

estadística”. Navegar por el menú con las instrucciones que se muestran en la pantalla, ofrece activar esta función.

La información en el display de los registros de recubrimientos se actualiza permanentemente con el deslizamiento de la sonda y notifica siempre el recubrimiento bajo la posición en la que se encuentra momentáneamente la sonda. En la posición dada donde los indicadores de detección alerten la presencia de una barra, en vista de que lo hacen con cierto retraso de fracciones de segundo, la lectura en tal display ya no corresponde al recubrimiento real de la barra, sino a un espesor mayor de acuerdo con la distancia real entre la barra y el detector. Existe una casilla denominada “Memo” en el display de la unidad de control en que se muestra el cálculo del recubrimiento real de la barra. Éste es el registro del recubrimiento que debe tenerse en cuenta, y siempre lo habrá si se permanece dentro de las condiciones correspondientes a la capacidad técnica del modo de operación elegido y, por supuesto, a las propias del dispositivo.

Para determinar el diámetro de la barra auscultada, en el momento mismo en que las señales indican que la barra ha sido localizada, sencillamente debe oprimirse en el cuadro de comandos la tecla de la flecha hacia arriba ( $\uparrow$ ). Inmediatamente aparece en pantalla la información de la medida del diámetro de la barra detectada.

Sin embargo, si el registro del diámetro asimilado por el detector de barras de refuerzo es menor que 7mm, o mayor o igual que 41mm, la información que se reporta en la pantalla es inespecíficamente esos mismos datos de que la barra tiene diámetro menor o igual a 7 milímetros ( $\leq 7\text{mm}$ ), o mayor o igual a 41 milímetros ( $\geq 41\text{mm}$ ), respectivamente. Entre estos límites, la medición del diámetro se realiza de manera normal.

Es posible también que no exista registro alguno para el diámetro de la barra. Esto se asocia con el modo de operación elegido. El fabricante sugiere la conveniencia de que se emplee el rango alto de medición para auscultar barras de recubrimientos de más de 6cm, presumiblemente por que está potencializado para alcanzar registros donde el rango bajo no notifica nada. En teoría, el rango bajo sólo cumple con precisión en la detección de barras recubiertas con un espesor de concreto hasta de 6cm.

La operatoria llevada a cabo según las instrucciones proporcionadas aquí, conservan validez para cualquiera que sea la función predeterminada al inicio del procedimiento. Las variaciones entre las consistencias de los métodos son puntuales y sin embargo, en la pantalla se presentan las ayudas de orientación necesarias para continuar el desarrollo de la medición a través del modo de funcionamiento seleccionado por el usuario.

## 3.2

# APLICACIONES

---

### 3.2.1 Funcionalidades

Los dispositivos precedentes dirigidos a la detección exclusiva de los objetos metálicos, han evolucionado para ofrecer al medio de la construcción, la altamente significativa información de la caracterización básica del reforzamiento de los elementos estructurales. La idoneidad actual del detector de barras de refuerzo a las expectativas ingenieriles, ha destacado su reputación entre los demás métodos de auscultación no destructiva, menos informativos, menos económicos, menos portátiles, menos explícitos, y quizás menos confiables.

Las utilidades puntuales y directas del dispositivo, en auxilio de la deficiencia informativa estructural o la inseguridad respecto a la disponible, en el escenario de las remodelaciones, readecuaciones de sismo-resistencia, extensiones estructurales o similares sobre una edificación, pueden ser descritas de la siguiente manera:

- Posición: La ubicación de las barras de refuerzo, ya sea longitudinal o transversal, por medio del empleo del detector sobre las superficies accesibles de los elementos auscultados, proporciona una versión del lugar en que en realidad están dispuestas las barras.
- Recubrimientos: El espesor de concreto que protege las barras de acero, hallado de manera precisa, da una idea fiel al diseñador de la profundidad efectiva de las secciones de los elementos.
- Diámetros: El dispositivo detector hace posible un reconocimiento no invasivo de la cantidad y el diámetro de las barras que componen el refuerzo de acero de la estructura de concreto.

Los datos obtenidos de estas aplicaciones representan la base informativa para reconstruir los despieces completos de las estructuras.

Estas utilidades pueden, de hecho, hacerse extensivas a muchas otras actividades del mismo ámbito constructivo, del tipo de:

- Localización de zonas de no compromiso para la extracción de núcleos de concreto entre el reforzamiento de los elementos estructurales.
- Definición de profundidades y costos preliminares de regatas.
- Base informativa para presupuestos de obras de modificación y rehabilitación estructural.
- Localización de tuberías metálicas internas.
- Base informativa complementaria para la evaluación de condiciones patológicas del concreto.
- Control de calidad de obras en construcción.

### 3.2.2 Ventajas y desventajas

La adecuación del detector de barras de refuerzo a los fines de la construcción, revolucionan las prácticas acostumbradas, en virtud a sus ventajas relativas:

- Economización del procedimiento de recaudo de información estructural sobre edificaciones que demandan intervención.
- El servicio de detección que proporciona incluye más información útil del estado del reforzamiento que otros dispositivos especializados.
- Los datos presentados no necesitan ningún procesamiento adicional, sino que son presentados en términos de las unidades establecidas.
- La rutina de detección es rápida, sencilla y no implica ningún despliegue excepcional de personal.
- La propia operación del dispositivo no representa dificultad y no requiere de pre-entrenamientos exhaustivos.
- No necesita ningún despeje especial para efectuar la detección, ni mucho menos la destrucción parcial de los elementos a la vista.
- El dispositivo es pequeño, liviano, portátil y su fuente de energía son baterías convencionales.

No obstante, este dispositivo dista aún de un performance absolutamente satisfactorio. Con el tiempo, la ciencia aplicada seguramente encontrará soluciones definitivas a las desventajas de los dispositivos actuales:

- Límites técnicos de operación un tanto bajos para el desenvolvimiento en la práctica del detector de metales.
- Necesidad de complementar el uso del detector con métodos alternos o métodos destructivos, sobre elementos estructurales inaccesibles.
- Está sujeto a las variaciones, aunque pequeñas, en el voltaje de sus baterías.
- Aunque el intervalo de lecturas es amplio presenta deficiencia en sus extremos, no registrando lecturas específicas por abajo de 7 mm ni por arriba de 41 mm.
- El rendimiento, no depende únicamente del dispositivo en sí, sino que la información generada puede presentar diferencias a la real por el manejo no adecuado del equipo. No obstante su manejo sea expreso, requiere mucha escrupulosidad para determinar la orientación correcta de las barras que serán medidas y del procedimiento mismo de medición, o de lo contrario, los resultados no serán realistas.
- Alta variabilidad e inconsistencia de resultados en presencia de cuerpos metálicos incidentales, desde marcos metálicos de puertas y ventanas, hasta amarres con alambre negro, y barras de refuerzo próximas a la analizada.

4.

# ENSAYOS DE DETECCIÓN

4.1

## PREÁMBULO

---

## 4.1.1 Introducción

Antes de hacer inmediata aplicación del dispositivo sobre el escenario real donde su respuesta es útil, lo más ortodoxo es estudiar experimentalmente el comportamiento de sus funciones, sobre elementos de ensayo dispuestos con características preconcebidas que simulan las posibilidades en la práctica normal.

La razón evidente que justifica esta actividad como preámbulo, es la necesidad de verificar la precisión de la información que proporciona el dispositivo, de establecer márgenes de confiabilidad, de asimilar la logística de su empleo, de determinar limitaciones, condiciones extremas para la funcionalidad, y de lograr conclusiones extensivas al empleo directo sobre estructuras, para todo lo cual, no se acondiciona favorablemente el ejercicio de realizar las mediciones directamente en un elemento estructural sobre cuyas características internas de composición no se tiene conocimiento o no se tiene la absoluta certeza de la información disponible respecto a lo mismo.

Para los estudios posteriores que se fundamentan en la información estructural descubierta por metodologías como la consistente en el empleo del detector de barras, la demanda básica de datos del reforzamiento radica en las condiciones de las barras en los elementos del sistema estructural.

Los recubrimientos conservados por las barras permiten estimar los brazos de palanca reales en la sección de los elementos y por supuesto la sección efectiva de cada componente estructural.

Así mismo, el conocimiento de los diámetros de las barras de refuerzo, define simultáneamente el área de acero en la sección de los elementos, lo que contribuye a la claridad respecto a la resistencia disponible en las columnas, vigas y viguetas de las edificaciones urgidas de rehabilitaciones.

Estas clases de registros del dispositivo se constituyen en una fuente de referencias básicas utilizables en el desarrollo normal de los análisis de capacidad real de los sistemas estructurales preexistentes.

Para comprender los alcances de la utilidad del detector de barras de refuerzo en la satisfacción de las necesidades de auscultación no destructiva del reforzamiento interno, un primer paso de experimentación puede dar suficientes luces de cómo se desenvuelve y qué tan aceptables pueden ser los resultados obtenidos, a la vez que puede servir como plataforma a un estudio de ajuste a los registros.

## 4.1.2 Alcance

No se pretende del estudio de confiabilidad del dispositivo la universalidad de sus conclusiones, sino, a través de la obtención de su confiabilidad, una noción modesta pero suficiente de su rendimiento, de la cual sea posible extrapolar qué tan independiente puede conseguir ser esta fuente informativa respecto a la necesidad de confrontación con otras fuentes de tipo destructivo.

Esta rutina de reconocimiento experimental ha sido planificada para obtener detalles significativos del funcionamiento del aparato mencionado, dentro del marco de las condiciones siguientes:

- Sólo se consideran las cifras respecto a las dimensiones del recubrimiento de concreto y el diámetro de las barras de acero, que son los datos más importantes y necesarios.

- Se limita a estudiar las variables medibles que se presumen como factores intervinientes en el error sistemático de las lecturas, ya sean de diámetros de barras o de espesores de recubrimiento.

- En lo relativo al examen de la precisión con que el detector localiza la presencia de las barras, no se presentan los resultados de las actividades sino, más cualitativamente, algunos comentarios y observaciones alusivas a lo notado en los ensayos.

El procedimiento llevado a cabo y descrito en este capítulo se limitó a estudiar la auscultación de, dentro de las gradaciones de barras de refuerzo existentes, el conjunto de denominaciones que incluye desde la barra #3 hasta la barra #8, en vista de la superior recurrencia con que se emplean.

Así mismo, dentro de todas las posibilidades que hay de encontrar espesores de recubrimiento en una estructura, fue seleccionado el reducido grupo de los más probables desde de 3cm hasta 11cm.

## 4.2

# LAS PROBETAS DE ENSAYO

---

## 4.2.1 La Idealización

Puesto que no se posee certeza alguna de las propiedades sondeables como el recubrimiento verdadero o la cantidad y los tipos de barras de refuerzo que efectivamente están contenidos en elementos estructurales ya construidos, la manera más eficiente de comprobar la información extraíble del detector en estudio, es materializar probetas acondicionadas precisamente a tal objetivo.

Un razonamiento previo de las condiciones bajo las que se desarrolla la detección de barras, puede fácilmente derivar en la identificación de los factores que es preciso estudiar para comprender el comportamiento del dispositivo en relación a los beneficios obtenibles; a partir de allí, se puede establecer que el enfoque se explicita a dos categorías de evaluación según sus servicios que más utilidad ofrecen al interés del ingeniero: La precisión de sus registros de diámetros de barras de refuerzo y de espesores de recubrimiento correspondientes.

En acuerdo con el interés de que sea evaluada tal precisión en ambos aspectos individualizadamente, el ejercicio de proyectar una probeta que contenga en sí las muchas posibilidades de los elementos reales, es de muy sencilla concepción, según lo que principalmente se busca medir. Así que, para estudiar el comportamiento del dispositivo en sus funciones de descubrir el diámetro de la barra y el recubrimiento respectivo, la consideración básica fue configurar un elemento de concreto con una serie de barras corrugadas de acero de distinta denominación embebidas de modo que conservasen distintos recubrimientos planificados.

El elemento afín a estos propósitos, se modeló para que presentara dos escenarios sensiblemente útiles para la medición, por una parte constituido de una serie de barras de denominación variable y recubrimientos constantes, y por otra parte, de una serie de barras de denominación constante con recubrimientos variados. Esta cualidad se predeterminó para atender las necesidades de la fase de análisis de resultados que se aproxima.

Dentro de las posibilidades de barras de refuerzo se seleccionó el conjunto de denominaciones desde la barra #3 (3/8" ó 9.525 mm) hasta la #8 (1" ó 25.4 mm), advirtiendo que de modo generalizado en el medio de la construcción son las más masivamente empleadas y además, coinciden dentro del dominio del aparato que sólo registra con aproximación los diámetros de barras que son mayores o iguales que 7mm y menores o iguales a 41mm. Para barras que incumplen tal condición, el dispositivo sólo identifica inespecíficamente que son menores de 7mm o que son mayores a 41mm, según se trate.

Así mismo, dentro de todas las posibilidades que hay de encontrar espesores de recubrimiento en una estructura, fue seleccionado el reducido grupo de los más

probables por encima de 3 cm. El límite superior se planeó considerando los alcances pretendidos en el manual del aparato, cifrándose en 11 cm.

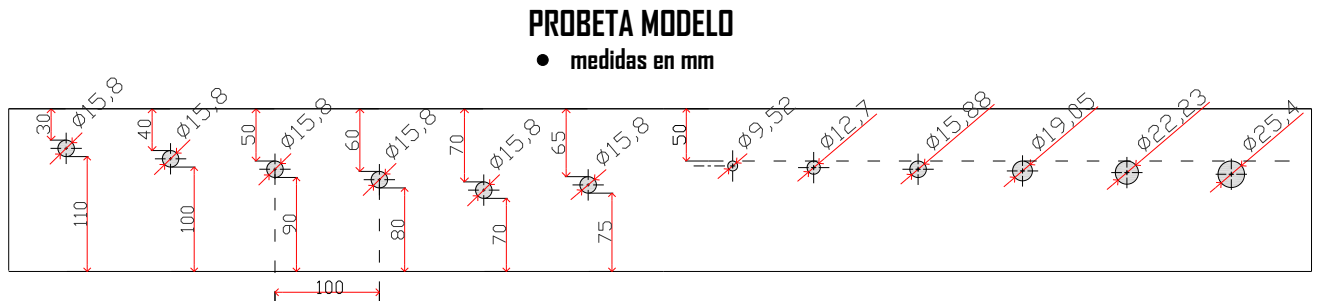


Figura 4-1. Modelo de probeta principal

Además de la probeta principal descrita hasta ahora, se planeó otras dos, pero ya no con intenciones de hacer estadística de sus registros sino mejor para hacer *observaciones* relativas al efecto, sobre los resultados registrados por el detector, que produce utilizar tal dispositivo sobre varias condiciones especiales en que existen nodos formados por barras superpuestas y que simulan situaciones corrientes que se presentan en estructuras reales. Estas experimentaciones adicionales, permiten interpretar e identificar la tendencia del comportamiento del dispositivo en situaciones igualmente convencionales en la práctica, pero que distorsionan los resultados por ser condiciones no favorables ni preconcebidas para el funcionamiento programado del dispositivo.

Para realizar un seguimiento a la respuesta del detector en sondeos de elementos estructurales en donde los aceros son de baja denominación, tipificadamente, varillas de acero para mallas, se proyectó hacer un espécimen de prueba constituida por barras de acero de 6.5 mm dispuestas de una forma reticular coincidente con las mallas electrosoldadas habitualmente usadas en placas aligeradas y muros estructurales. Este ejercicio fue planteado con el propósito de evaluar la aplicabilidad del dispositivo sobre los sistemas constructivos en auge actualmente. Este espécimen de prueba simuló puntos en donde se superponen refuerzos, como mallas y barras longitudinales de columnas de confinamiento.

Para terminar, un segundo espécimen de prueba contempló la situación común en que el acero longitudinal se intersecta con el acero transversal creando puntos críticos para la correcta o aproximada detección de recubrimientos y diámetros. Existen muchas zonas en columnas y vigas donde convergen estribos de más de dos ramas que coinciden con un entramado denso de refuerzo longitudinal, lo genera imprecisiones inesperadas y hacen imprescindible un estudio, como mínimo cualitativo, referido a las anomalías en los registros del detector.

## 4.2.1 La Materialización

Probeta principal:



Imagen 4-1. *Probeta principal: Diferentes perspectivas*

Especímenes de prueba secundarios:



Imagen 4-2. *Especimen de prueba # 1*



Imagen 4-3. *Especimen de prueba # 2*

## 4.3

# EL PROCEDIMIENTO DE SONDEO

---

La serie de ensayos de auscultación de barras de acero de refuerzo fue efectuada sobre probetas construidas con la intención especial de posibilitar inferir el rendimiento del aparato en el servicio que provee y la confiabilidad que entrañan sus indicaciones.

La confiabilidad del dispositivo debe necesariamente fundamentarse en estudios estadísticos sobre la información cuantitativa que surten los procesos de medición. Consecuentemente de esta manera, es posible juzgar su utilidad.

Habida cuenta de esto, la atención se concentró en lograr en práctica el registro de la clase de datos procesables por el ingeniero en el desarrollo de un análisis estructural, que son, para una barra de acero de refuerzo detectada, la medida del diámetro de tal barra y la medida del recubrimiento particular. La confiabilidad del detector de barras sería hallada evaluando la precisión de sólo los datos más útiles.

Para establecer las sesiones ejecutables de levantamiento de información en este nivel experimental de los ensayos, se consideraron las condiciones en que se puede medir con el dispositivo y así mismo, las condiciones en que se puede medir sobre la probeta.

La disposición de la probeta define el modo de operación sobre ella. En conformidad con los dos módulos de que consta tal probeta, a saber, uno (en que se hace variar el diámetro de las barras) con seis barras de diferentes diámetros desde 3/8" (9.525 mm) hasta 1" (25.4 mm) con recubrimientos constantes de 50 mm; y otro (en que se hace variar el recubrimiento) con barras de diámetro constante de 5/8" (15.875mm) con recubrimientos variables desde 3 cm hasta 11 cm, se procuró entonces, una serie de 35 registros para cada una de estas barras.

Independientemente a esta consideración, el detector de barras de refuerzo con el que se realizó la práctica que aquí se reseña, presenta la singularidad de que funciona siempre en uno de dos rangos de operación, alto o bajo. Esto genera la necesidad de que las series de registros planeadas se hagan efectivas igualmente para los dos rangos señalados, *Alto* y *Bajo*.

Entonces tanto para el modo de operación en rango alto como para el de rango bajo, las sesiones planeadas para cada módulo de la probeta debieron repetirse con los 35 registros de que está compuesta cada una, lo que determina la necesidad de cumplir con una rutina de cuatro sesiones de ensayo.

Para la *sesión número 1 del rango alto* de medición, obvia y previamente fue activada en el dispositivo la opción de rango alto, y se procedió a desplazar la sonda de exploración sobre la superficie de la probeta definida para el ensayo en el sector de diámetros variables, que consta de seis barras con diámetros particulares de 3/8", 1/2", 5/8", 3/4", 7/8" y 1" cada una con recubrimientos de 5cm invariablemente. Los

registros de los diámetros y los recubrimientos fueron hechos en milímetros en lugar de pulgadas. Ya que no hubo inconvenientes con los límites de operación, los 35 registros de diámetros y recubrimientos para cada una de las seis barras fueron consignados en la tabla de resultados de la sesión 1 de los resultados particulares del rango alto.

Para la *sesión número 2 del rango alto* de medición, se procedió esta vez a aplicar la sonda sobre el sector de recubrimientos variables que posee seis barras de un único diámetro de 5/8", y de recubrimientos de 3, 4, 5, 6, y 7cm por una cara de la probeta y, 7, 8, 9, 10 y 11cm por la cara contraria. Los 35 registros del procedimiento para cada recubrimiento fueron consignados en la sesión 2 de las tablas de resultados particulares del rango alto. Se observó que para barras que conservaban recubrimientos mayores a 5cm, fue imposible conseguir registro de diámetros, y puesto que no ocurrió lo mismo para los registros de los recubrimientos, la inferencia lógica es que esto indica un límite de capacidad del dispositivo en lo respectivo a medición de diámetros. En lo referente a capacidad de registro de recubrimientos en rango alto, no se obtuvieron resultados para las barras con recubrimientos de 11cm.

Para la *sesión número 1 del rango bajo*, se realizó la rutina operativa normal sobre la probeta, que consistió en los registros de las barras que pertenecen al módulo de recubrimientos constantes y diámetros variables. Los resultados completos se muestran en la tabla correspondiente a esta sesión del rango bajo.

Finalmente, para la *sesión número 2 del rango bajo*, el procedimiento de medición se desarrolló sobre el módulo anteriormente descrito de recubrimientos variables y diámetros de una única denominación. Los resultados de la repetición de los ensayos se compendiaron en la tabla que corresponde a esta sesión 2 del rango bajo. Se observó que para barras de recubrimientos mayores a 5cm, el detector no registra la información del diámetro, y para recubrimientos mayores de 7cm, el detector no notifica el espesor mismo del recubrimiento.

En el procedimiento de ensayo hecho todas las veces requeridas, por supuesto, se respetó el modo de empleo que advierte el manual del dispositivo.

También se efectuaron reiterados ensayos sobre los dos especímenes de prueba adicionales a la probeta principal, pero en conformidad con la finalidad no cuantitativa de estas observaciones, no se adjuntan los registros sino, más prácticamente, los comentarios del comportamiento del detector en las condiciones que se presentaron.

Las tablas de resultados siguientes exhiben los datos de los registros alcanzados en el procedimiento de ensayo, sobre la probeta principal.

## 4.4

# RESULTADOS DE LOS SONDEOS

---

## 4.4.1 Resultados particulares del rango alto

Sesión #1

Recubrimiento [R] constante en mm / Diámetro de barra [D] Variable en mm																
	R	D	R	D	R	D	R	D	R	D	R	D				
	50	3/8"	50	1/2"	50	5/8"	50	3/4"	50	7/8"	50	1"				
1	51	9.6	50	13.8	51	15.2	52	19.6	51	21.7	50	24.5				
2	51	8	51	12.4	52	16.8	54	21.2	51	23	49	24.2				
3	50	9.9	52	10.6	50	14.7	50	19	50	21.7	49	25.5				
4	51	11	50	13	52	16.1	50	20.1	49	19.9	50	24.2				
5	51	9.2	50	11.2	45	15.1	50	19.9	51	21.9	49	25.1				
6	51	8.8	50	12.6	50	15.7	49	20.5	51	22.6	52	24.6				
7	51	9.6	51	12.2	50	15.6	50	18.7	50	19.5	50	24.4				
8	51	9.2	51	12.1	50	14.4	50	20.8	51	22	50	25				
9	51	10.2	53	12.3	50	15.6	50	20.5	50	21.8	50	24.5				
10	51	9.4	50	13.3	51	15.5	50	19	50	20.9	50	23.4				
11	51	9.8	53	12.7	50	15.4	51	19.3	49	21.5	50	25.4				
12	51	9.1	51	12.1	52	16.2	49	19.5	51	21.5	49	24.5				
13	51	10.9	50	10.9	50	15.6	50	19.2	51	22	53	24.9				
14	51	8.9	52	11.8	52	14.8	50	20.3	50	21.4	50	24.4				
15	51	9.4	52	12.2	51	16	52	19.4	51	22.3	51	24.4				
16	48	9.5	50	11.3	50	15.3	50	19.6	50	21	50	23.6				
17	51	9.5	51	12.8	49	16.2	50	20.4	50	22.2	50	25.2				
18	51	9.4	52	12	50	15.1	49	19.7	50	21.9	49	24.6				
19	51	10.5	51	13.3	52	15.9	49	19.1	51	21.6	50	26				
20	50	8.9	51	13.7	50	14.5	49	19.3	50	19.5	49	24.5				
21	51	9.8	50	12.4	51	15.5	50	17.9	51	21.7	52	24.7				
22	50	7.9	51	12.4	50	15.7	50	19.8	49	22.5	49	24.9				
23	51	9.5	52	12.6	47	14.9	49	18.4	50	21.7	52	25.8				
24	51	9.5	52	12.4	50	14.9	50	19.4	51	23.6	51	23.7				
25	51	11.1	52	12.9	50	15.3	51	21.9	50	21.8	51	25				
26	51	8.5	51	12	50	14.7	49	19.7	51	20.3	51	23				
27	52	10.7	52	13.1	50	14.5	50	18.9	51	22	50	25.4				
28	51	11.7	49	11.7	50	16.1	50	19.8	50	21.5	50	24.6				
29	49	9.5	52	13.4	50	15.3	51	19.3	50	20.6	49	26.5				
30	51	9.9	55	13.6	50	14.9	49	18.8	50	21.1	49	24.6				
31	51	9.7	51	12.2	50	15.3	50	19.7	51	20.5	50	24.5				
32	51	8.4	50	12.8	51	14.6	50	19.2	50	23	51	24.1				
33	50	10.3	50	12.4	50	15.7	51	19	50	20.5	48	23.4				
34	51	9.5	51	12.9	50	15.4	49	21.2	51	21.5	50	24.7				
35	51	10.2	50	13.3	50	15.5	50	18.3	50	21.4	49	24.8				

Tabla 4-1. Resultados de mediciones en RANGO ALTO - Sesión #1

Sesión #2

Recubrimiento [R] Variable en mm / Diámetro de barra [D] constante en mm										
	R	D	R	D	R	D	R	D	R	D
	30	5/8"	40	5/8"	50	5/8"	60	5/8"	70	5/8"
1	28	13.9	41	15.6	50	14.9	61	X	71	X
2	31	15.6	41	15.5	48	14.8	62	X	69	X
3	31	15.4	40	16.3	51	16.5	62	X	69	X
4	29	14.3	40	15.5	51	16.3	62	X	70	X
5	30	15	41	15.8	51	17.2	60	X	72	X
6	31	15.1	39	16.1	49	15.4	63	X	70	X
7	32	15.9	41	16.6	51	14.4	59	X	70	X
8	31	15.1	41	15.4	52	15.6	62	X	70	X
9	31	14.1	41	14.8	52	14.3	62	X	73	X
10	31	15.3	42	15.3	51	15.1	61	X	71	X
11	31	15.5	41	14.5	52	12.2	62	X	69	X
12	32	14.5	41	14.7	52	15.6	60	X	69	X
13	30	15.4	44	14.1	50	15.5	63	X	73	X
14	30	15.8	41	15.3	52	15.1	62	X	69	X
15	30	16.4	42	14.2	51	14.5	61	X	72	X
16	30	16.5	41	14.6	51	15.4	60	X	70	X
17	31	14.9	42	13.5	51	13.6	58	X	71	X
18	31	14.6	42	14.7	49	14.3	60	X	69	X
19	31	14.5	40	15.6	51	15.7	60	X	71	X
20	30	15.2	43	15.8	52	16.2	61	X	71	X
21	31	15.2	42	15.2	51	18.1	61	X	70	X
22	31	15.7	41	15.9	51	16.2	62	X	69	X
23	31	13.4	41	13.5	52	14.8	63	X	72	X
24	31	15.2	41	14.8	53	15.5	62	X	73	X
25	31	15	42	13.5	52	14.4	59	X	73	X
26	33	16.3	42	14.9	51	15.3	61	X	68	X
27	33	14.5	41	14.4	52	14.5	60	X	72	X
28	31	14.3	41	15.6	52	14.9	61	X	69	X
29	30	14.2	43	15.8	51	14.5	59	X	72	X
30	31	14.9	40	16.1	51	15.5	63	X	70	X
31	30	16.5	42	15.6	51	13.9	59	X	70	X
32	32	16.3	43	16.7	50	14.2	58	X	70	X
33	30	15	41	16	51	14.4	57	X	72	X
34	30	17.2	39	13.6	50	14.3	61	X	72	X
35	30	14.4	42	14.7	51	16.8	60	X	68	X

Tabla 4-2. Resultados de mediciones en RANGO ALTO - Sesión # 2

### Continuación Sesión #2

Recubrimiento [R] Variable en mm / Diámetro de barra [D] constante en mm								
	R	D	R	D	R	D		
	80	5/8"	90	5/8"	100	5/8"	110	5/8"
1	80	X	90	X	99	X	X	X
2	82	X	91	X	101	X	X	X
3	80	X	88	X	99	X	X	X
4	81	X	92	X	100	X	X	X
5	80	X	90	X	97	X	X	X
6	81	X	93	X	100	X	X	X
7	80	X	90	X	103	X	X	X
8	80	X	92	X	97	X	X	X
9	82	X	90	X	99	X	X	X
10	79	X	93	X	103	X	X	X
11	80	X	90	X	98	X	X	X
12	80	X	92	X	100	X	X	X
13	80	X	90	X	100	X	X	X
14	82	X	95	X	101	X	X	X
15	80	X	88	X	100	X	X	X
16	82	X	92	X	101	X	X	X
17	78	X	90	X	100	X	X	X
18	80	X	91	X	102	X	X	X
19	83	X	88	X	97	X	X	X
20	80	X	92	X	100	X	X	X
21	82	X	93	X	100	X	X	X
22	80	X	90	X	100	X	X	X
23	80	X	89	X	102	X	X	X
24	80	X	92	X	102	X	X	X
25	79	X	90	X	100	X	X	X
26	83	X	91	X	100	X	X	X
27	80	X	89	X	99	X	X	X
28	83	X	92	X	100	X	X	X
29	79	X	90	X	102	X	X	X
30	82	X	89	X	104	X	X	X
31	81	X	88	X	103	X	X	X
32	80	X	92	X	101	X	X	X
33	80	X	90	X	100	X	X	X
34	83	X	90	X	102	X	X	X
35	81	X	90	X	104	X	X	X

Continuación Tabla 4-2. Resultados de mediciones en RANGO ALTO -Sesión # 2

### 4.4.2 Resultados particulares del rango bajo

Sesión #1

Recubrimiento [R] constante en mm / Diámetro de barra [D] Variable en mm												
	R	D	R	D	R	D	R	D	R	D	R	D
	50	3/8"	50	1/2"	50	5/8"	50	3/4"	50	7/8"	50	1"
1	50	8.7	54	11.3	54	16.1	50	18.6	50	21.5	47	25.8
2	50	10.2	50	11.9	50	16.8	50	18.5	50	22	50	26.2
3	51	8.5	50	13.6	50	16.1	50	19.2	49	22.4	50	24.8
4	52	10.3	49	11.6	49	15.8	50	19.1	50	21.2	48	25.6
5	52	10.2	49	10.4	49	16.9	50	19.1	50	21.3	51	25.2
6	50	8.9	51	13.7	51	15.8	50	19.2	52	22.7	50	25.3
7	52	8.1	50	11.9	50	16.1	50	18.6	49	22.3	52	25.2
8	51	9.5	48	10.7	48	15.3	51	18.8	51	23.4	50	24.2
9	50	10.2	50	14	50	15.8	50	21.1	50	22.7	50	25.4
10	54	7.3	49	12.6	49	14.8	50	17.9	50	21.5	52	25.7
11	50	11.2	51	15	51	16.4	50	21.4	49	20.9	50	25.5
12	50	9.7	50	11.6	51	16	50	18.2	50	21.3	48	24.3
13	50	9.7	51	11.8	51	15.6	50	19.9	50	22	51	25.8
14	51	9.4	53	13.1	50	15.8	51	20.3	50	22.7	51	25.6
15	53	9.3	50	13.5	50	15.5	51	18.3	52	22.1	52	24.7
16	51	9.9	51	12	51	15	51	19.3	48	21.9	52	24.2
17	50	8.7	51	12.6	51	15.3	50	17.9	50	23.1	53	24.7
18	48	10.2	50	11.8	50	15.3	48	18.3	51	22.6	49	25.4
19	49	7.7	54	12.3	50	16.1	49	18.1	52	20.4	49	25.6
20	51	10.1	51	11.6	52	16	51	19.5	51	20.6	50	25.4
21	50	9.5	51	12.9	51	15.8	50	18.5	52	22.3	50	24.7
22	52	8.8	51	14.7	51	16.4	50	17.8	50	23.5	49	24.3
23	51	9.3	51	12.2	51	15.4	51	19.5	50	21.1	51	24.8
24	51	9.2	51	11.6	51	17.1	51	18.5	53	21.8	53	24.5
25	51	9.2	50	11.5	50	15.8	51	18.9	51	24.3	52	25.5
26	51	10	50	13.3	50	16.4	51	20.4	50	22.4	53	26
27	50	10.2	49	13.3	49	15.9	50	19.3	49	22	50	25.6
28	50	9.5	53	13.6	50	16.1	50	17.8	50	21.9	51	25.2
29	52	8.7	53	13.7	53	15.8	50	17.8	49	21.2	51	23.4
30	51	7.6	50	11.9	50	15.4	51	19.4	50	22.5	50	24.6
31	50	9.4	50	13.3	50	15.9	50	19.5	49	20.9	50	25.5
32	49	8.7	51	12.4	51	15.8	49	18.4	50	24.3	50	24.5
33	52	9.5	51	14.1	51	14	52	19.8	50	21.4	47	25.4
34	51	9.6	49	13.7	49	15.9	51	18.1	51	24.3	50	24.6
35	49	10.1	50	11.1	50	16.4	49	19.7	50	22.1	50	26

Tabla 4-3. Resultados de mediciones en RANGO BAJO - Sesión #1

Sesión # 2

Recubrimiento [R] Variable en mm / Diámetro de barra [D] constante en mm												
	R	D	R	D	R	D	R	D	R	D	R	D
	30	5/8"	40	5/8"	50	5/8"	60	5/8"	65	5/8"	70	5/8"
1	29	16.9	40	16.3	50	15.6	59	X	65	X	70	X
2	31	15.9	41	15.6	49	15.7	60	X	65	X	68	X
3	31	15.8	41	14.9	50	16	62	X	65	X	69	X
4	31	15.6	40	16.4	51	14.5	60	X	66	X	72	X
5	31	15.4	41	15.6	51	15.8	62	X	67	X	72	X
6	31	14.9	41	16.2	53	16	59	X	65	X	71	X
7	31	14.5	43	15.7	53	15.9	62	X	67	X	73	X
8	31	15.3	41	16	52	14.9	61	X	67	X	71	X
9	31	15.4	41	15.8	50	16.3	59	X	66	X	72	X
10	30	15.3	41	15.4	51	16.8	60	X	66	X	72	X
11	31	16.7	42	15.7	49	15.5	60	X	65	X	70	X
12	31	14.8	41	16.6	50	15.7	60	X	66	X	70	X
13	32	15.9	41	15.7	51	16.2	62	X	64	X	70	X
14	31	16.5	41	16.3	50	15.9	58	X	66	X	70	X
15	31	15.9	40	15.8	52	15.9	60	X	67	X	71	X
16	31	16.1	41	15.9	50	15.6	62	X	67	X	72	X
17	31	15.2	43	16	50	15.8	61	X	64	X	70	X
18	31	16.2	39	15.8	53	16.2	61	X	66	X	71	X
19	31	15.7	41	15.4	50	15.8	60	X	65	X	70	X
20	30	15.5	41	15.5	50	15.6	62	X	66	X	69	X
21	31	15.8	41	16.2	50	15.6	60	X	66	X	70	X
22	29	15.9	41	15.7	50	16.5	60	X	66	X	70	X
23	32	15.6	41	14.5	50	16.2	60	X	67	X	71	X
24	32	16.3	41	15.2	53	14.9	61	X	64	X	69	X
25	31	16	42	16.7	49	16.3	60	X	66	X	72	X
26	33	15.6	41	15.4	52	15.7	59	X	66	X	69	X
27	31	15.9	42	16.1	52	15.9	61	X	66	X	72	X
28	31	16.7	41	16.6	50	15.8	62	X	65	X	70	X
29	32	16.3	41	15.9	50	15.6	60	X	66	X	72	X
30	30	16.6	42	14.2	51	15.3	62	X	65	X	69	X
31	31	15.9	42	15.9	50	15.7	63	X	63	X	70	X
32	31	15.3	41	16.8	51	15.9	61	X	63	X	69	X
33	31	15.3	43	16	51	16.5	61	X	66	X	73	X
34	30	16.8	41	15.6	50	15.9	60	X	64	X	72	X
35	31	16.5	40	16.4	52	15.9	61	X	66	X	73	X

Tabla 4-4. Resultados de mediciones en RANGO BAJO - Sesión # 2

4.5

## ANÁLISIS DE RESULTADOS

---

*(El estudio de datos registrados por el detector, se fraccionó en dos partes según las variables de las medidas en la probeta (Diámetros y Recubrimientos), y que a su vez fueron subdivididos en dos secciones según las posibilidades de lectura del dispositivo (Rango alto y Rango bajo).*

		Variables de la probeta	
		Diámetros	Recubrimientos
Variables del detector	Rango Alto	✓	✓
	Rango Bajo	✓	✓

*Los cuatro estudios que se desarrollan son entonces:*

- Registros de diámetros en rango alto*
- Registro de diámetros en rango bajo*
- Registro de recubrimientos en rango alto*
- Registro de recubrimientos en rango bajo*

*Cada uno de los cuatro estudios consiste en primer lugar, en la valoración de los efectos sobre la calidad del registro, por parte de los factores que representan la más inmediata afectación.*

*Los únicos parámetros que tienen la capacidad de influenciar errores son los propios tamaños de diámetros y recubrimientos de la barra medida, en vista de que los demás factores como separación entre barras, calidad del acero y propiedades del concreto, permanecieron constantes durante los ensayos.*

*Es importante estudiar cada uno de los dos efectos por separado, porque:*

- El efecto que resulta insignificante puede descartarse.*
- El efecto que resulte más significativo, puede representar unilateralmente el comportamiento del error.*
- Si los dos efectos evaluables en el estudio de un registro coinciden en no ser significativos, el error en los registros tampoco debe serlo y la confiabilidad debe ser alta.*

*En segundo lugar, el estudio se basa en la frecuencia de los errores para verificar la distribución del error y cuantificar la confiabilidad de acuerdo al error máximo permisible que, a falta de normativa colombiana al específico respecto, fue establecido así:*

- Para registros de recubrimientos, independientemente al rango de medición usado,  $\pm 2\text{mm}$  ó 5% [Con apoyo en la norma británica "BS 1881 Testing concrete: Part 204 Recommendations on the use of electromagnetic covermeters: 1988"].*
- Para registros de diámetros, independientemente al rango de medición usado, se estableció como error máximo permisible y límite de confiabilidad, la mitad de la*

*medida en que se diferencian dos barras comerciales consecutivas:  $\pm 1.58$  mm ó 1.5mm para efectos prácticos.*

*Esta fase previa experimental tiene entre sus propósitos hacer funcionar el dispositivo y reconocer las anomalías en el registro, al nivel básico de las probetas, con cuyo análisis se logre deducir un ajuste posible de aplicar en práctica.*

*De acuerdo con esta intención, cuando los errores revelen alta significancia en comparación porcentual con las medidas reales de diámetros o recubrimientos, según sea el caso, se extenderá el estudio del registro involucrado hasta un intento de interpretación corregida de lecturas de campo. )*

## 4.5.1 Estudio de registros de Diámetros en el Rango Alto de medición

### 4.5.1.1 Análisis del espesor de recubrimiento como influencia del error

Metodología seguida: Sin que varíen las magnitudes de los diámetros de las barras ni la separación entre ellas, y bajo las condiciones de recubrimientos de diferentes espesores para cada una de las barras aludidas, es posible entender el grado de la interferencia que puedan alcanzar a ocasionar los recubrimientos sobre los registros de los diámetros.

La manera de evaluar tales efectos estribó en examinar los errores presentados por las lecturas de un mismo diámetro bajo recubrimientos de 3, 4, y 5cm, en vista de que la capacidad del dispositivo sólo ofrece registros hasta allí.

Datos reorganizados: 35 registros de un mismo diámetro (5/8" ó 15.875mm) por cada espesor por debajo del límite técnico del dispositivo. Los datos fueron extraídos desde la sesión 2 de los resultados particulares del rango alto, obedeciendo a las necesidades del análisis de que se implemente los registros de un ejercicio sobre barras de un mismo diámetro, que además presenten variedad de recubrimientos. En las siguientes tablas se utiliza como convención las iniciales **R**, **D** y **L** para identificar **Recubrimientos**, **Diámetros** y **Lecturas de Diámetros**, respectivamente.

R	30 mm	
D	5/8" (15.875 mm)	
	L	Error
	mm	mm
1	13.9	1.975
2	15.6	0.275
3	15.4	0.475
4	14.3	1.575
5	15	0.875
6	15.1	0.775
7	15.9	-0.025
8	15.1	0.775
9	14.1	1.775
10	15.3	0.575
11	15.5	0.375
12	14.5	1.375
13	15.4	0.475
14	15.8	0.075
15	16.4	-0.525
16	16.5	-0.625
17	14.9	0.975
18	14.6	1.275
19	14.5	1.375
20	15.2	0.675
21	15.2	0.675
22	15.7	0.175
23	13.4	2.475
24	15.2	0.675
25	15	0.875
26	16.3	-0.425
27	14.5	1.375
28	14.3	1.575
29	14.2	1.675
30	14.9	0.975
31	16.5	-0.625
32	16.3	-0.425
33	15	0.875
34	17.2	-1.325
35	14.4	1.475
Media	15.2	<b>0.7007</b>
Desviación	0.83	0.8316

R	40 mm	
D	5/8" (15.875 mm)	
	L	Error
	mm	mm
1	15.6	0.275
2	15.5	0.375
3	16.3	-0.425
4	15.5	0.375
5	15.8	0.075
6	16.1	-0.225
7	16.6	-0.725
8	15.4	0.475
9	14.8	1.075
10	15.3	0.575
11	14.5	1.375
12	14.7	1.175
13	14.1	1.775
14	15.3	0.575
15	14.2	1.675
16	14.6	1.275
17	13.5	2.375
18	14.7	1.175
19	15.6	0.275
20	15.8	0.075
21	15.2	0.675
22	15.9	-0.025
23	13.5	2.375
24	14.8	1.075
25	13.5	2.375
26	14.9	0.975
27	14.4	1.475
28	15.6	0.275
29	15.8	0.075
30	16.1	-0.225
31	15.6	0.275
32	16.7	-0.825
33	16	-0.125
34	13.6	2.275
35	14.7	1.175
Media	15.1	<b>0.7264</b>
Desviación	0.86	0.864

R	50 mm	
D	5/8" (15.875 mm)	
	L	Error
	mm	mm
1	14.9	0.975
2	14.8	1.075
3	16.5	-0.625
4	16.3	-0.425
5	17.2	-1.325
6	15.4	0.475
7	14.4	1.475
8	15.6	0.275
9	14.3	1.575
10	15.1	0.775
11	12.2	3.675
12	15.6	0.275
13	15.5	0.375
14	15.1	0.775
15	14.5	1.375
16	15.4	0.475
17	13.6	2.275
18	14.3	1.575
19	15.7	0.175
20	16.2	-0.325
21	18.1	-2.225
22	16.2	-0.325
23	14.8	1.075
24	15.5	0.375
25	14.4	1.475
26	15.3	0.575
27	14.5	1.375
28	14.9	0.975
29	14.5	1.375
30	15.5	0.375
31	13.9	1.975
32	14.2	1.675
33	14.4	1.475
34	14.3	1.575
35	16.8	-0.925
Media	15.1	<b>0.735</b>
Desviación	1.09	1.0858

Tabla 4-5. Datos para el estudio de la influencia del recubrimiento en las mediciones del DIÁMETRO - RANGO ALTO

Linealizaciones de tendencia y observaciones: Según la gráfica siguiente, el reducido intervalo de valores de medias de error, en que se ubican las lecturas de los diámetros afectados por la variación de los recubrimientos, permite interpretar la insignificanemente baja influencia que ejercen los recubrimientos sobre la función de determinación de diámetros. Realmente en el caso de interferir, por lo que indican los datos utilizables y su regresión lineal, el recubrimiento interfiere de manera no decisiva. El error por el ascenso del recubrimiento en 1m, motiva un aumento del error de hasta 1.7mm aproximadamente. Para fines prácticos se puede omitir este efecto.

**-Gráfica de Media de error en lecturas de diámetro (rango alto) vs Medida real de recubrimientos-**

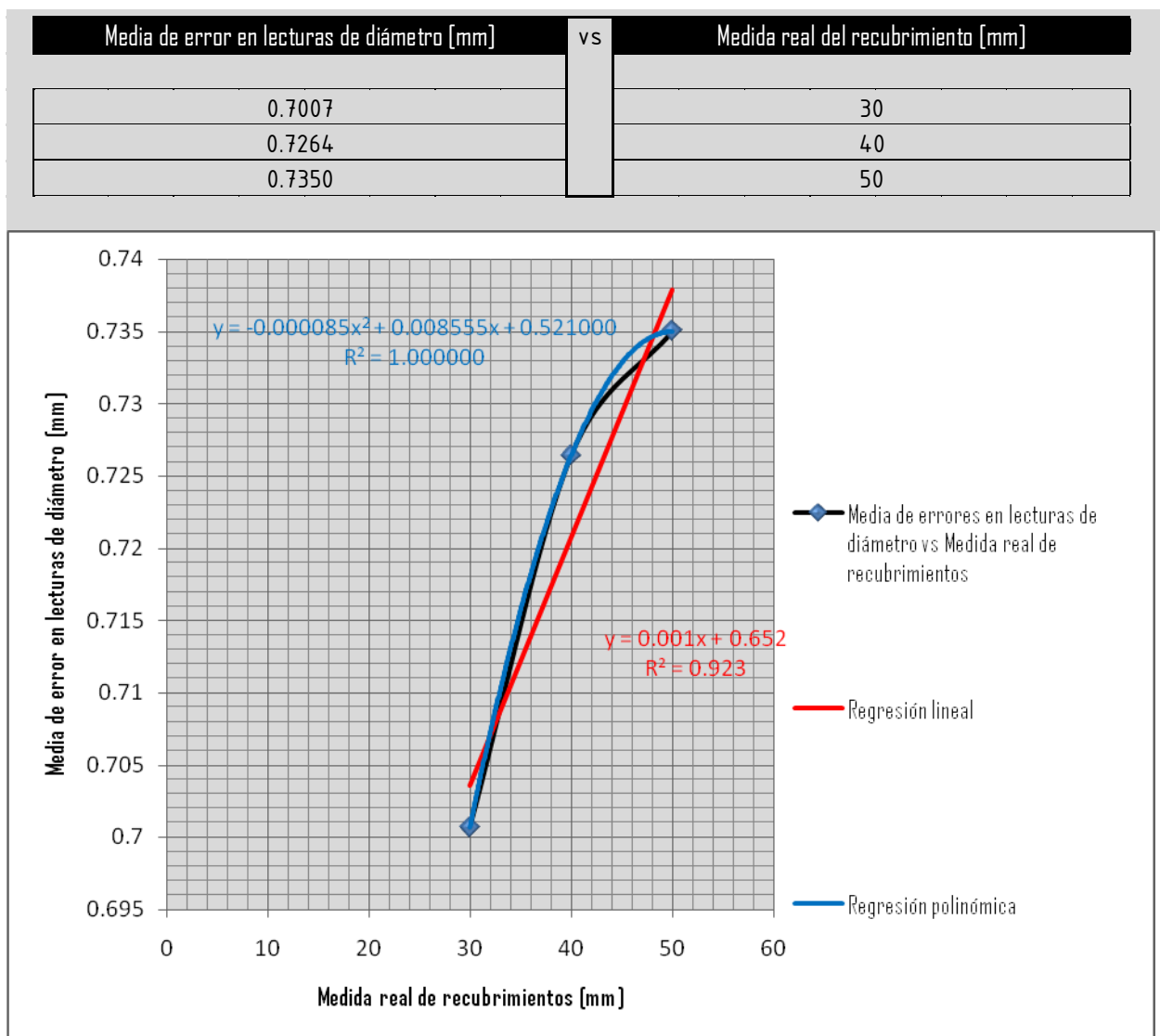


Figura. 4-1 *Lineas de tendencia de la influencia del recubrimiento en los registros del DIÁMETRO – RANGO ALTO*

### 4.5.1.2 Análisis del tamaño del diámetro como influencia del error

Metodología seguida: A diferencia del análisis inmediatamente anterior, si todo permanece constante, a excepción de las barras, es decir, si los espesores de recubrimiento para cada una de las varias denominaciones de barras ensayadas, así como la separación borde a borde entre ellas, se disponen de manera idéntica en la probeta de experimentación sin variaciones notables de ningún tipo, son dadas así las condiciones para que un patrón de conducta del error en dependencia con la única variable tenida en cuenta, que es el tamaño del diámetro de la barra, sea posible de estudiar.

Si es patente en las gráficas de tendencias de resultados que las medias de los errores de lecturas de diámetros no están dispersas y mantienen una regularidad horizontal, o incluso vertical un intervalo de error relativamente pequeño, se está en la posibilidad de ignorar la influencia que pueda general este factor en la imprecisión del dispositivo en sus registros de diámetros de barras de refuerzo.

Si en cambio lo patente es que las medias de los errores de lecturas de diámetros son magnitudes considerables con respecto a las de los propios diámetros de las barras, se está ante la necesidad de contemplar hacer un análisis extra de ajuste de errores provocados por este factor en especial.

Datos reorganizados: 35 registros del detector para un mismo recubrimiento por cada denominación comercial de barra de refuerzo desde la de 3/8" (9.525mm) hasta la de 1" (25.4mm). La información fue extraída de la sesión 1 de los resultados particulares del rango alto de las mediciones sobre la probeta. Las siguientes convenciones fueron usadas para distinguir las variables tenidas en cuenta en las tablas que se exponen a continuación:

*[R]– Recubrimiento real*

*[D] – Diámetro real de la barra*

*[L] – Lectura del diámetro (según detector)*

R	50 mm	
D	3/8" (9.525 mm)	
	L	Error
	mm	mm
1	9.6	-0.075
2	8	1.525
3	9.9	-0.375
4	11	-1.475
5	9.2	0.325
6	8.8	0.725
7	9.6	-0.075
8	9.2	0.325
9	10.2	-0.675
10	9.4	0.125
11	9.8	-0.275
12	9.1	0.425
13	10.9	-1.375
14	8.9	0.625
15	9.4	0.125
16	9.5	0.025
17	9.5	0.025
18	9.4	0.125
19	10.5	-0.975
20	8.9	0.625
21	9.8	-0.275
22	7.9	1.625
23	9.5	0.025
24	9.5	0.025
25	11.1	-1.575
26	8.5	1.025
27	10.7	-1.175
28	11.7	-2.175
29	9.5	0.025
30	9.9	-0.375
31	9.7	-0.175
32	8.4	1.125
33	10.3	-0.775
34	9.5	0.025
35	10.2	-0.675
Media	9.63	-0.104
Desviación	0.83	0.8324

R	50 mm	
D	1/2" (12.7 mm)	
	L	Error
	mm	mm
1	13.8	-1.1
2	12.4	0.3
3	10.6	2.1
4	13	-0.3
5	11.2	1.5
6	12.6	0.1
7	12.2	0.5
8	12.1	0.6
9	12.3	0.4
10	13.3	-0.6
11	12.7	0
12	12.1	0.6
13	10.9	1.8
14	11.8	0.9
15	12.2	0.5
16	11.3	1.4
17	12.8	-0.1
18	12	0.7
19	13.3	-0.6
20	13.7	-1
21	12.4	0.3
22	12.4	0.3
23	12.6	0.1
24	12.4	0.3
25	12.9	-0.2
26	12	0.7
27	13.1	-0.4
28	11.7	1
29	13.4	-0.7
30	13.6	-0.9
31	12.2	0.5
32	12.8	-0.1
33	12.4	0.3
34	12.9	-0.2
35	13.3	-0.6
Media	12.5	0.2314
Desviación	0.75	0.7524

R	50 mm	
D	5/8" (15.875 mm)	
	L	Error
	mm	mm
1	15.2	0.675
2	16.8	-0.925
3	14.7	1.175
4	16.1	-0.225
5	15.1	0.775
6	15.7	0.175
7	15.6	0.275
8	14.4	1.475
9	15.6	0.275
10	15.5	0.375
11	15.4	0.475
12	16.2	-0.325
13	15.6	0.275
14	14.8	1.075
15	16	-0.125
16	15.3	0.575
17	16.2	-0.325
18	15.1	0.775
19	15.9	-0.025
20	14.5	1.375
21	15.5	0.375
22	15.7	0.175
23	14.9	0.975
24	14.9	0.975
25	15.3	0.575
26	14.7	1.175
27	14.5	1.375
28	16.1	-0.225
29	15.3	0.575
30	14.9	0.975
31	15.3	0.575
32	14.6	1.275
33	15.7	0.175
34	15.4	0.475
35	15.5	0.375
Media	15.4	0.5036
Desviación	0.56	0.5563

Tabla 4-6. Datos para el estudio de la influencia del tamaño del diámetro en las mediciones del DIÁMETRO - RANGO ALTO

R	50 mm	
D	3/4" (19.05 mm)	
	L	Error
	mm	mm
1	19.6	-0.55
2	21.2	-2.15
3	19	0.05
4	20.1	-1.05
5	19.9	-0.85
6	20.5	-1.45
7	18.7	0.35
8	20.8	-1.75
9	20.5	-1.45
10	19	0.05
11	19.3	-0.25
12	19.5	-0.45
13	19.2	-0.15
14	20.3	-1.25
15	19.4	-0.35
16	19.6	-0.55
17	20.4	-1.35
18	19.7	-0.65
19	19.1	-0.05
20	19.3	-0.25
21	17.9	1.15
22	19.8	-0.75
23	18.4	0.65
24	19.4	-0.35
25	21.9	-2.85
26	19.7	-0.65
27	18.9	0.15
28	19.8	-0.75
29	19.3	-0.25
30	18.8	0.25
31	19.7	-0.65
32	19.2	-0.15
33	19	0.05
34	21.2	-2.15
35	18.3	0.75
<b>Media</b>	19.6	<b>-0.561</b>
<b>Desviación</b>	0.85	0.8454

R	50 mm	
D	7/8" (22.225 mm)	
	L	Error
	mm	mm
1	21.7	0.525
2	23	-0.775
3	21.7	0.525
4	19.9	2.325
5	21.9	0.325
6	22.6	-0.375
7	19.5	2.725
8	22	0.225
9	21.8	0.425
10	20.9	1.325
11	21.5	0.725
12	21.5	0.725
13	22	0.225
14	21.4	0.825
15	22.3	-0.075
16	21	1.225
17	22.2	0.025
18	21.9	0.325
19	21.6	0.625
20	19.5	2.725
21	21.7	0.525
22	22.5	-0.275
23	21.7	0.525
24	23.6	-1.375
25	21.8	0.425
26	20.3	1.925
27	22	0.225
28	21.5	0.725
29	20.6	1.625
30	21.1	1.125
31	20.5	1.725
32	23	-0.775
33	20.5	1.725
34	21.5	0.725
35	21.4	0.825
<b>Media</b>	21.5	<b>0.6936</b>
<b>Desviación</b>	0.91	0.9139

R	50 mm	
D	1" (25.4 mm)	
	L	Error
	mm	mm
1	24.5	0.9
2	24.2	1.2
3	25.5	-0.1
4	24.2	1.2
5	25.1	0.3
6	24.6	0.8
7	24.4	1
8	25	0.4
9	24.5	0.9
10	23.4	2
11	25.4	0
12	24.5	0.9
13	24.9	0.5
14	24.4	1
15	24.4	1
16	23.6	1.8
17	25.2	0.2
18	24.6	0.8
19	26	-0.6
20	24.5	0.9
21	24.7	0.7
22	24.9	0.5
23	25.8	-0.4
24	23.7	1.7
25	25	0.4
26	23	2.4
27	25.4	0
28	24.6	0.8
29	26.5	-1.1
30	24.6	0.8
31	24.5	0.9
32	24.1	1.3
33	23.4	2
34	24.7	0.7
35	24.8	0.6
<b>Media</b>	24.6	<b>0.7543</b>
<b>Desviación</b>	0.72	0.7208

Continuación Tabla 4-6. Datos para el estudio de la influencia del tamaño del diámetro en las mediciones del DIÁMETRO - RANGO ALTO

Linealizaciones de tendencia y observaciones: Aunque las medias de los errores persistan siendo bajas, la variabilidad del comportamiento evidenciable en la gráfica siguiente, y más aún el estrecho margen de error que permiten las pequeñas diferencias entre tamaños de barras de refuerzo, son razones que implican obligadamente mejores precisiones en las medidas para evitar confundir, en circunstancias críticas, barras de denominaciones consecutivas. Más adelante se presentará como solución para el especial caso en cuestión, una propuesta de ajuste a las lecturas de diámetro en rango alto para eliminar la ambigüedad de sus detecciones.

**-Gráfica de Media de error en lecturas de diámetro (rango alto) vs Medida real de diámetros-**

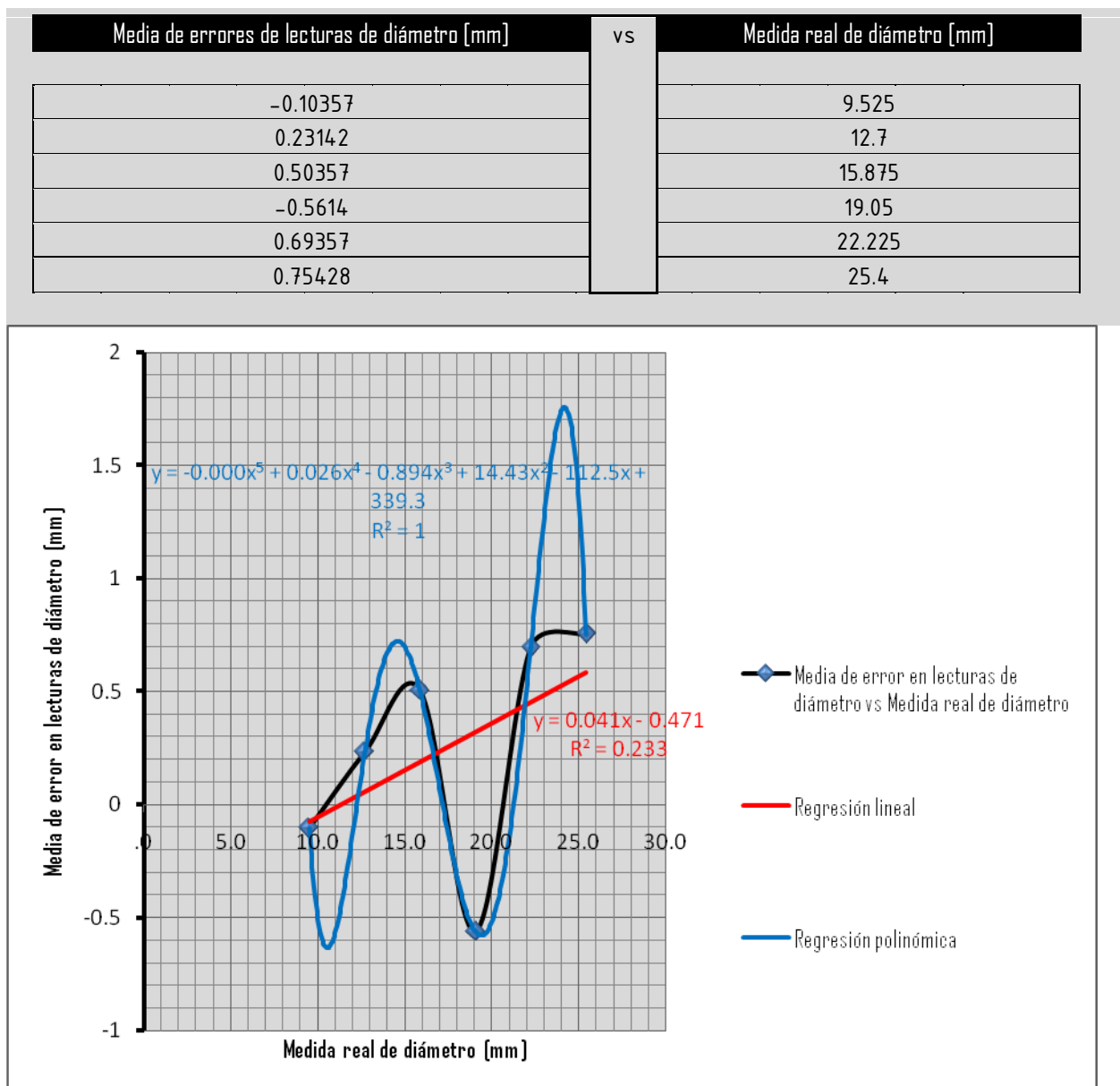


Figura 4-2. Líneas de tendencia de la influencia del diámetro en los registros del DIÁMETRO – RANGO ALTO

### 4.5.1.3 Distribución del error y confiabilidad observada

Para describir la tendencia general del error, con la totalidad de registros de diámetros en rango alto, independientemente del recubrimiento que conservaran las barras, se procedió a conformar una clasificación del error entre los siguientes niveles:  $\pm 0.5\text{mm}$ ,  $\pm 1\text{mm}$ ,  $\pm 1.5\text{mm}$ ,  $\pm 2\text{mm}$ ,  $\pm 2.5\text{mm}$ ,  $\pm 3\text{mm}$ .

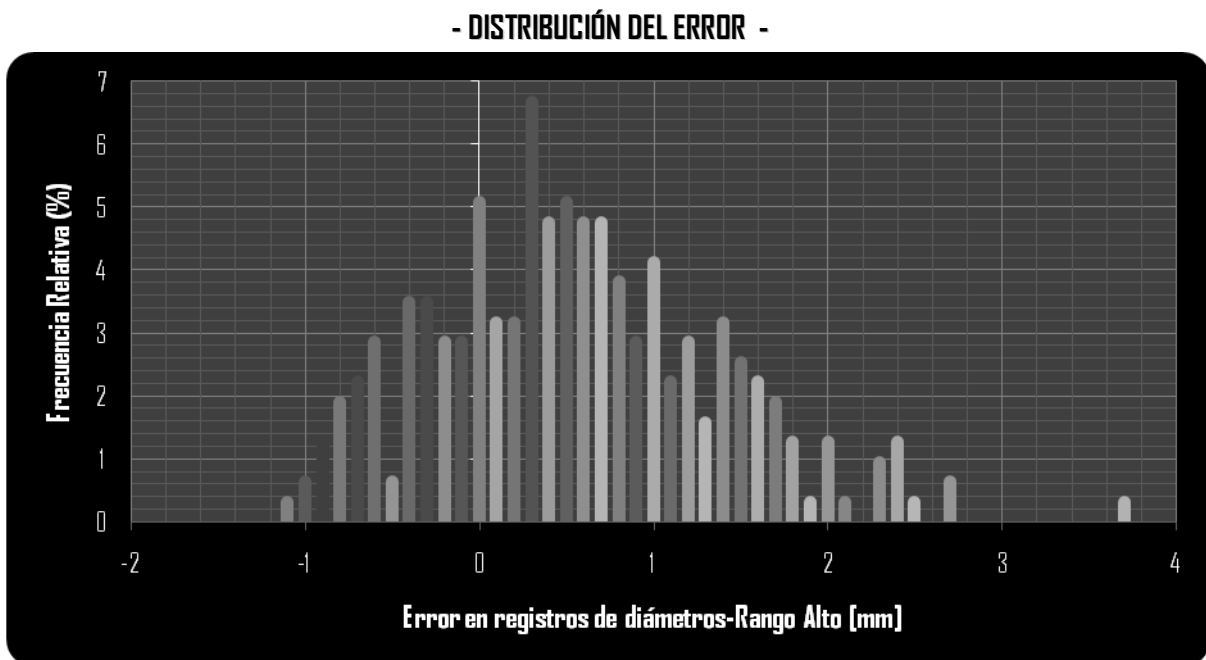


Figura 4-3. Distribución de errores en registros de DIÁMETRO – RANGO ALTO

ERROR $\pm 0.5\text{mm}$	ERROR $\pm 1\text{mm}$	ERROR $\pm 1.5\text{mm}$	ERROR $\pm 2\text{mm}$	ERROR $\pm 2.5\text{mm}$	ERROR $\pm 3\text{mm}$	ERROR $\pm 3.5\text{mm}$	
39.7 %	30.5 %	16.5 %	7.9 %	4.1 %	1.0 %	0.3 %	100%

-La confiabilidad fue establecida mediante el criterio de que el máximo error permisible para no confundir las barras de denominaciones consecutivas, que por lo demás es el único riesgo según lo observado, debía corresponder a la mitad de la diferencia entre diámetros de barras de refuerzo comerciales, o sea  $1/16''$  ó  $1.58\text{ mm}$  (Léase mejor  $1.5\text{ mm}$  para fines prácticos, teniendo en cuenta que el detector sólo lee hasta una décima de milímetro).

Un error mayor que  $1.58\text{ mm}$  ó menor que  $-1.58\text{ mm}$ , lleva a un redondeo a un múltiplo de  $1/8''$  erróneo de la lectura registrada por el detector.

CONFIABILIDAD	ERROR ACUMULADO $\pm 1.58\text{mm}$	86.7 %
---------------	-------------------------------------	--------

Neutralización del error: Habida cuenta de la necesidad de ajuste propiciada por el error correlativo a registros de diámetros no lo suficientemente precisos generados por el *rango alto* de medición en la práctica de ensayos con el detector, se procede a definir la metodología para satisfacerla.

En oficina, es posible extraer a partir de datos de campo una propuesta de ajuste a las incorrecciones propias del dispositivo.

La linealización polinómica extraída del análisis de influencia del diámetro propio en el error de su misma lectura, es una representación muy probable de la tendencia del error total. Además, como pudo entenderse, según los datos disponibles, el recubrimiento no ocasiona errores adicionales significativos, en el mismo rango alto de medición.

Bajo la premisa de que el error en cualquier lectura posible asume la tendencia de aquella linealización, se tiene en consecuencia una versión teórica del ajuste que debe corregir una lectura cualquiera para hacerla coincidir o aproximarla al registro real.

Se cuenta también con una versión integrada por la totalidad de los datos de campo, que es distinta a la versión inmediatamente anterior extraída de las medias estadísticas de los mismos datos de campo.

En la versión de campo, todas las lecturas están ligadas a una medida real del diámetro que se intentó leer. Se sabe entonces que en campo existe una cierta posibilidad real de encontrar determinados registros cuando el dispositivo intenta leer el verdadero diámetro.

La superposición del ajuste a todas las lecturas posibles mediante la linealización aludida, con una segunda versión que es la información original de los ensayos del detector en la probeta, provee, a través de una tabulación como la que muestra la tabla 4-7, las probabilidades de que cierta lectura del diámetro de una barra represente cierta magnitud real de la propia barra.

La tabla 4-8, presenta una síntesis de las probables interpretaciones que, con base en la tabla 4-7, pueden hacerse de una cierta lectura que se ubique dentro de las zonas donde las ambigüedades de la precisión no permitan una decisión con confianza y determinación.

Tabla 4-7. Superposición de Información de campo con Linealización de oficina

Información de campo		Diámetro real de barra medida [mm]		Lectura posible, Redondeada a múltiplo de 1/8" [mm]		50%↑		50%↓		100%		
		Lectura posible, Redondeada a múltiplo de 1/8" [mm]		Lectura posible, Redondeada a múltiplo de 1/8" [mm]		Lectura posible, Redondeada a múltiplo de 1/8" [mm]		Lectura posible, Redondeada a múltiplo de 1/8" [mm]		Lectura posible, Redondeada a múltiplo de 1/8" [mm]		
Información de oficina	Lectura posible	7.6	7.7	7.8	7.9	8	8.1	8.2	8.3	8.4	8.5	
	Ajuste según linealización	6.3353	5.7267	5.1561	4.6217	4.1223	3.6564	3.2225	2.8194	2.4456	2.0999	
	Lectura corregida según linealización	13.9353	13.4267	12.9561	12.5217	12.1223	11.7564	11.4225	11.1194	10.8456	10.5999	
	Lectura corregida redondeada a múltiplo de 1/8" [mm]	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7	9.525	9.525	
							50%↑		50%↓		100%	
											9.525	
											9.525	
											9.525	
											9.525	
											9.525	

Continuación Tabla 4-7. Superposición de Información de campo con Linealización de oficina

8.6	1.7811	10.3811	9.525	9.525	9.525	9.525	<b>9.525</b>
8.7	1.4878	10.1878	9.525	9.525	9.525	9.525	
8.8	1.2190	10.0190	9.525	9.525	9.525	9.525	
8.9	0.9734	9.8734	9.525	9.525	9.525	9.525	
9	0.7498	9.7498	9.525	9.525	9.525	9.525	
9.1	0.5473	9.6473	9.525	9.525	9.525	9.525	
9.2	0.3647	9.5647	9.525	9.525	9.525	9.525	
9.3	0.2010	9.5010	9.525	9.525	9.525	9.525	
9.4	0.0551	9.4551	9.525	9.525	9.525	9.525	
9.5	-0.0739	9.4261	9.525	9.525	9.525	9.525	
9.6	-0.1869	9.4131	9.525	9.525	9.525	9.525	
9.7	-0.2850	9.4150	9.525	9.525	9.525	9.525	
9.8	-0.3689	9.4311	9.525	9.525	9.525	9.525	
9.9	-0.4396	9.4604	9.525	9.525	9.525	9.525	
10	-0.4979	9.5021	9.525	9.525	9.525	9.525	
10.1	-0.5447	9.5553	9.525	9.525	9.525	9.525	
10.2	-0.5806	9.6194	9.525	9.525	9.525	9.525	
10.3	-0.6065	9.6935	9.525	9.525	9.525	9.525	
10.4	-0.6231	9.7769	9.525	9.525	9.525	9.525	
10.5	-0.6311	9.8689	9.525	9.525	9.525	9.525	
10.6	-0.6313	9.9687	9.525	9.525	9.525	9.525	
10.7	-0.6241	10.0759	9.525	9.525	9.525	9.525	
10.8	-0.6104	10.1896	9.525	9.525	9.525	9.525	
10.9	-0.5907	10.3093	9.525	9.525	9.525	9.525	
				<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>75%↑</b>	
				<b>100%</b>	<b>9.525</b>	<b>25%↓</b>	
				<b>9.525</b>	<b>9.525</b>	<b>12.7</b>	

Continuación Tabla 4-7. Superposición de Información de campo con Linealización de oficina

11	-0.5655	10.4345	9.525	75%↑	25%↓	9.525	12.7	9.525	
11.1	-0.5355	10.5645	9.525			9.525			9.525
11.2	-0.5012	10.6988	9.525			9.525			12.7
11.3	-0.4630	10.8370	9.525			9.525			12.7
11.4	-0.4216	10.9784	9.525			9.525			12.7
11.5	-0.3773	11.1227	12.7			12.7			12.7
11.6	-0.3307	11.2693	12.7			12.7			12.7
11.7	-0.2821	11.4179	12.7	25%↑	75%↓	12.7			12.7
11.8	-0.2320	11.5680	12.7			12.7			12.7
11.9	-0.1807	11.7193	12.7			12.7			12.7
12	-0.1286	11.8714	12.7			12.7			12.7
12.1	-0.0760	12.0240	12.7			12.7			12.7
12.2	-0.0234	12.1766	12.7			12.7			12.7
12.3	0.0291	12.3291	12.7			12.7			12.7
12.4	0.0811	12.4811	12.7			12.7			12.7
12.5	0.1323	12.6323	12.7			12.7		12.7	
12.6	0.1825	12.7825	12.7	100%	100%	12.7		12.7	
12.7	0.2314	12.9314	12.7	12.7	12.7	12.7		12.7	
12.8	0.2789	13.0789	12.7			12.7		12.7	
12.9	0.3247	13.2247	12.7			12.7		12.7	
13	0.3687	13.3687	12.7			12.7		12.7	
13.1	0.4106	13.5106	12.7			12.7		12.7	
13.2	0.4503	13.6503	12.7			12.7		12.7	
13.3	0.4878	13.7878	12.7			12.7		12.7	

Continuación Tabla 4-7. *Superposición de Información de campo con Linealización de oficina*

13.4	0.5227	13.9227	12.7	100%	100%	12.7	12.7
13.5	0.5551	14.0551	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7
13.6	0.5849	14.1849	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7
13.7	0.6119	14.3119	15.875	71%↑	29%↓	12.7	12.7
13.8	0.6361	14.4361	15.875	15.875	15.875	15.875	15.875
13.9	0.6574	14.5574	15.875	15.875	15.875	15.875	15.875
14	0.6758	14.6758	15.875	15.875	15.875	15.875	15.875
14.1	0.6913	14.7913	15.875	29%↑	71%↓	12.7	12.7
14.2	0.7039	14.9039	15.875	15.875	15.875	15.875	15.875
14.3	0.7134	15.0134	15.875	15.875	15.875	15.875	15.875
14.4	0.7201	15.1201	15.875	15.875	15.875	15.875	15.875
14.5	0.7237	15.2237	15.875	15.875	15.875	15.875	15.875
14.6	0.7244	15.3244	15.875	15.875	15.875	15.875	15.875
14.7	0.7223	15.4223	15.875	15.875	15.875	15.875	15.875
14.8	0.7173	15.5173	15.875	15.875	15.875	15.875	15.875
14.9	0.7095	15.6095	15.875	15.875	15.875	15.875	15.875
15	0.6990	15.6990	15.875	100%	100%	15.875	15.875
15.1	0.6858	15.7858	15.875	15.875	15.875	15.875	15.875
15.2	0.6700	15.8700	15.875	15.875	15.875	15.875	15.875
15.3	0.6518	15.9518	15.875	15.875	15.875	15.875	15.875
15.4	0.6311	16.0311	15.875	15.875	15.875	15.875	15.875
15.5	0.6082	16.1082	15.875	15.875	15.875	15.875	15.875
15.6	0.5830	16.1830	15.875	15.875	15.875	15.875	15.875
15.7	0.5558	16.2558	15.875	15.875	15.875	15.875	15.875

Continuación Tabla 4-7. *Superposición de Información de campo con Linealización de oficina*

15.8	0.5267	16.3267	15.875	15.875	15.875	15.875
15.9	0.4957	16.3957	15.875	15.875	15.875	15.875
16	0.4630	16.4630	15.875	15.875	15.875	15.875
16.1	0.4287	16.5287	15.875	15.875	15.875	15.875
16.2	0.3930	16.5930	15.875	100%	100%	15.875
16.3	0.3560	16.6560	15.875	15.875	15.875	15.875
16.4	0.3179	16.7179	15.875	15.875	15.875	15.875
16.5	0.2788	16.7788	15.875	15.875	15.875	15.875
16.6	0.2389	16.8389	15.875	15.875	15.875	15.875
16.7	0.1983	16.8983	15.875	15.875	15.875	15.875
16.8	0.1572	16.9572	15.875	15.875	15.875	15.875
16.9	0.1157	17.0157	15.875	15.875	15.875	15.875
17	0.0740	17.0740	15.875	15.875	15.875	15.875
17.1	0.0323	17.1323	15.875	15.875	15.875	15.875
17.2	-0.0093	17.1907	15.875	15.875	15.875	15.875
17.3	-0.0506	17.2494	15.875	80%↑	20%↓	15.875
17.4	-0.0914	17.3086	15.875	15.875	15.875	15.875
17.5	-0.1316	17.3684	15.875	15.875	19.05	19.05
17.6	-0.1710	17.4290	15.875	15.875	19.05	19.05
17.7	-0.2095	17.4905	19.05	20%↑	80%↓	19.05
17.8	-0.2469	17.5531	19.05	19.05	19.05	19.05
17.9	-0.2831	17.6169	19.05	100%	100%	19.05
18	-0.3178	17.6822	19.05	19.05	19.05	19.05
18.1	-0.3510	17.7490	19.05	19.05	19.05	19.05

Continuación Tabla 4-7. *Superposición de Información de campo con Linealización de oficina*

18.2	-0.3824	17.8176	19.05	19.05	<b>19.05</b>	<b>22.225</b>
18.3	-0.4120	17.8880	19.05	19.05		
18.4	-0.4396	17.9604	19.05	19.05		
18.5	-0.4651	18.0349	19.05	19.05		
18.6	-0.4883	18.1117	19.05	19.05		
18.7	-0.5091	18.1909	19.05	19.05		
18.8	-0.5274	18.2726	19.05	19.05		
18.9	-0.5431	18.3569	19.05	19.05		
19	-0.5560	18.4440	19.05	19.05		
19.1	-0.5661	18.5339	19.05	19.05		
19.2	-0.5733	18.6267	19.05	19.05		
19.3	-0.5774	18.7226	19.05	19.05		
19.4	-0.5784	18.8216	19.05	19.05		
19.5	-0.5762	18.9238	19.05	19.05		
19.6	-0.5707	19.0293	19.05	19.05		
19.7	-0.5620	19.1380	19.05	19.05		
19.8	-0.5499	19.2501	19.05	19.05		
19.9	-0.5344	19.3656	19.05	19.05		
20	-0.5155	19.4845	19.05	19.05		
20.1	-0.4931	19.6069	19.05	19.05		
20.2	-0.4673	19.7327	19.05	19.05		
20.3	-0.4381	19.8619	19.05	19.05		
20.4	-0.4054	19.9946	19.05	19.05		
20.5	-0.3693	20.1307	19.05	19.05		
			<b>100%</b>	<b>19.05</b>		
			<b>100%</b>	<b>19.05</b>		
			<b>56%↑</b>	<b>44%↓</b>		



Continuación Tabla 4-7. *Superposición de Información de campo con Linealización de oficina*

23	1.2755	24.2755	25.4	<b>11.1%↑</b>	<b>88.9%↓</b>	22.225	<b>22.225</b>
23.1	1.3433	24.4433	25.4			22.225	
23.2	1.4079	24.6079	25.4			22.225	
23.3	1.4690	24.7690	25.4			22.225	
23.4	1.5258	24.9258	25.4			22.225	
23.5	1.5779	25.0779	25.4			22.225	
<b>23.6</b>	1.6248	25.2248	25.4	<b>25.4</b>			
23.7	1.6657	25.3657	25.4				
23.8	1.7001	25.5001	25.4				
23.9	1.7274	25.6274	25.4				
24	1.7467	25.7467	25.4				
24.1	1.7576	25.8576	25.4				
24.2	1.7592	25.9592	25.4				
24.3	1.7507	26.0507	25.4				
24.4	1.7315	26.1315	25.4				
24.5	1.7006	26.2006	25.4				
24.6	1.6573	26.2573	25.4				
24.7	1.6007	26.3007	25.4				
24.8	1.5300	26.3300	25.4				
24.9	1.4441	26.3441	25.4				
25	1.3422	26.3422	25.4				
25.1	1.2233	26.3233	25.4				
25.2	1.0863	26.2863	25.4				
25.3	0.9304	26.2304	25.4				

Continuación Tabla 4-7. Superposición de Información de campo con Linealización de oficina

					100%		50%	
					100%	25.4	50%↑	50%↓
25.4	0.7543	26.1543	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4
25.5	0.5570	26.0570	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4
25.6	0.3374	25.9374	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4
25.7	0.0943	25.7943	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4
25.8	-0.1734	25.6266	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4
25.9	-0.4671	25.4329	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4
26	-0.7878	25.2122	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4
26.1	-1.1370	24.9630	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4
26.2	-1.5159	24.6841	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4
26.3	-1.9259	24.3741	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4
26.4	-2.3683	24.0317	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4
26.5	-2.8447	23.6553	22.225	22.225	22.225	22.225	22.225	22.225
26.6	-3.3563	23.2437	22.225	22.225	22.225	22.225	22.225	22.225
26.7	-3.9048	22.7952	22.225	22.225	22.225	22.225	22.225	22.225
26.8	-4.4917	22.3083	22.225	22.225	22.225	22.225	22.225	22.225
26.9	-5.1184	21.7816	22.225	22.225	22.225	22.225	22.225	22.225
27	-5.7867	21.2133	22.225	22.225	22.225	22.225	22.225	22.225
27.1	-6.4980	20.6020	19.05	19.05	19.05	19.05	19.05	19.05
27.2	-7.2542	19.9458	19.05	19.05	19.05	19.05	19.05	19.05
27.3	-8.0569	19.2431	19.05	19.05	19.05	19.05	19.05	19.05
27.4	-8.9078	18.4922	19.05	19.05	19.05	19.05	19.05	19.05
27.5	-9.8088	17.6912	19.05	19.05	19.05	19.05	19.05	19.05
27.6	-10.7616	16.8384	15.875	15.875	15.875	15.875	15.875	15.875
27.7	-11.7681	15.9319	15.875	15.875	15.875	15.875	15.875	15.875

Tabla 4-8 Esquema-resumen de la superposición de versiones de campo y oficina.

7.9mm ≤Lectura≤ 8.3mm	50%↑	50%↓
8.4mm≤Lectura≤10.5mm	<b>9.525 mm</b>	
10.6mm≤Lectura≤11.4mm	75%↑	25%↓
11.5mm≤Lectura≤11.7 mm	25%↑	75%↓
11.8mm≤Lectura≤13.6mm	<b>12.7 mm</b>	
13.7mm≤Lectura≤13.8mm	71%↑	29%↓
13.9mm≤Lectura≤14.3mm	29%↑	71%↓
14.4mm ≤Lectura ≤16.8mm	<b>15.875 mm</b>	
16.9mm≤Lectura≤17.6mm	80%↑	20%↓
17.7mm≤Lectura≤17.8mm	20%↑	80%↓
17.9mm≤Lectura≤19.4mm	<b>19.05 mm</b>	
19.5mm≤Lectura≤20.5mm	56%↑	44%↓
20.6mm≤Lectura≤21.9mm	44%↑	56%↓
22.0mm≤Lectura≤22.8mm	<b>22.225 mm</b>	
22.8mm	89%↑	11%↓
22.9mm≤Lectura≤23.6mm	11%↑	89%↓
23.7mm≤Lectura≤26.4mm	<b>25.4 mm</b>	
26.5mm	50%↑	50%↓

## 4.5.2 Estudio de registros de Diámetros en el Rango Bajo de medición

### 4.5.2.1 Análisis del espesor de recubrimiento como influencia del error

Metodología seguida: La pauta del estudio de registros de diámetros en el rango alto de medición descrita antes, se cumple sin modificaciones metodológicas de nuevo en esta sección, ahora para los datos involucrados con el interés de esta etapa.

Se intenta primero determinar el grado de injerencia que supone la existencia de los recubrimientos de concreto alrededor de las barras de refuerzo, en el registro que el detector hace de sus diámetros. Esto se logra evaluar con los datos de barras de un mismo diámetro medidas en condiciones de distintos recubrimientos. La inferencia lógica de lo que representan tales recubrimientos para el error de la lecturas de diámetros, se fundamenta en gráficas que resumen y caracterizan las series de datos consideradas.

La evidencia en graficas de que las medias del error en las lecturas del diámetro poseen significancia o varían demasiado entre sí, representa que el recubrimiento asume un rol negativo en la operación del detector de barras, siendo una fuente considerable de imprecisiones y generando la necesidad de proveer medidas de ajuste.

La evidencia contraria a la anterior, de que las medias de error en lecturas de diámetros no alcancen notoriedad, puede interpretarse como un argumento en contra de que el factor recubrimiento represente ser un generador de imprecisiones.

Datos reorganizados: 35 registros del detector para barras de un mismo diámetro por cada recubrimiento de 3cm, 4 cm, y 5cm. La información fue extraída de la sesión 1 de los resultados particulares del rango bajo de las mediciones sobre la probeta.

*[R]– Recubrimiento real*

*[D] – Diámetro real de la barra*

*[L] – Lectura del diámetro (según detector)*

R		30 mm	
D		5/8" (15.875 mm)	
	L	Error	
	mm	mm	
1	16.9	-1.03	
2	15.9	-0.03	
3	15.8	0.075	
4	15.6	0.275	
5	15.4	0.475	
6	14.9	0.975	
7	14.5	1.375	
8	15.3	0.575	
9	15.4	0.475	
10	15.3	0.575	
11	16.7	-0.82	
12	14.8	1.075	
13	15.9	-0.03	
14	16.5	-0.63	
15	15.9	-0.03	
16	16.1	-0.23	
17	15.2	0.675	
18	16.2	-0.32	
19	15.7	0.175	
20	15.5	0.375	
21	15.8	0.075	
22	15.9	-0.03	
23	15.6	0.275	
24	16.3	-0.43	
25	16	-0.13	
26	15.6	0.275	
27	15.9	-0.03	
28	16.7	-0.82	
29	16.3	-0.43	
30	16.6	-0.73	
31	15.9	-0.03	
32	15.3	0.575	
33	15.3	0.575	
34	16.8	-0.93	
35	16.5	-0.63	
Media	15.83	0.0464	
Desviación	0.58	0.577	

R		40 mm	
D		5/8" (15.875 mm)	
	L	Error	
	mm	mm	
1	16.3	-0.43	
2	15.6	0.275	
3	14.9	0.975	
4	16.4	-0.52	
5	15.6	0.275	
6	16.2	-0.32	
7	15.7	0.175	
8	16	-0.13	
9	15.8	0.075	
10	15.4	0.475	
11	15.7	0.175	
12	16.6	-0.73	
13	15.7	0.175	
14	16.3	-0.43	
15	15.8	0.075	
16	15.9	-0.03	
17	16	-0.13	
18	15.8	0.075	
19	15.4	0.475	
20	15.5	0.375	
21	16.2	-0.32	
22	15.7	0.175	
23	14.5	1.375	
24	15.2	0.675	
25	16.7	-0.82	
26	15.4	0.475	
27	16.1	-0.23	
28	16.6	-0.73	
29	15.9	-0.03	
30	14.2	1.675	
31	15.9	-0.03	
32	16.8	-0.93	
33	16	-0.13	
34	15.6	0.275	
35	16.4	-0.52	
Media	15.82	0.0521	
Desviación	0.56	0.561	

R		50 mm	
D		5/8" (15.875 mm)	
	L	Error	
	mm	mm	
1	15.6	0.275	
2	15.7	0.175	
3	16	-0.13	
4	14.5	1.375	
5	15.8	0.075	
6	16	-0.13	
7	15.9	-0.03	
8	14.9	0.975	
9	16.3	-0.43	
10	16.8	-0.93	
11	15.5	0.375	
12	15.7	0.175	
13	16.2	-0.32	
14	15.9	-0.03	
15	15.9	-0.03	
16	15.6	0.275	
17	15.8	0.075	
18	16.2	-0.32	
19	15.8	0.075	
20	15.6	0.275	
21	15.6	0.275	
22	16.5	-0.63	
23	16.2	-0.32	
24	14.9	0.975	
25	16.3	-0.43	
26	15.7	0.175	
27	15.9	-0.03	
28	15.8	0.075	
29	15.6	0.275	
30	15.3	0.575	
31	15.7	0.175	
32	15.9	-0.03	
33	16.5	-0.63	
34	15.9	-0.03	
35	15.9	-0.03	
Media	15.81	0.0636	
Desviación	0.45	0.447	

Tabla 4-9 Datos para el estudio de la influencia del recubrimiento en los registros del DIÁMETRO - RANGO BAJO

Linealizaciones de tendencia: Lo observable en la gráfica adjunta dista mucho de representar que el recubrimiento provoque graves anomalías sobre el error total de las lecturas de diámetros registradas por el detector, por lo menos, esta es una afirmación posible de hacer dentro de las condiciones que circunscriben el alcance de estos ensayos practicados, a los cuales, estos resultados corresponden fielmente. Según la pendiente de la regresión lineal, un incremento de 1 m en el recubrimiento va a la par con un incremento de 0.86 mm, lo cual no es significativo.

**-Gráfica de Media de error en lecturas de diámetro (rango bajo) vs Medida real de Recubrimiento-**

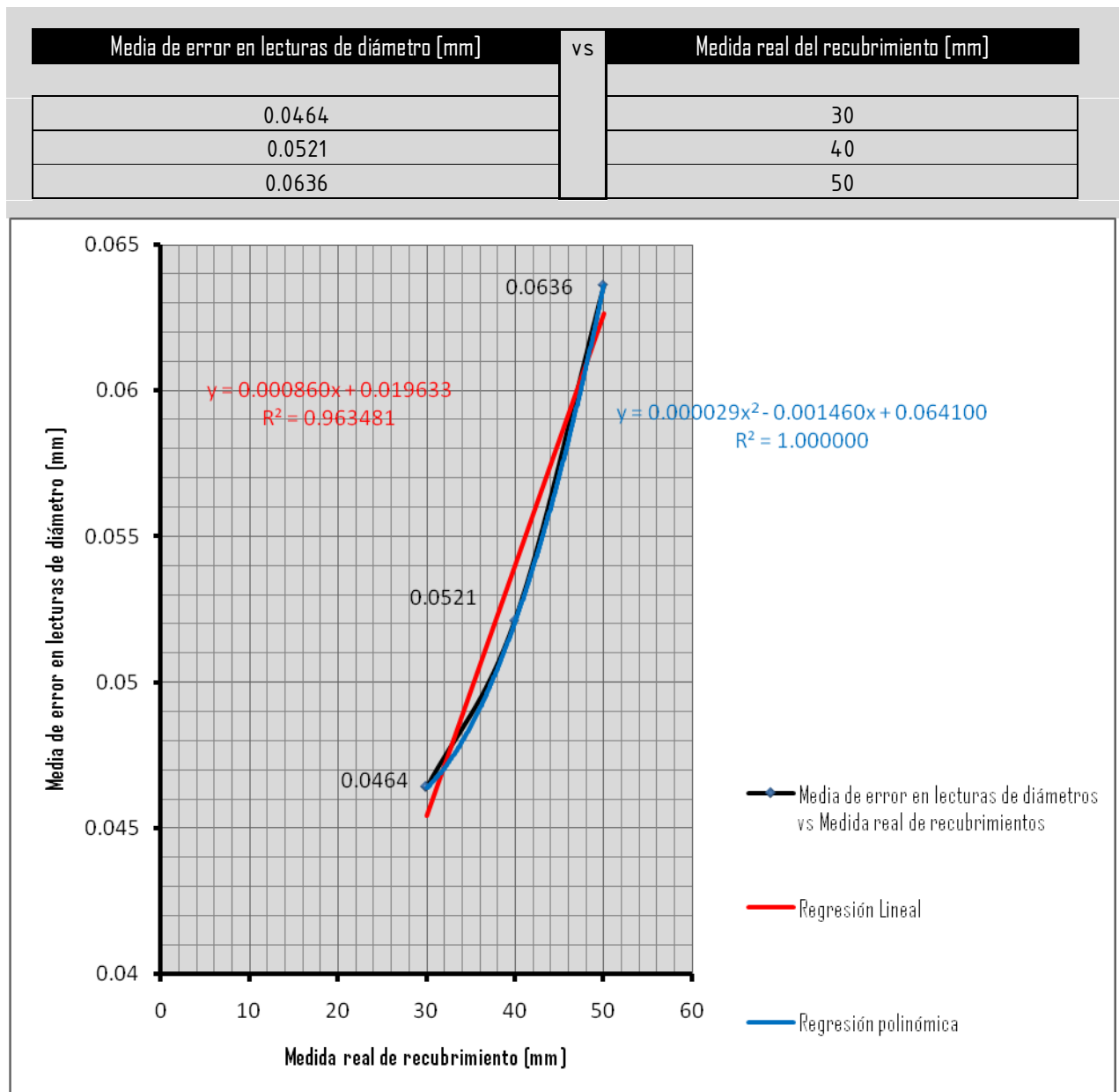


Figura 4-4 Líneas de tendencia de la influencia del recubrimiento en los registros del DIÁMETRO – RANGO BAJO

## 4.5.2.2 Análisis del tamaño del diámetro como influencia del error

Metodología seguida: En seguida, corresponde el turno de evaluar los efectos que induce el propio tamaño de diámetro de la barra respecto a la lectura suya que hace el detector.

Puesto que la manera más al alcance de aislar el efecto del recubrimiento es haciéndolo constante, fueron acogidos datos de mediciones sobre barras de diferentes diámetros en condiciones de recubrimientos iguales.

Similarmente a como hasta ahora se ha dictaminado la interferencia o no de las variables consideradas, la observación de tal tendencia define qué tan significativo es el error provocado.

En caso de que las medias del error de lecturas de diámetros, difieran unas de otras demasiado, o que realmente alcancen valores que se constituyan en una amenaza para la distinción de las barras, debería ser considerado el efecto para revisiones de ajuste. En el caso contrario no es estimable el error y puede omitirse la influencia.

En consecuencia con el grado de afectación que supone provocado por el tamaño del diámetro, se decide si se debe extender el estudio hasta un ejercicio de corrección de las lecturas para eliminar en oficina lo que los propios tamaños de diámetro impiden que en campo se registre de manera precisa.

Datos reorganizados: 35 registros del detector para un mismo recubrimiento por cada denominación comercial de barra de refuerzo desde la de 3/8" (9.525mm) hasta la de 1" (25.4mm). La información fue extraída de la sesión 1 de los resultados particulares del rango bajo de las mediciones sobre la probeta. Las variables consideradas para el análisis son simbolizadas en las tablas de información registrada con las siguientes convenciones:

*[R] – Recubrimiento real*

*[D] – diámetro real de la barra*

*[L] – Lectura del Diámetro (según detector)*

R	50 mm	
D	3/8" (9.525 mm)	
	L	Error
	mm	mm
1	8.7	0.825
2	10.2	-0.68
3	8.5	1.025
4	10.3	-0.78
5	10.2	-0.68
6	8.9	0.625
7	8.1	1.425
8	9.5	0.025
9	10.2	-0.68
10	7.3	2.225
11	11.2	-1.68
12	9.7	-0.18
13	9.7	-0.18
14	9.4	0.125
15	9.3	0.225
16	9.9	-0.38
17	8.7	0.825
18	10.2	-0.68
19	7.7	1.825
20	10.1	-0.58
21	9.5	0.025
22	8.8	0.725
23	9.3	0.225
24	9.2	0.325
25	9.2	0.325
26	10	-0.48
27	10.2	-0.68
28	9.5	0.025
29	8.7	0.825
30	7.6	1.925
31	9.4	0.125
32	8.7	0.825
33	9.5	0.025
34	9.6	-0.08
35	10.1	-0.58
Media	9.35	0.1793
Desviación	0.84	0.84

R	50 mm	
D	1/2" (12.7 mm)	
	L	Error
	mm	mm
1	11.3	1.4
2	11.9	0.8
3	13.6	-0.9
4	11.6	1.1
5	10.4	2.3
6	13.7	-1
7	11.9	0.8
8	10.7	2
9	14	-1.3
10	12.6	0.1
11	15	-2.3
12	11.6	1.1
13	11.8	0.9
14	13.1	-0.4
15	13.5	-0.8
16	12	0.7
17	12.6	0.1
18	11.8	0.9
19	12.3	0.4
20	11.6	1.1
21	12.9	-0.2
22	14.7	-2
23	12.2	0.5
24	11.6	1.1
25	11.5	1.2
26	13.3	-0.6
27	13.3	-0.6
28	13.6	-0.9
29	13.7	-1
30	11.9	0.8
31	13.3	-0.6
32	12.4	0.3
33	14.1	-1.4
34	13.7	-1
35	11.1	1.6
Media	12.6	0.1200
Desviación	1.12	1.116

R	50 mm	
D	5/8" (15.875 mm)	
	L	Error
	mm	mm
1	16.1	-0.23
2	16.8	-0.93
3	16.1	-0.23
4	15.8	0.075
5	16.9	-1.03
6	15.8	0.075
7	16.1	-0.23
8	15.3	0.575
9	15.8	0.075
10	14.8	1.075
11	16.4	-0.52
12	16	-0.13
13	15.6	0.275
14	15.8	0.075
15	15.5	0.375
16	15	0.875
17	15.3	0.575
18	15.3	0.575
19	16.1	-0.23
20	16	-0.13
21	15.8	0.075
22	16.4	-0.52
23	15.4	0.475
24	17.1	-1.23
25	15.8	0.075
26	16.4	-0.52
27	15.9	-0.03
28	16.1	-0.23
29	15.8	0.075
30	15.4	0.475
31	15.9	-0.03
32	15.8	0.075
33	14	1.875
34	15.9	-0.02
35	16.4	-0.52
Media	15.8	0.0293
Desviación	0.58	0.583

Tabla 4-10 Datos para el estudio de la influencia del recubrimiento en los registros del DIÁMETRO - RANGO BAJO

R	50 mm	
D	3/4" (19.05 mm)	
	L	Error
	mm	mm
1	18.6	0.45
2	18.5	0.55
3	19.2	-0.15
4	19.1	-0.05
5	19.1	-0.05
6	19.2	-0.15
7	18.6	0.45
8	18.8	0.25
9	21.1	-2.05
10	17.9	1.15
11	21.4	-2.35
12	18.2	0.85
13	19.9	-0.85
14	20.3	-1.25
15	18.3	0.75
16	19.3	-0.25
17	17.9	1.15
18	18.3	0.75
19	18.1	0.95
20	19.5	-0.45
21	18.5	0.55
22	17.8	1.25
23	19.5	-0.45
24	18.5	0.55
25	18.9	0.15
26	20.4	-1.35
27	19.3	-0.25
28	17.8	1.25
29	17.8	1.25
30	19.4	-0.35
31	19.5	-0.45
32	18.4	0.65
33	19.8	-0.75
34	18.1	0.95
35	19.7	-0.65
Media	19	0.0586
Desviación	0.9	0.901

R	50 mm	
D	7/8" (22.225 mm)	
	L	Error
	mm	mm
1	21.5	0.725
2	22	0.225
3	22.4	-0.18
4	21.2	1.025
5	21.3	0.925
6	22.7	-0.48
7	22.3	-0.08
8	23.4	-1.18
9	22.7	-0.48
10	21.5	0.725
11	20.9	1.325
12	21.3	0.925
13	22	0.225
14	22.7	-0.48
15	22.1	0.125
16	21.9	0.325
17	23.1	-0.88
18	22.6	-0.38
19	20.4	1.825
20	20.6	1.625
21	22.3	-0.08
22	23.5	-1.28
23	21.1	1.125
24	21.8	0.425
25	24.3	-2.08
26	22.4	-0.18
27	22	0.225
28	21.9	0.325
29	21.2	1.025
30	22.5	-0.28
31	20.9	1.325
32	24.3	-2.08
33	21.4	0.825
34	24.3	-2.08
35	22.1	0.125
Media	22.1	0.0936
Desviación	0.99	0.989

R	50 mm	
D	1" (25.4 mm)	
	L	Error
	mm	mm
1	25.8	-0.4
2	26.2	-0.8
3	24.8	0.6
4	25.6	-0.2
5	25.2	0.2
6	25.3	0.1
7	25.2	0.2
8	24.2	1.2
9	25.4	0
10	25.7	-0.3
11	25.5	-0.1
12	24.3	1.1
13	25.8	-0.4
14	25.6	-0.2
15	24.7	0.7
16	24.2	1.2
17	24.7	0.75
18	25.4	0
19	25.6	-0.2
20	25.4	0
21	24.7	0.7
22	24.3	1.1
23	24.8	0.6
24	24.5	0.9
25	25.5	-0.1
26	26	-0.6
27	25.6	-0.2
28	25.2	0.2
29	23.4	2
30	24.6	0.8
31	25.5	-0.1
32	24.5	0.9
33	25.4	0
34	24.6	0.8
35	26	-0.6
Media	25.1	0.2814
Desviación	0.63	0.627

Continuación Tabla 4-10 Datos para el estudio de la influencia del recubrimiento en los registros del DIÁMETRO - RANGO BAJO

Linealizaciones de tendencia: A pesar de la irregularidad de los datos, reconocible a simple vista, no se identifican grandes fluctuaciones en referencia a los errores acusables al tamaño propio de los diámetros en el rango bajo. Concurriendo las medias de los errores de medición de diámetros a un dominio de valores tan reducido, es perfectamente descartable, según los datos obtenidos, que el diámetro ejerza una influencia determinante sobre su propia lectura. Aunque tenga lugar el efecto estudiado, en práctica son irreconocibles los errores inducidos así.

**-Gráfica de Media de error en lecturas de diámetro (rango bajo) vs Medida real de Diámetro-**

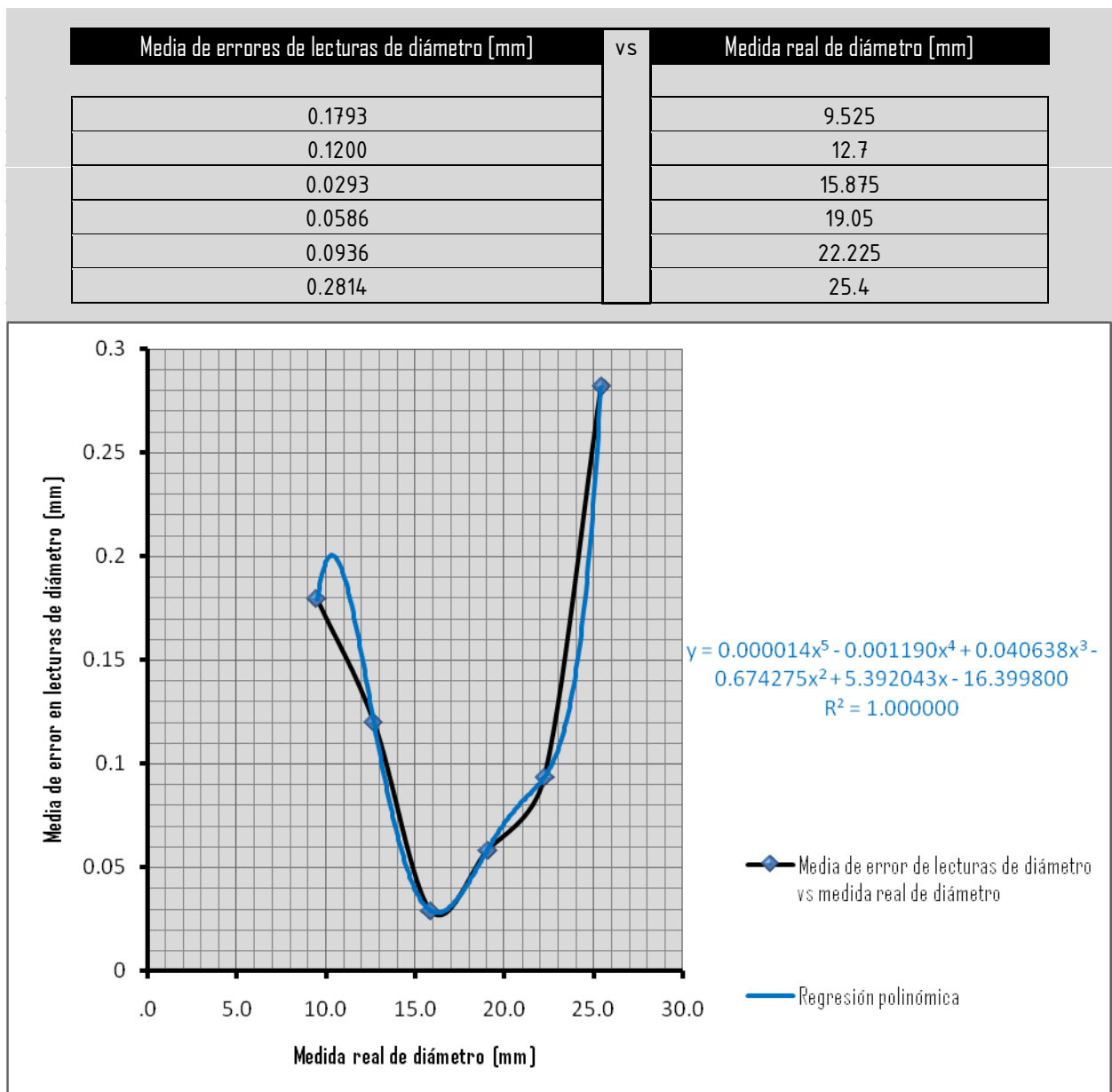


Figura 4-5. Línea de tendencia de la influencia del diámetro en los registros del DIÁMETRO – RANGO BAJO

### 4.5.2.3 Distribución del error y confiabilidad observada

En acuerdo con las deducciones de muy baja o nula influencia de las variables consideradas para la medición de diámetros con el rango bajo, las tendencias del error permiten asimilar el significativo acierto de este dispositivo a este respecto y con las condiciones descritas. La siguiente es una clasificación de los errores presentados en las detecciones de diámetros en rango bajo (sin considerar el recubrimiento que conservarían las barras) entre niveles de  $\pm 0.5\text{mm}$ ,  $\pm 1\text{mm}$ ,  $\pm 1.5\text{mm}$ ,  $\pm 2\text{mm}$  y  $\pm 2.5\text{mm}$ .

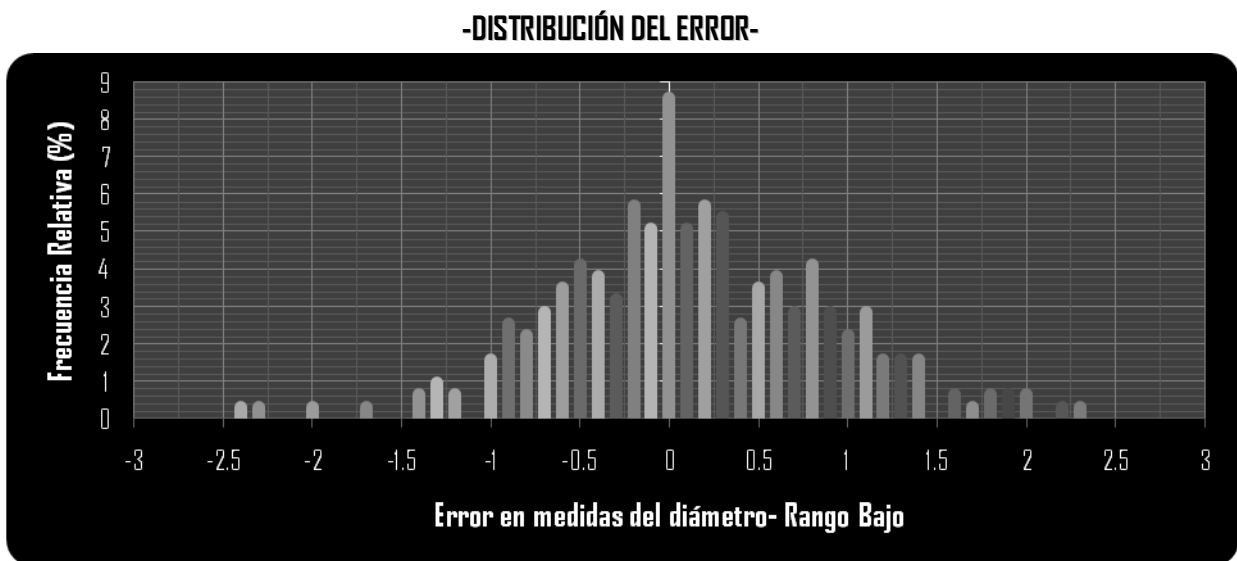


Figura 4-6. Distribución de errores en registros de DIÁMETRO - RANGO BAJO

ERROR $\pm 0.5\text{mm}$	ERROR $\pm 1\text{mm}$	ERROR $\pm 1.5\text{mm}$	ERROR $\pm 2\text{mm}$	ERROR $\pm 2.5\text{mm}$	
52.7 %	29.8 %	11.4 %	3.5 %	2.5 %	100%

-La confiabilidad fue establecida mediante el criterio de que el máximo error permisible para no confundir las barras de denominaciones consecutivas, que por lo demás es el único riesgo según lo observado, debía corresponder a la mitad de la diferencia entre diámetros de barras de refuerzo comerciales, o sea  $1/16''$  ó  $1.58\text{ mm}$  (Léase mejor  $1.5\text{ mm}$  para fines prácticos, teniendo en cuenta que el detector sólo lee hasta una décima de milímetro). Un error por encima de  $1.58\text{ mm}$  ó por debajo de  $-1.58\text{ mm}$ , lleva a un redondeo a un múltiplo de  $1/8''$  erróneo de la lectura registrada por el detector.

<b>CONFIABILIDAD</b>	ERROR ACUMULADO $\pm 1.58\text{mm}$	94.0 %
----------------------	-------------------------------------	--------

### 4.5.3 Estudio de registros de Recubrimientos en el Rango Alto de medición

#### 4.5.3.1 Análisis del diámetro de la barra como influencia del error

Metodología seguida: De manera simultánea es probable que los mismos factores que inducen algún error en los registros de detector en relación a los diámetros medidos, tengan también cabida en el registro de recubrimientos.

Independientemente al rango de medición usado en el dispositivo, cuando se quiso constatar la posibilidad de que el registro de diámetros deba, en cierto grado, su error a la presencia del recubrimiento, fueron evaluadas las condiciones en que las barras de un mismo diámetro estuviesen recubiertas por algunos espesores diferentes de concreto.

Entonces para examinar la situación contraria, en que se presume posible que los diámetros de las barras de refuerzo produzcan efectos que contribuyan a la imprecisión en el registro de recubrimientos, se procede a estudiar en este sentido la información empleable, que a su vez consiste de datos de la detección de barras en condiciones de recubrimiento constante y diámetros de denominaciones distintas.

La información disponible de los ensayos y utilizable en este análisis, está compuesta por lecturas sobre barras de acero de las distintas denominaciones desde la número 3 hasta la número 8. Los recubrimientos que poseían estas barras debían ser de una sola magnitud constante, para cumplir con las condiciones propicias para el estudio.

Datos reorganizados: Las indicaciones respecto a que debían usarse barras de diámetros de denominaciones variadas 3, 4, 5, 6, 7 y 8, y recubrimiento constante (50 mm), hacen implementable a la sesión 1 de los resultados particulares del rango alto de medición. Las convenciones que son utilizadas en las tablas de datos reorganizados (inmediatamente a continuación significan:

*[R] – Recubrimiento real*

*[D] – diámetro real de la barra*

*[L] – Lectura del recubrimiento (según detector)*

R	50 mm	
D	3/8" (9.525 mm)	
	L	Error
	mm	mm
1	51	-1
2	51	-1
3	50	0
4	51	-1
5	51	-1
6	51	-1
7	51	-1
8	51	-1
9	51	-1
10	51	-1
11	51	-1
12	51	-1
13	51	-1
14	51	-1
15	51	-1
16	48	2
17	51	-1
18	51	-1
19	51	-1
20	50	0
21	51	-1
22	50	0
23	51	-1
24	51	-1
25	51	-1
26	51	-1
27	52	-2
28	51	-1
29	49	1
30	51	-1
31	51	-1
32	51	-1
33	50	0
34	51	-1
35	51	-1
Media	50.8	-0.771
Desviación	0.68	0.68

R	50 mm	
D	1/2" (12.7 mm)	
	L	Error
	mm	mm
1	50	0
2	51	-1
3	52	-2
4	50	0
5	50	0
6	50	0
7	51	-1
8	51	-1
9	53	-3
10	50	0
11	53	-3
12	51	-1
13	50	0
14	52	-2
15	52	-2
16	50	0
17	51	-1
18	52	-2
19	51	-1
20	51	-1
21	50	0
22	51	-1
23	52	-2
24	52	-2
25	52	-2
26	51	-1
27	52	-2
28	49	1
29	52	-2
30	55	-5
31	51	-1
32	50	0
33	50	0
34	51	-1
35	50	0
Media	51.1	-1.114
Desviación	1.17	1.165

R	50 mm	
D	5/8" (15.875 mm)	
	L	Error
	mm	mm
1	51	-1
2	52	-2
3	50	0
4	52	-2
5	45	5
6	50	0
7	50	0
8	50	0
9	50	0
10	51	-1
11	50	0
12	52	-2
13	50	0
14	52	-2
15	51	-1
16	50	0
17	49	1
18	50	0
19	52	-2
20	50	0
21	51	-1
22	50	0
23	47	3
24	50	0
25	50	0
26	50	0
27	50	0
28	50	0
29	50	0
30	50	0
31	50	0
32	51	-1
33	50	0
34	50	0
35	50	0
Media	50.2	-0.171
Desviación	1.3	1.298

Tabla 4-II Datos para el estudio de la influencia del diámetro en los registros del RECUBRIMIENTO - RANGO ALTO

R	50 mm	
D	3/4" (19.05 mm)	
	L	Error
	mm	mm
1	52	-2
2	54	-4
3	50	0
4	50	0
5	50	0
6	49	1
7	50	0
8	50	0
9	50	0
10	50	0
11	51	-1
12	49	1
13	50	0
14	50	0
15	52	-2
16	50	0
17	50	0
18	49	1
19	49	1
20	49	1
21	50	0
22	50	0
23	49	1
24	50	0
25	51	-1
26	49	1
27	50	0
28	50	0
29	51	-1
30	49	1
31	50	0
32	50	0
33	51	-1
34	49	1
35	50	0
Media	50.1	-0.086
Desviación	1.02	1.025

R	50 mm	
D	7/8" (22.225 mm)	
	L	Error
	mm	mm
1	51	-1
2	51	-1
3	50	0
4	49	1
5	51	-1
6	51	-1
7	50	0
8	51	-1
9	50	0
10	50	0
11	49	1
12	51	-1
13	51	-1
14	50	0
15	51	-1
16	50	0
17	50	0
18	50	0
19	51	-1
20	50	0
21	51	-1
22	49	1
23	50	0
24	51	-1
25	50	0
26	51	-1
27	51	-1
28	50	0
29	50	0
30	50	0
31	51	-1
32	50	0
33	50	0
34	51	-1
35	50	0
Media	50.3	-0.343
Desviación	0.63	0.63

R	50 mm	
D	1" (25.4 mm)	
	L	Error
	mm	mm
1	50	0
2	49	1
3	49	1
4	50	0
5	49	1
6	52	-2
7	50	0
8	50	0
9	50	0
10	50	0
11	50	0
12	49	1
13	53	-3
14	50	0
15	51	-1
16	50	0
17	50	0
18	49	1
19	50	0
20	49	1
21	52	-2
22	49	1
23	52	-2
24	51	-1
25	51	-1
26	51	-1
27	50	0
28	50	0
29	49	1
30	49	1
31	50	0
32	51	-1
33	48	2
34	50	0
35	49	1
Media	50.1	-0.057
Desviación	1.07	1.068

Continuación Tabla 4-II. Datos para el estudio de la influencia del diámetro en los registros del RECUBRIMIENTO - RANGO ALTO

Linealizaciones de tendencia: Teniendo en cuenta que, si bien los resultados sí muestran un relativa variabilidad del error acusable al tamaño del diámetro de la barra, la media de los errores captados en las medidas de recubrimientos no representa riesgos de confusión para medidas de los recubrimientos en la práctica. Se desestima la capacidad del diámetro de la barra para producir efectos altos de imprecisión en las lecturas de recubrimientos.

**-Gráfica de Media de error en lecturas de Recubrimiento (rango alto) vs Medida real de Diámetro-**

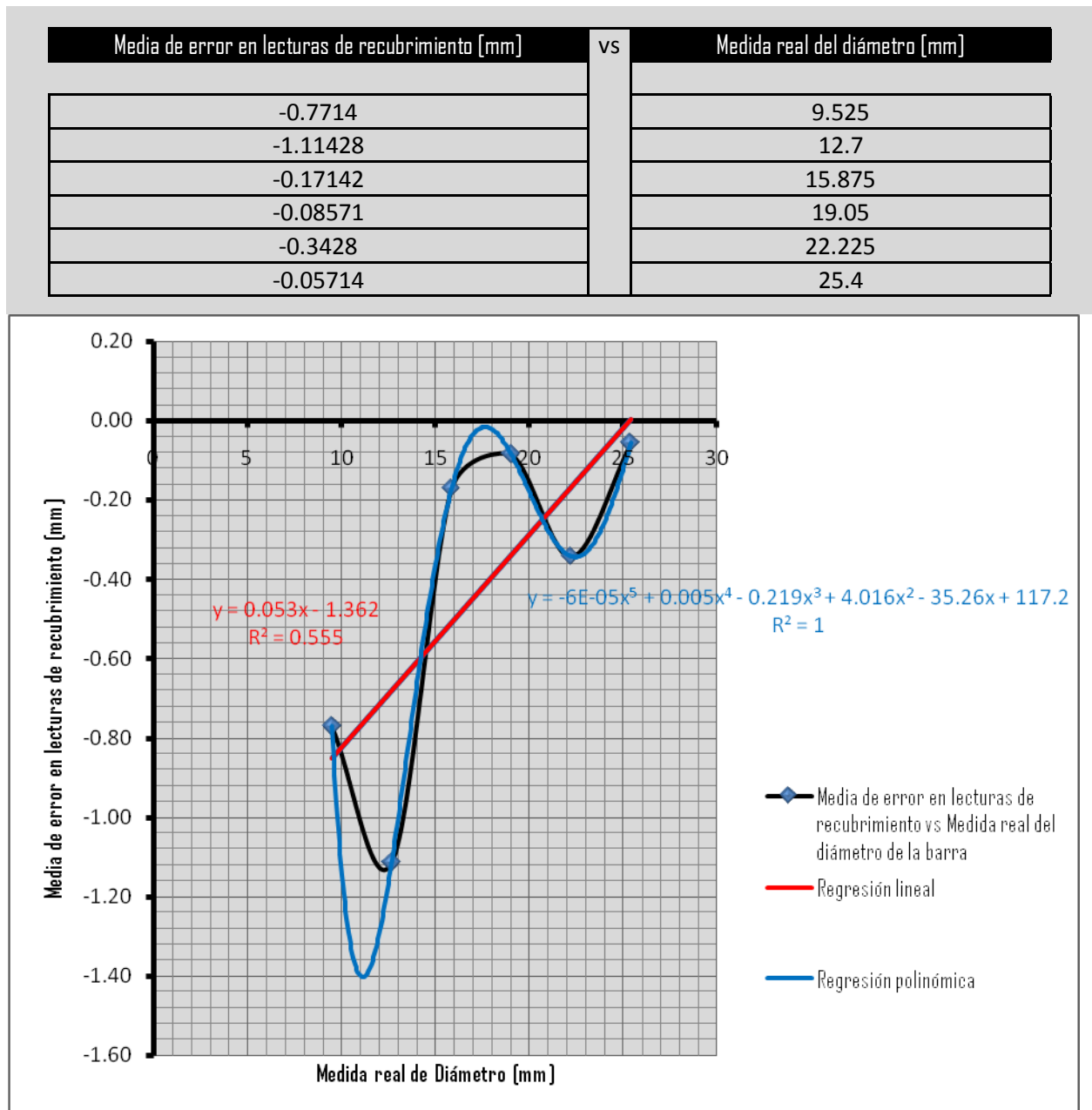


Figura 4-7 Líneas de tendencia de la influencia del diámetro en los registros del RECUBRIMIENTO – RANGO ALTO

### 4.5.3.2 Análisis del espesor de recubrimiento como influencia del error

Metodología seguida: Tal como es previsible por lo que hasta aquí se ha insistido, el análisis del espesor de recubrimiento como influencia del error en las lecturas del mismo recubrimiento, para rango alto, consiste en comparar los distintos errores reproducidos en la toma de datos de recubrimientos detectados por el dispositivo, en barras de idéntico calibre, que están dispuestas de una manera especial, tal que conservan recubrimientos distintos.

El hecho de observar que la media de los errores de los registros leídos sobre una barra con un recubrimiento determinado coincide aproximadamente con la media de los errores de los registros sobre otra barra que mantiene las mismas condiciones de la anterior a excepción del recubrimiento, ayuda a elaborar una hipótesis de que la variación del recubrimiento no representa un motivo desviador que impida que el detector registre los recubrimientos adecuadamente.

Si además de tal otra barra, se consideran otras adicionales con recubrimientos distintos entre sí y el mismo diámetro, y las medias de los errores de lectura de recubrimiento siguen aproximadamente iguales, la hipótesis de la no interferencia del espesor de recubrimientos en el registro del detector se reforzaría.

Si por el contrario, todas las medias de errores de recubrimientos se dispersaran sin relación en absoluto o mostraran una tendencia de rápido ascenso del error o de error siempre considerable, la hipótesis de que el error en las lecturas de recubrimiento está en función del espesor del recubrimiento y que es seriamente significativo, reemplazaría la anterior.

Datos reorganizados: Los 35 registros del detector para cada barra de un mismo diámetro ( $5/8"=15.875\text{mm}$ ) que esté protegida por recubrimientos de 3cm, 4 cm, 5cm, 6cm, 7cm, 8cm, 9cm y 10cm, son importados desde la sesión 1 de los resultados de ensayos particulares de rango alto. Las tablas de datos a continuación reorganizan la información disponible para los análisis de esta sección, e identifican las variables con las siguientes convenciones:

*[R] – Recubrimiento real*

*[D] – Diámetro real de la barra*

*[L]– Lectura del recubrimiento (según detector)*

R	30 mm	40 mm	50 mm																		
D	5/8" (15.875 mm)	5/8" (15.875 mm)	5/8" (15.875 mm)																		
	<table border="1" style="margin: auto;"> <thead> <tr> <th></th> <th>L</th> <th>Error</th> </tr> <tr> <th></th> <th>mm</th> <th>mm</th> </tr> </thead> </table>		L	Error		mm	mm	<table border="1" style="margin: auto;"> <thead> <tr> <th></th> <th>L</th> <th>Error</th> </tr> <tr> <th></th> <th>mm</th> <th>mm</th> </tr> </thead> </table>		L	Error		mm	mm	<table border="1" style="margin: auto;"> <thead> <tr> <th></th> <th>L</th> <th>Error</th> </tr> <tr> <th></th> <th>mm</th> <th>mm</th> </tr> </thead> </table>		L	Error		mm	mm
	L	Error																			
	mm	mm																			
	L	Error																			
	mm	mm																			
	L	Error																			
	mm	mm																			
1	30	40	50																		
2	31	41	50																		
3	30	37	51																		
4	29	40	51																		
5	30	41	51																		
6	31	39	49																		
7	31	40	51																		
8	32	40	53																		
9	31	41	53																		
10	32	42	51																		
11	31	40	50																		
12	32	41	52																		
13	30	43	50																		
14	30	41	49																		
15	30	40	51																		
16	30	41	50																		
17	31	42	51																		
18	31	42	49																		
19	31	40	51																		
20	30	40	52																		
21	31	41	49																		
22	31	41	52																		
23	31	41	52																		
24	31	38	53																		
25	31	40	51																		
26	33	42	51																		
27	33	41	50																		
28	31	41	52																		
29	30	43	51																		
30	31	40	50																		
31	30	42	49																		
32	32	43	50																		
33	30	41	51																		
34	30	39	50																		
35	30	42	50																		
	<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td>Media</td> <td>30.80</td> <td>-0.800</td> </tr> <tr> <td>Desviación</td> <td>0.89</td> <td>0.888</td> </tr> </table>	Media	30.80	-0.800	Desviación	0.89	0.888	<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td>Media</td> <td>40.74</td> <td>-0.743</td> </tr> <tr> <td>Desviación</td> <td>1.29</td> <td>1.295</td> </tr> </table>	Media	40.74	-0.743	Desviación	1.29	1.295	<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td>Media</td> <td>50.74</td> <td>-0.743</td> </tr> <tr> <td>Desviación</td> <td>1.13</td> <td>1.13</td> </tr> </table>	Media	50.74	-0.743	Desviación	1.13	1.13
Media	30.80	-0.800																			
Desviación	0.89	0.888																			
Media	40.74	-0.743																			
Desviación	1.29	1.295																			
Media	50.74	-0.743																			
Desviación	1.13	1.13																			

Tabla 4-12. Datos para el estudio de la influencia del recubrimiento en los registros del RECUBRIMIENTO - RANGO ALTO

	<b>R</b>	<b>60 mm</b>		<b>R</b>	<b>70 mm</b>		<b>R</b>	<b>80 mm</b>	
	<b>D</b>	5/8" (15.875 mm)		<b>D</b>	5/8" (15.875 mm)		<b>D</b>	5/8" (15.875 mm)	
		<b>L</b>	<b>Error</b>		<b>L</b>	<b>Error</b>		<b>L</b>	<b>Error</b>
		mm	mm		mm	mm		mm	mm
1		61	-1	1	71	-1	1	80	0
2		62	-2	2	69	1	2	82	-2
3		62	-2	3	69	1	3	80	0
4		62	-2	4	70	0	4	81	-1
5		60	0	5	72	-2	5	80	0
6		63	-3	6	70	0	6	81	-1
7		59	1	7	70	0	7	80	0
8		62	-2	8	70	0	8	80	0
9		62	-2	9	73	-3	9	82	-2
10		61	-1	10	71	-1	10	79	1
11		62	-2	11	69	1	11	80	0
12		60	0	12	69	1	12	80	0
13		63	-3	13	73	-3	13	80	0
14		62	-2	14	69	1	14	82	-2
15		61	-1	15	72	-2	15	80	0
16		60	0	16	70	0	16	82	-2
17		58	2	17	71	-1	17	78	2
18		60	0	18	69	1	18	80	0
19		60	0	19	71	-1	19	83	-3
20		61	-1	20	71	-1	20	80	0
21		61	-1	21	70	0	21	82	-2
22		62	-2	22	69	1	22	80	0
23		63	-3	23	72	-2	23	80	0
24		62	-2	24	73	-3	24	80	0
25		59	1	25	73	-3	25	79	1
26		61	-1	26	68	2	26	83	-3
27		60	0	27	72	-2	27	80	0
28		61	-1	28	69	1	28	83	-3
29		59	1	29	72	-2	29	79	1
30		63	-3	30	70	0	30	82	-2
31		59	1	31	70	0	31	81	-1
32		58	2	32	70	0	32	80	0
33		57	3	33	72	-2	33	80	0
34		61	-1	34	72	-2	34	83	-3
35		60	0	35	68	2	35	81	-1
	<b>Media</b>	60.77	<b>-0.771</b>	<b>Media</b>	70.54	<b>-0.543</b>	<b>Media</b>	80.66	<b>-0.657</b>
	<b>Desviación</b>	1.51	1.513	<b>Desviación</b>	1.46	1.461	<b>Desviación</b>	1.26	1.264

Continuación Tabla 4-12. Datos para el estudio de la influencia del recubrimiento en los registros del RECUBRIMIENTO - RANGO ALTO

R	90 mm		R	100 mm	
D	5/8" (15.875 mm)		D	5/8" (15.875 mm)	
	L	Error		L	Error
	mm	mm		mm	mm
1	90	0	1	99	1
2	91	-1	2	101	-1
3	88	2	3	99	1
4	92	-2	4	100	0
5	90	0	5	97	3
6	93	-3	6	100	0
7	90	0	7	103	-3
8	92	-2	8	97	3
9	90	0	9	99	1
10	93	-3	10	103	-3
11	90	0	11	98	2
12	92	-2	12	100	0
13	90	0	13	100	0
14	95	-5	14	101	-1
15	88	2	15	100	0
16	92	-2	16	101	-1
17	90	0	17	100	0
18	91	-1	18	102	-2
19	88	2	19	97	3
20	92	-2	20	100	0
21	93	-3	21	100	0
22	90	0	22	100	0
23	89	1	23	102	-2
24	92	-2	24	102	-2
25	90	0	25	100	0
26	91	-1	26	100	0
27	89	1	27	99	1
28	92	-2	28	100	0
29	90	0	29	102	-2
30	89	1	30	104	-4
31	88	2	31	103	-3
32	92	-2	32	101	-1
33	90	0	33	100	0
34	90	0	34	102	-2
35	90	0	35	104	-4
Media	90.63	-0.629	Media	100.46	-0.457
Desviación	1.62	1.623	Desviación	1.78	1.778

Continuación Tabla 4-12. Datos para el estudio de la influencia del recubrimiento en los registros del RECUBRIMIENTO - RANGO ALTO

Linealizaciones de tendencia: La evidencia de que se manifiestan las medias de error de modo casi regular y nunca mayor siquiera a  $\pm 1\text{mm}$ , permiten establecer la irrelevancia del error inducido por el espesor del recubrimiento en la misma lectura que del recubrimiento hace el detector de barras de refuerzo analizado.

**-Gráfica de Media de error en lecturas de Recubrimiento (rango alto) vs Medida real de recubrimiento-**

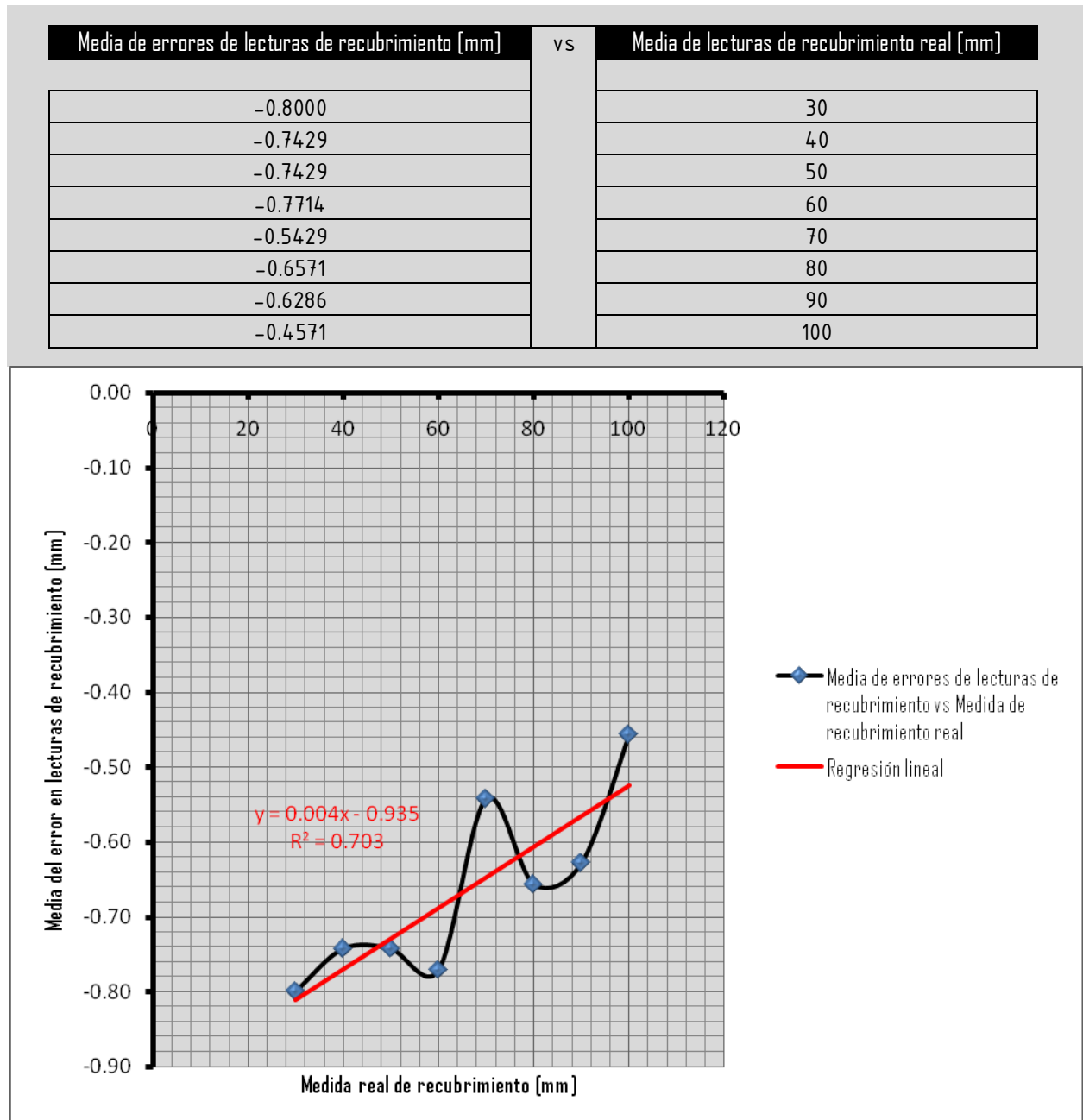


Tabla 4-6 Líneas de tendencia de la influencia del recubrimiento en los registros del DIÁMETRO - RANGO ALTO

### 4.5.3.3 Distribución del error y confiabilidad observada

En conformidad con las deducciones de escasa o nula influencia de las variables consideradas para el caso, las tendencias del error coinciden en permitir admitir que la confiabilidad del dispositivo, al propósito de la medición de recubrimientos con el rango bajo, es muy alta, como se verá.

La siguiente es una clasificación de los errores presentados en las detecciones de recubrimientos en rango bajo (sin considerar el diámetro que identificara a las barras) entre niveles de  $\pm 1\text{mm}$ ,  $\pm 2\text{mm}$ ,  $\pm 3\text{mm}$ ,  $\pm 4\text{mm}$  y  $\pm 5\text{mm}$ .

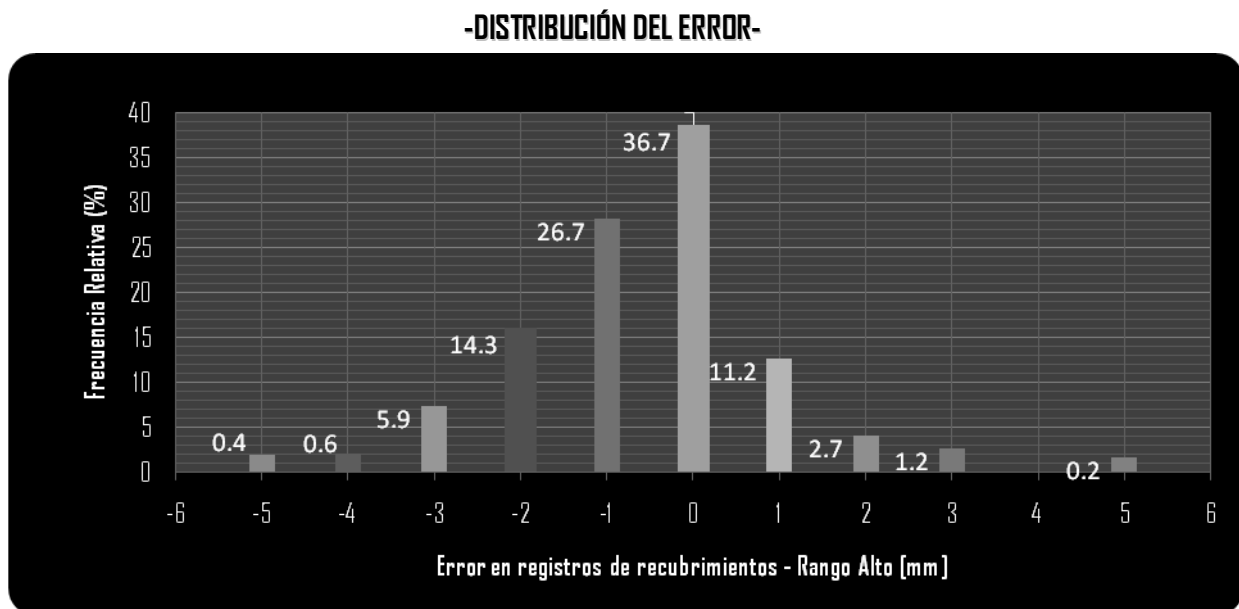


Figura 4-9. Distribución de errores en registros de RECUBRIMIENTO – RANGO ALTO

ERROR $\pm 1\text{mm}$	ERROR $\pm 2\text{mm}$	ERROR $\pm 3\text{mm}$	ERROR $\pm 4\text{mm}$	ERROR $\pm 5\text{mm}$	
74.7 %	16.9 %	7.1 %	0.6%	0.6 %	100%

-La confiabilidad del detector respecto a las mediciones del recubrimiento en rango alto fue establecida con el criterio de que el máximo error permisible por la norma BS 1881-Parte 204, la única encontrada al respecto, está cifrado en  $\pm 2\text{mm}$ .

<b>CONFIABILIDAD</b>	<b>ERROR ACUMULADO <math>\pm 2\text{mm}</math></b>	<b>91.6 %</b>
----------------------	--	---------------

## 4.5.4 Estudio de registros de Recubrimientos en el Rango Bajo de medición

### 4.5.4.1 Análisis del diámetro medido de la barra como influencia del error

Metodología seguida: El procedimiento de análisis a continuación, fue efectuado para procurarle un seguimiento a los errores de los registros que se pueden acoger para estudiar el efecto que produce el tamaño del diámetro sobre la precisión del medidor.

Registros hechos sobre barras de diámetros de distinta denominación que están dispuestas de manera tal que un mismo recubrimiento sea conservado por ellas, es posible que revelen una tendencia particular del error. Puesto que todas las demás condiciones permanecen establemente constantes, el error está muy estrechamente relacionado con la única variable de los ensayos, que es el diámetro mismo de las barras.

La manera de evaluar tales efectos fue simplificada a un análisis directo de la observación de la gráfica de media de errores de lecturas de recubrimientos vs el tamaño del diámetro de la barra cuyo recubrimiento medido registra los errores tenidos en cuenta. La evidencia de que las medias de los errores de las lecturas conservan tendencias definidas y alcanzan valores significativos en relación con los tamaños de recubrimiento medidos, apoya la deducción de que, en efecto, el tamaño de la sección de las barras de acero afecta el desempeño del detector en su función particular de medición de recubrimientos.

Si por el contrario, las medias de los errores de lecturas de recubrimientos no representan significancia alguna comparativamente con las medidas reales de los recubrimientos, se puede admitir que el diámetro de las barras no altera las medidas del recubrimiento que registra el dispositivo.

Datos reorganizados: 35 registros del detector para barras de diferente diámetro desde 3/8" hasta 1" y recubrimientos constantes 5cm. La información fue extraída de la sesión 1 de los resultados particulares del rango bajo de las mediciones sobre la probeta.

*[R] – Recubrimiento real*

*[D] – Diámetro real de la barra*

*[L]– Lectura del recubrimiento (según detector)*

R	50 mm		R	50 mm		R	50 mm	
D	3/8" (9.525 mm)		D	1/2" (12.7 mm)		D	5/8" (15.875 mm)	
	L	Error		L	Error		L	Error
	mm	mm		mm	mm		mm	mm
1	50	0	1	54	-4	1	54	-4
2	50	0	2	50	0	2	50	0
3	51	-1	3	50	0	3	50	0
4	52	-2	4	49	1	4	49	1
5	52	-2	5	49	1	5	49	1
6	50	0	6	51	-1	6	51	-1
7	52	-2	7	50	0	7	50	0
8	51	-1	8	48	2	8	48	2
9	50	0	9	50	0	9	50	0
10	54	-4	10	49	1	10	49	1
11	50	0	11	51	-1	11	51	-1
12	50	0	12	50	0	12	51	-1
13	50	0	13	51	-1	13	51	-1
14	51	-1	14	53	-3	14	50	0
15	53	-3	15	50	0	15	50	0
16	51	-1	16	51	-1	16	51	-1
17	50	0	17	51	-1	17	51	-1
18	48	2	18	50	0	18	50	0
19	49	1	19	54	-4	19	50	0
20	51	-1	20	51	-1	20	52	-2
21	50	0	21	51	-1	21	51	-1
22	52	-2	22	51	-1	22	51	-1
23	51	-1	23	51	-1	23	51	-1
24	51	-1	24	51	-1	24	51	-1
25	51	-1	25	50	0	25	50	0
26	51	-1	26	50	0	26	50	0
27	50	0	27	49	1	27	49	1
28	50	0	28	53	-3	28	50	0
29	52	-2	29	53	-3	29	53	-3
30	51	-1	30	50	0	30	50	0
31	50	0	31	50	0	31	50	0
32	49	1	32	51	-1	32	51	-1
33	52	-2	33	51	-1	33	51	-1
34	51	-1	34	49	1	34	49	1
35	49	1	35	50	0	35	50	0

Media	50.7	-0.714	Media	50.6	-0.629	Media	50.4	-0.400
Desviación	1.18	1.185	Desviación	1.37	1.375	Desviación	1.13	1.126

Tabla 4-13. Datos para el estudio de la influencia del diámetro en los registros del RECUBRIMIENTO - RANGO BAJO

R	50 mm	
D	3/4" (19.05 mm)	
	L	Error
	mm	mm
1	50	0
2	50	0
3	50	0
4	50	0
5	50	0
6	50	0
7	50	0
8	51	-1
9	50	0
10	50	0
11	50	0
12	50	0
13	50	0
14	51	-1
15	51	-1
16	51	-1
17	50	0
18	48	2
19	49	1
20	51	-1
21	50	0
22	50	0
23	51	-1
24	51	-1
25	51	-1
26	51	-1
27	50	0
28	50	0
29	50	0
30	51	-1
31	50	0
32	49	1
33	52	-2
34	51	-1
35	49	1

R	50 mm	
D	7/8" (22.225 mm)	
	L	Error
	mm	mm
1	50	0
2	50	0
3	49	1
4	50	0
5	50	0
6	52	-2
7	49	1
8	51	-1
9	50	0
10	50	0
11	49	1
12	50	0
13	50	0
14	50	0
15	52	-2
16	48	2
17	50	0
18	51	-1
19	52	-2
20	51	-1
21	52	-2
22	50	0
23	50	0
24	53	-3
25	51	-1
26	50	0
27	49	1
28	50	0
29	49	1
30	50	0
31	49	1
32	50	0
33	50	0
34	51	-1
35	50	0

R	50 mm	
D	1" (25.4 mm)	
	L	Error
	mm	mm
1	47	3
2	50	0
3	50	0
4	48	2
5	51	-1
6	50	0
7	52	-2
8	50	0
9	50	0
10	52	-2
11	50	0
12	48	2
13	51	-1
14	51	-1
15	52	-2
16	52	-2
17	53	-3
18	49	1
19	49	1
20	50	0
21	50	0
22	49	1
23	51	-1
24	53	-3
25	52	-2
26	53	-3
27	50	0
28	51	-1
29	51	-1
30	50	0
31	50	0
32	50	0
33	47	3
34	50	0
35	50	0

Media	50.2	-0.229
Desviación	0.76	0.759

Media	50.2	-0.229
Desviación	1.04	1.044

Media	50.3	-0.343
Desviación	1.49	1.492

Continuación Tabla 4-13. Datos para el estudio de la influencia del diámetro en los registros del RECUBRIMIENTO - RANGO BAJO

Linealizaciones de tendencia y observaciones: La consideración de que la máxima media de error obtenida significa no más que 2.4% de la menor medida real de los recubrimientos, apoya la decisión de ignorar los efectos producidos por el diámetro en contra de las lecturas de los recubrimientos en rango bajo.

**-Gráfica de Media de error en lecturas de Recubrimiento (rango bajo) vs Medida real de diámetro-**

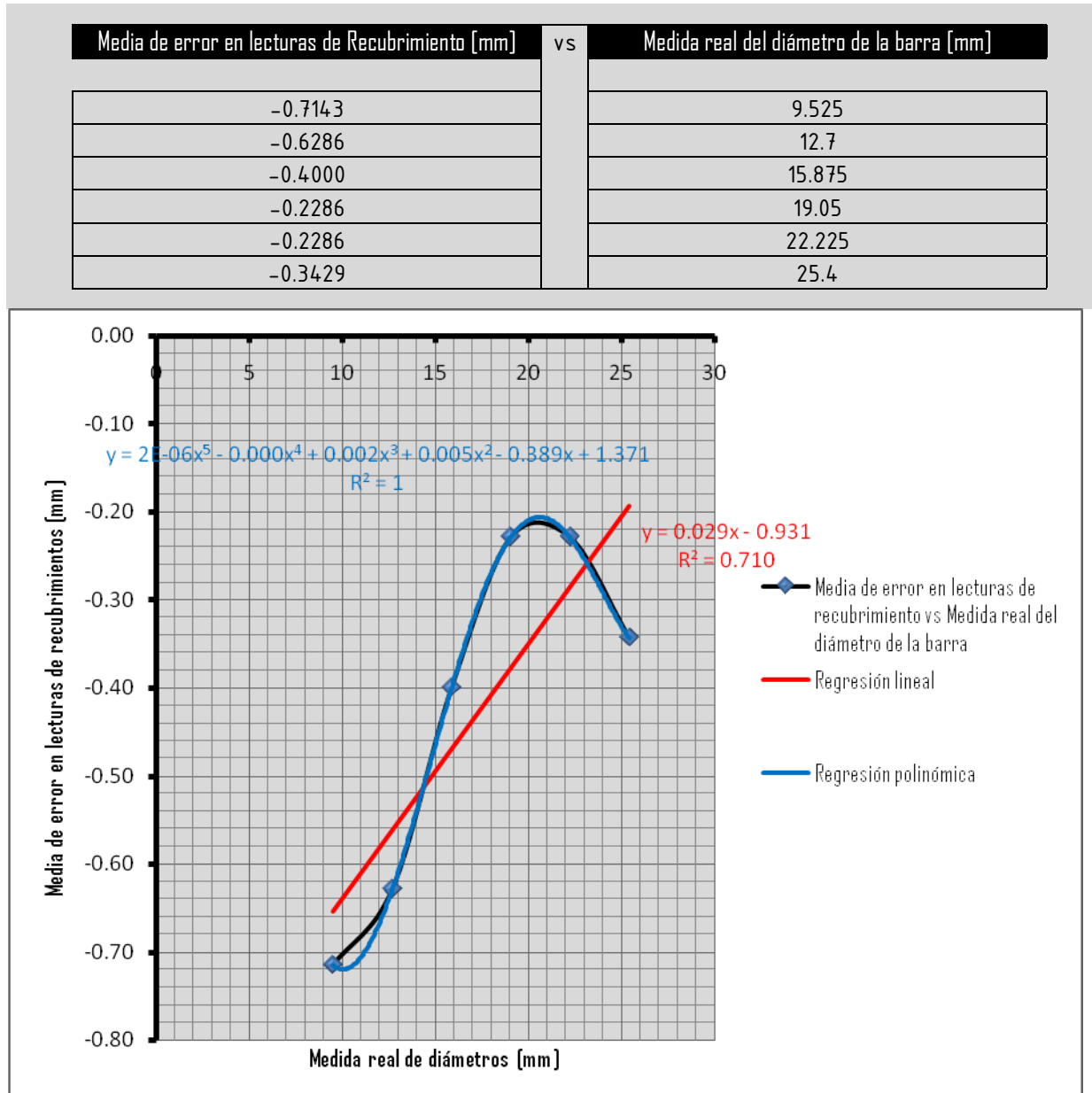


Figura 4-10. Línea de tendencia de la influencia del diámetro en los registros del RECUBRIMIENTO – RANGO BAJO

## 4.5.4.2 Análisis del espesor de recubrimiento como influencia del error

Metodología seguida y justificación: De nuevo en esta sección, existe la necesidad de valorar la influencia causada por un factor directamente implicado en la interacción detector-probeta.

Aislar los efectos para comprobar que tanto representan para el error total, es importante para conseguir simplificar el eventual ejercicio de deducir ajustes puesto que los efectos que resultan de baja significancia pueden ser descartados, mientras que los efectos más notables pueden representar unilateralmente el comportamiento del error.

Particularmente se procura aquí la evaluación del efecto del propio espesor de recubrimiento en su propia lectura, que es el error connatural de la medición del recubrimiento, en ausencia de otra variable a la que se pueda deber un error adicional.

La finalidad y los medios con que se cuenta para alcanzarla, instan a que se apliquen a la causa registros que cumplen con el requisito de haber sido tomados a cada una de las barras de un mismo diámetro (5/8" ó 15.875mm) que habían sido dispuestas en la probeta con recubrimientos de 3, 4, 5, 6, 6.5 y 7cm.

La determinación de la influencia del espesor del recubrimiento sobre la lectura que hace el detector de ese mismo recubrimiento, se basa en la gráfica de soporte que se consigue de la información relacionada.

Datos reorganizados: 35 registros por cada una de las barras que cumplen con tener un diámetro constante para todas y los recubrimientos distintos ya señalados. La razón de que sea 7cm el último recubrimiento analizado es que es el último recubrimiento cerrado que está por debajo de lo que se dedujo, es el límite técnico del dispositivo. La información es extraída de la sesión 2 de los resultados particulares del rango bajo de las mediciones hechas sobre la probeta de ensayo.

*[R] – Recubrimiento real*

*[D] – Diámetro real de la barra*

*[L]– Lectura del recubrimiento (según detector)*

R   30 mm			R   40 mm			R   50 mm		
D   5/8" (15.875 mm)			D   5/8" (15.875 mm)			D   5/8" (15.875 mm)		
	L	Error		L	Error		L	Error
	mm	mm		mm	mm		mm	mm
1	31	-1	1	40	0	1	50	0
2	29	1	2	40	0	2	49	1
3	29	1	3	41	-1	3	50	0
4	30	0	4	40	0	4	51	-1
5	31	-1	5	41	-1	5	51	-1
6	31	-1	6	40	0	6	53	-3
7	30	0	7	40	0	7	50	0
8	30	0	8	41	-1	8	52	-2
9	29	1	9	40	0	9	50	0
10	30	0	10	39	1	10	51	-1
11	29	1	11	40	0	11	49	1
12	31	-1	12	40	0	12	50	0
13	31	-1	13	41	-1	13	51	-1
14	30	0	14	41	-1	14	50	0
15	30	0	15	40	0	15	52	-2
16	30	0	16	41	-1	16	50	0
17	30	0	17	40	0	17	50	0
18	30	0	18	39	1	18	51	-1
19	31	-1	19	41	-1	19	50	0
20	30	0	20	41	-1	20	50	0
21	29	1	21	40	0	21	49	1
22	30	0	22	40	0	22	49	1
23	32	-2	23	41	-1	23	50	0
24	32	-2	24	41	-1	24	53	-3
25	31	-1	25	38	2	25	49	1
26	28	2	26	41	-1	26	50	0
27	31	-1	27	42	-2	27	52	-2
28	31	-1	28	41	-1	28	50	0
29	32	-2	29	40	0	29	50	0
30	30	0	30	40	0	30	51	-1
31	31	-1	31	42	-2	31	50	0
32	32	-2	32	39	1	32	51	-1
33	31	-1	33	40	0	33	51	-1
34	30	0	34	41	-1	34	50	0
35	30	0	35	40	0	35	52	-2

Media	30.34	<b>-0.343</b>	Media	40.34	<b>-0.343</b>	Media	50.49	<b>-0.486</b>
Desviación	0.95	0.954	Desviación	0.83	0.826	Desviación	1.05	1.052

Tabla 4-14. Datos para el estudio de la influencia del espesor del recubrimiento en los registros del RECUBRIMIENTO - RANGO BAJO

R	60 mm	
D	5/8" (15.875 mm)	
	L	Error
	mm	mm
1	59	1
2	60	0
3	62	-2
4	60	0
5	62	-2
6	59	1
7	62	-2
8	61	-1
9	59	1
10	60	0
11	60	0
12	60	0
13	62	-2
14	58	2
15	60	0
16	62	-2
17	61	-1
18	61	-1
19	60	0
20	62	-2
21	60	0
22	60	0
23	60	0
24	61	-1
25	60	0
26	59	1
27	61	-1
28	62	-2
29	60	0
30	62	-2
31	63	-3
32	61	-1
33	61	-1
34	60	0
35	61	-1

R	65 mm	
D	5/8" (15.875 mm)	
	L	Error
	mm	mm
1	65	0
2	65	0
3	65	0
4	66	-1
5	67	-2
6	65	0
7	67	-2
8	67	-2
9	66	-1
10	66	-1
11	65	0
12	66	-1
13	64	1
14	66	-1
15	67	-2
16	67	-2
17	64	1
18	66	-1
19	65	0
20	66	-1
21	66	-1
22	66	-1
23	67	-2
24	64	1
25	66	-1
26	66	-1
27	66	-1
28	65	0
29	66	-1
30	65	0
31	63	2
32	63	2
33	66	-1
34	64	1
35	66	-1

R	70 mm	
D	5/8" (15.875 mm)	
	L	Error
	mm	mm
1	70	0
2	68	2
3	69	1
4	72	-2
5	72	-2
6	71	-1
7	73	-3
8	71	-1
9	72	-2
10	72	-2
11	70	0
12	70	0
13	70	0
14	70	0
15	71	-1
16	72	-2
17	70	0
18	71	-1
19	70	0
20	69	1
21	70	0
22	70	0
23	71	-1
24	69	1
25	72	-2
26	69	1
27	72	-2
28	70	0
29	72	-2
30	69	1
31	70	0
32	69	1
33	73	-3
34	72	-2
35	73	-3

Media	60.60	-0.600
Desviación	1.13	1.126

Media	65.54	-0.543
Desviación	1.08	1.078

Media	70.69	-0.686
Desviación	1.33	1.326

Continuación Tabla 4-14. Datos para el estudio de la influencia del recubrimiento en los registros del RECUBRIMIENTO - RANGO BAJO

Linealizaciones de tendencia: Es posible deducir que entre los recubrimientos desde 3cm hasta 7cm, donde el detector de barras tiene capacidad para conseguir resultados en rango bajo, la media de los errores de las lecturas de tales recubrimientos no refleja ninguna afectación significativa por parte del espesor mismo de recubrimiento. Que la máxima media de error no llegue a 0.7mm en 7cm de recubrimiento, es un índice de la baja o nula influencia estudiada. No se considera representativo el aporte al error debido a esta variable.

**-Gráfica de Media de error en lecturas de Recubrimiento (rango bajo) vs Medida real de recubrimiento-**

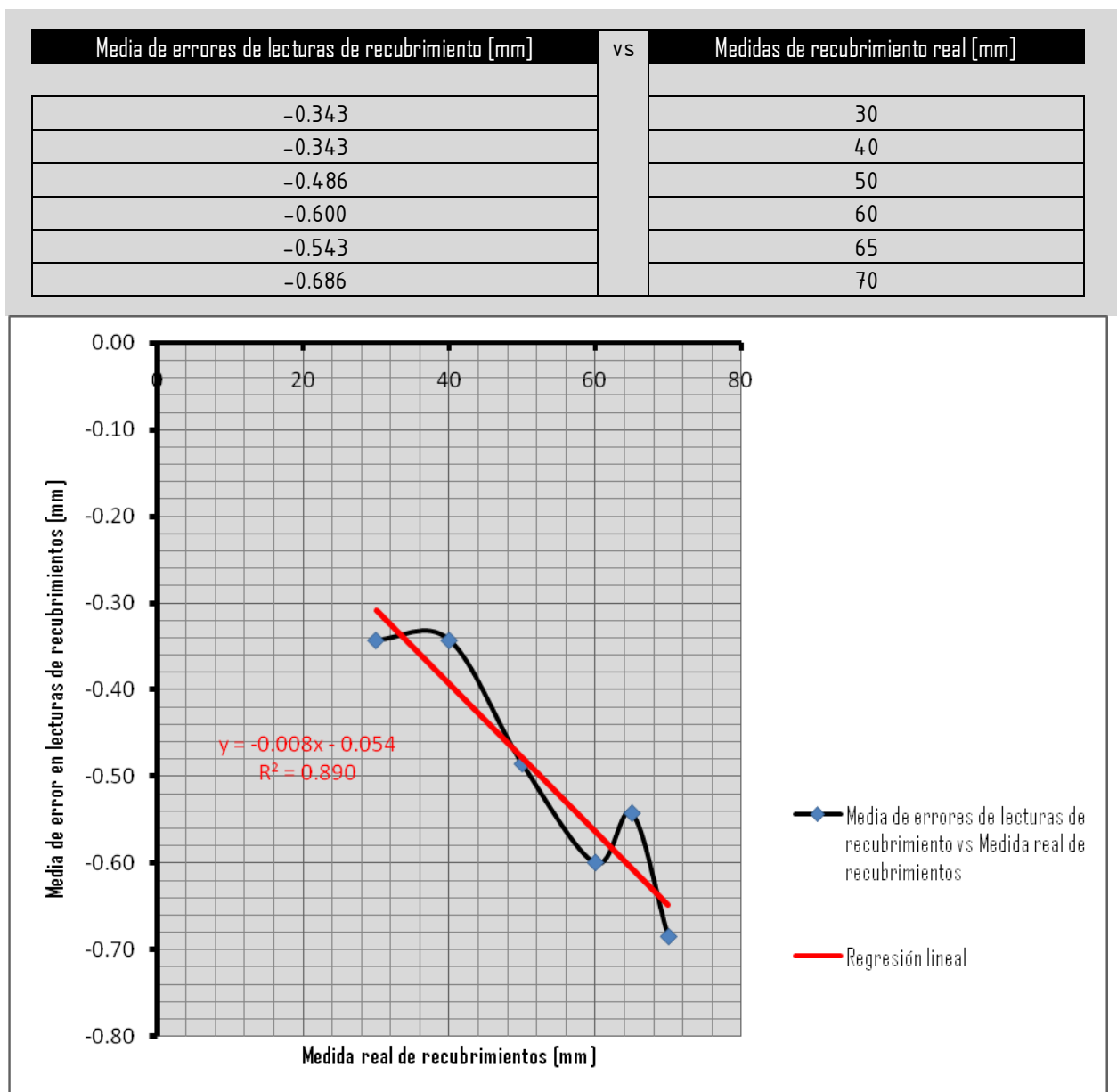


Figura 4-11. Líneas de tendencia de la influencia del espesor del recubrimiento en los registros del RECUBRIMIENTO – RANGO BAJO

### 4.5.4.3 Distribución del error y confiabilidad observada

De lógica concordancia con las tendencias anteriormente observadas de los errores ocasionados por las variables (recubrimiento y diámetro) sobre los registros obtenidos de los recubrimientos en los ensayos de rango bajo, la distribución de los errores a continuación, ratifica el alto grado de coincidencia, de las medidas hechas a los recubrimientos con el detector y las medidas reales predispuestas en la probeta.

El siguiente agrupamiento de errores entre niveles de  $\pm 1\text{mm}$ ,  $\pm 2\text{mm}$ ,  $\pm 3\text{mm}$  y  $\pm 4\text{mm}$ , sin importar cual haya sido el diámetro de la barra detectada por rango bajo, tuvo en cuenta todos los registros de recubrimientos en ese mismo rango.

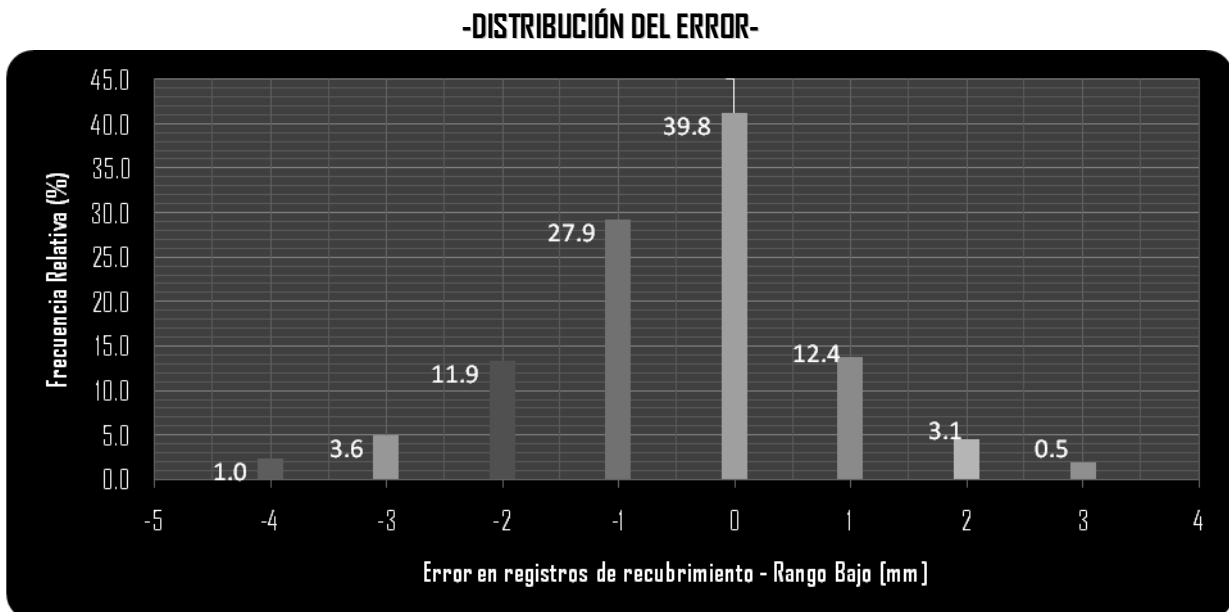


Figura 4-12. Distribución de errores en registros de RECUBRIMIENTO - RANGO BAJO.

ERROR $\pm 1\text{mm}$	ERROR $\pm 2\text{mm}$	ERROR $\pm 3\text{mm}$	ERROR $\pm 4\text{mm}$	
80 %	15 %	4 %	1 %	100%

-La confiabilidad en esta parte fue establecida también acatando la recomendación de las normas británicas, que determinan un error permisible en laboratorio de  $\pm 2\text{mm}$ , para las mediciones sobre recubrimientos.

CONFIABILIDAD	ERROR ACUMULADO $\pm 1.58\text{mm}$	95 %
---------------	-------------------------------------	------

4.6

## CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES PARCIALES

## 4.6.1 Conclusiones

En el marco de las condiciones en que se desarrollaron los ensayos de detección, es posible inferir las conclusiones siguientes:

El registro de diámetros en rango alto alcanza una confiabilidad de 86.7%. Esto demuestra una alta precisión que sin embargo debe ser complementada con un ajuste dirigido a reducir las ambigüedades que se presentaron en los ensayos.

El registro de diámetros por medio del rango alto de medición sólo es posible hasta un recubrimiento de 5.5cm ~ 5.6cm.

El registro de diámetros en rango bajo satisface las expectativas de precisión. Su confiabilidad en los ensayos asciende al 94%. Sin embargo, esta precisión queda también supeditada a que el registro de los diámetros no es técnicamente posible cuando la barra involucrada tiene recubrimientos mayores a un límite que se ubica de manera no estable en 5.5cm ~ 5.6cm.

El registro de recubrimientos tanto en detecciones de rango bajo y de rango alto, alcanza resultados muy realistas con confiabilidades generales que superan el 90%. En vista de que las magnitudes de los recubrimientos no son tan pequeñas como las de los diámetros de las barras, se está aquí entonces, con menos exposición a las consecuencias que implica caer en errores. Se considera que la confiabilidad es suficiente.

El registro de recubrimientos para rango alto es sólo posible hasta recubrimientos reales de 10.5cm. De recubrimientos reales mayores no se obtuvieron registros en práctica.

El registro de recubrimientos por rango bajo, independiente de cuál sea la lectura, tiene lugar sólo hasta recubrimientos reales de 7cm.

A diferencia de lo que recomienda el manual del dispositivo respecto a que el rango bajo debe ser preferido para determinar diámetros por debajo de 6cm, en práctica lo notorio es que, por debajo de 5.5cm ~ 5.6cm el uso de cualquier rango proporciona aproximadamente los mismos resultados.

Se considera que, en consecuencia con la mayor amplitud de utilidad, el rango alto debe ser preferido al rango bajo. Los resultados que obtienen ambos rangos no difieren de manera drástica, pero lo determinante es que los límites por encima de los cuales el rango bajo deja de ser útil, son siempre menores a los límites técnicos del rango alto.

## 4.6.2 Observaciones

De los ensayos realizados sobre los especímenes de prueba secundarios puede comentarse que la determinación relativa de la posición de las barras en las superficies laterales de los elementos mediante las detecciones mismas de las barras, se presenta siempre desfasada en una medida que es proporcional a la profundidad de la barra.

El registro de una barra sobre aproximadamente el punto donde ésta se intersecta perpendicularmente con otra, genera lecturas de diámetros similares a la suma de los dos diámetros de las barras, y lecturas de recubrimientos que señalan la distancia desde el borde más cercano de la barra más adyacente hasta la superficie del elemento desde donde se ausculta el interior de la estructura.

En cuanto a la maniobra del detector de barras de refuerzo, se observó que la velocidad del movimiento con que se opera el detector es altamente influyente en el resultado obtenible. La velocidad para movilizar el detector debe ser lenta pero constante.

Así mismo, la dirección del movimiento del detector debe ser lo más ortogonal posible en función de la barra que se evalúa. No interpretar bien la dirección de las barras y, en consecuencia, efectuar movimientos del detector no perpendiculares a la dirección de las barras analizadas provoca sobreestimaciones de diámetros.

# 5. EXTENSIÓN A LA PRÁCTICA

5.1

## PREÁMBULO

---

## 5.1.1 Introducción

Las condiciones en que la experimentación se llevó a cabo, y que fueron especialmente dispuestas para adquirir nociones del rendimiento del dispositivo, no coinciden demasiado con las condiciones en que se realiza un sondeo en la práctica real sobre estructuras preexistentes.

Las condiciones de los ensayos estaban plenamente identificadas, mientras que con o sin información de soporte, las condiciones de la puesta en práctica siguen siendo en cierta medida imprevisibles y cambiantes entre una situación y otra cualquiera.

La importancia de experimentar con el funcionamiento del dispositivo sobre probetas prediseñadas es inocultable en conformidad con la necesidad de evaluar la fidelidad correspondiente a sus registros.

En el mismo sentido, la importancia de ubicar el ejercicio de las funciones del dispositivo en el medio práctico donde se desenvuelven realmente sus servicios, es considerable, en vista de la contundencia de las conclusiones que pueden extraerse a partir de observar tal desempeño, habida cuenta de la presencia de nuevos factores internos e incluso externos durante los procedimientos de medición.

Confrontar la versión del reforzamiento de una estructura que da el detector especializado con la versión original que dan los planos en que se plasman los proyectos, provee otra luz más clarificadora aún de los beneficios prácticos que supone el uso del dispositivo en cuestión.

De la misma manera, aprovechar esta ocasión para verificar si el ajuste propuesto en la sección precedente surte mejorías comparativas respecto a la posible imprecisión de las lecturas auténticas del proceso de medición, permite la reflexión de si la confiabilidad natural del dispositivo puede potencializarse.

A continuación se emprende la presentación y la explicación del procedimiento conducente a obtener mediante suficientes comparaciones puntuales, un dictamen, basado en la experimentación y la práctica real, de la confiabilidad del detector de barras de refuerzo.

## 5.1.2 Alcance

Este estudio puede llegar a representar un soporte técnico a la aplicación en práctica de los detectores de barras. Sin embargo se advierten las condiciones bajo las cuales se operó:

En observación de que en primera instancia son fines básicamente académicos los que dan motivo a la puesta en práctica del detector de barras de acero de refuerzo, no se procedió a efectuar un levantamiento total de la información estructural del edificio aprovechado para el fin, sino que se decidió registrar datos cuya corroboración es clave en la busca de la confiabilidad del dispositivo.

Sólo fueron consideradas algunas viguetas de la placa del segundo piso del edificio Federico Mamitza Bayer de Diseño Estructural ubicado en el campus de la UIS y así mismo, algunas columnas pertenecientes a los tres pisos de los que consta esta misma edificación. El número de este conjunto de elementos se consideró suficiente con criterio estadístico.

Sobre los elementos seleccionados sólo se efectuaron registros en sectores suyos de particular interés y, a la vez, de fácil comparación, lo que reduce tal vez la magnitud del procedimiento pero no y nunca la significancia de los datos compendiados en su curso.

Dentro de las posibilidades que hay de controlar las propiedades de medición del dispositivo, se optó por obtener los registros según el rango alto de medición, debido a que el rango bajo no ofrece características particularmente apropiadas para la detección en campo, como se puede extrapolar de las conclusiones del capítulo precedente.

Se debió asumir la información de los planos estructurales auténticos como la referencia para establecer la confiabilidad del dispositivo. No se contó con el despliegue de recursos ni con las facilidades de desenvolvimiento para la apertura de regatas como medio verificativo.

## 5.2

# PROCEDIMIENTO GENERAL

---

Canalizando el interés hacia esta fija intención de extender el empleo del dispositivo al plano práctico, que por lo demás, es el escenario real donde su utilidad tiene que ser aplicable, se planeó incursionar con él sobre algunos elementos estructurales y llevar a cabo series de detecciones centradas en la determinación de cantidades, denominaciones y recubrimientos correspondientes a las barras de acero contenidas.

La primera necesidad de encontrar un sitio que proporcionara la aptitud de la estructura a la causa, la presencia de elementos de fácil reconocimiento, y la libertad de circulación por sus instalaciones, entre otras medidas de simplificación para este ejercicio de fines académicos, fue resuelto con el ofrecimiento, por parte de la Oficina de Planeación y la Dirección de Escuela de Diseño Industrial adscritas a la Universidad Industrial de Santander, del edificio Federico Mamitza Bayer, construcción para la cual se proyecta reformas internas y de extensión, no sin previo cumplimiento legal de adelantar el estudio de vulnerabilidad sísmica habilitante, en el que la información reportada aquí alcanza a significar una cuota inicial de toda la necesaria, y será, como tal, considerada para empezar a desarrollar el descrito propósito.

La fase de extracción de información vía detector de barras de refuerzo en campo, se desarrolló selectivamente sobre algunos elementos pertenecientes a tal instalación. La información reconocida por esta fuente independiente se constituye en una versión contrastable con la versión disponible en los planos estructurales consultados respecto a los mismos elementos seleccionados. Se está también en la posibilidad de presentar, como una versión adicional, los resultados que proporciona un ejercicio de ajuste a la versión original de las lecturas de campo, según las conclusiones del análisis efectuado sobre la experiencia de las probetas.

El paralelo de tales informaciones se expone en tabulaciones de datos reorganizados. La información está constituida por los datos recaudados en campo, el ajuste aludido líneas atrás, de ser necesario hacerlo, y los datos extraídos de los planos estructurales de la construcción conservados y facilitados para este ejercicio por la oficina de planeación de la universidad.

Se reúnen así, los resultados del ejercicio de extensión a la práctica considerables para analizar el grado de acierto que, sobre todo en la determinación de diámetros de barras de acero sondeadas, presenta el dispositivo con el que se cuenta.

## 5.3

# DESCRIPCIÓN DE LA EDIFICACIÓN OBJETIVO

El Edificio Federico Mamitza Bayer está ubicado en el campus central de la Universidad Industrial de Santander. Esta instalación sirve como sede de instrucción académica para la escuela de diseño industrial. En sus tres pisos, además de aulas de clase, el edificio de “Básicas”, como es también conocido, consta de talleres y laboratorios especializados, oficinas de profesores, salas de multimedia, despachos administrativos, baños y demás cuartos de servicio. Los espacios para incursionar con el detector de barras no están completamente despejados, pero el mobiliario que obstaculiza las acciones es fácilmente removible y no constituye un impedimento para alcanzar los elementos estructurales accesibles.

Esta estructura fue construida, como muchos edificios de la UIS, en los años setenta. Y también como muchos edificios de la UIS de esa época, fue diseñado con el sistema de placa reticular celulado. A este propósito, El código NSR-98 no recomienda este sistema de placa en la actualidad para sitios especiales como Bucaramanga, donde precisamente la actividad sísmica es alta.

Una placa del sistema reticular celulado, es una placa armada en dos direcciones, maciza alrededor de las columnas, que no tienen capitel, y aligerada en los paneles centrales de la placa. Esto obligó a planear la rutina de levantamiento de información estructural en atención de la configuración de las placas. La placa está formada de vigas centrales que coinciden con los ejes de columnas, y viguetas de diferentes dimensiones, todas en ambas direcciones.

Una característica de la edificación en cuestión, que es de alto interés para el desarrollo de la etapa de levantamiento de información estructural, es que la posición de la base de los muros divisorios coincidió siempre con la posición de las vigas centrales en las placas de entrepiso y que esto imposibilita la intervención de reconocimiento sobre tales elementos. Puesto que tales muros conectan a la vez con las columnas, se hace también imposible para el detector y su tecnología alcanzar registros en condiciones así, sobre las caras no expuestas.

De esta edificación no existen registros de remodelaciones ni readecuaciones, y la información extraíble de planos estructurales, ya deteriorados, no está totalmente completa. De las memorias de cálculo, como ocurre con la gran mayoría de las estructuras de la época, se carece por completo. Situaciones de información estructural deficitaria como la expuesta, son las que en el ejercicio diario de su profesión tiene un ingeniero civil que desempeñarse.

En el mediano plazo, esta edificación será readecuada sísmicamente, en vista de las modificaciones proyectadas a su estructura. Está justificada entonces, la necesidad de realizar un compendio de datos reales y actualizados como base para diagnósticos y rediseños de refuerzo. Esto le proporciona mucho más relevancia a lo propuesto por esta tesis en cuanto a la aplicación e implementación de diversos y novedosos métodos de obtención de datos del refuerzo existente.

## 5.4

# CONSECUCCIÓN DE INFORMACIÓN ESTRUCTURAL

## 5.4.1 Rutina de detección en campo

Con el objetivo de adelantar registros en campo para probar las conclusiones del funcionamiento del dispositivo en la etapa de las probetas y con el propósito adicional de experimentar con el uso del detector en un escenario en el que prevalezcan las condiciones más habituales de las estructuras reales que requieren intervenciones de tipo restaurativo o de readecuación sísmica, se optó por realizar un levantamiento a la estructura ya mencionada y especificada del edificio Federico Mamitza Bayer.

Se decidió, conforme a las dificultades de relativa inaccesibilidad o total ocultación de algunos elementos estructurales, reducir la intervención sobre toda la edificación a sólo un ejercicio de inspección con el detector de barras sobre elementos preseleccionados sobre cuyas posiciones no se debiera incurrir en remociones de coberturas de acabados, y que no entrañara demasiado despliegue extra al necesario para lograr hacer uso del dispositivo y alcanzar registros estudiables de su funcionamiento y confiabilidad en campo.

El levantamiento de información mediante sondeos estuvo dirigido a los elementos estructurales con mayor importancia al alcance. Esto involucró a las columnas y viguetas principales de la placa de tipo reticular celulado. La escogencia de los elementos específicos de cada tipo de elemento a sondear obedeció a la fácil maniobra al momento de ejercer esta labor. Para la actividad sobre las viguetas, se decidió utilizar la primera placa de entrepiso del edificio, y se centró la atención en aquellas en donde convenientemente no existían muros divisorios sobre o debajo de ellas, y donde el acceso no representara traumatismos en las aulas de clase. Para las columnas se conservaron criterios similares pero éstas hacen parte de toda la estructura, es decir que corresponden a los pisos 1er, 2do, y 3ro.

El procedimiento sobre cada elemento consistió, en el caso de las viguetas, en realizar detecciones en puntos clave a lo largo del elemento, como lo son los dos extremos opuestos y la mitad de la luz. Lo anterior se hizo con el criterio de considerar el rendimiento del dispositivo sobre los puntos críticos de la estructura, que por lo demás, son los principales datos que necesitan los ingenieros estructuralistas. Los resultados registrados por el detector de barras de refuerzo considerados para el ejercicio fueron la cantidad de barras de acero presentes en la estructura, los recubrimientos, y donde el dispositivo tuviera la capacidad, las detecciones recaudaron lecturas de los diámetros de las barras.

El ejercicio de detección sobre las columnas sólo se realizó en una de sus caras expuestas, tomando registros tanto del refuerzo longitudinal como del refuerzo transversal. Para cada columna se hizo efectiva la misma serie de registros en los

mismos sectores especiales, a saber, aunque ahora en vertical, los dos extremos y la parte central de la columna.

Los registros tanto en columnas como en viguetas se redujeron al acopio de datos del diámetro de las barras de acero contenidas en tales elementos de concreto en funciones de refuerzo longitudinal y transversal. La razón estriba en que se demostró en la fase de ensayos que las sensibles deficiencias del dispositivo de auscultación se manifestaron justamente en la asimilación de los mencionados diámetros de barras. Por lo demás, se entiende lógicamente que, habiendo concluido la relativa imprecisión del dispositivo que se debió a la influencia ejercida por las propias barras, la particularmente alta congestión de barras en estos elementos puede ser la más posible y más representativa causa de malos desenvolvimientos del detector en condiciones reales.

A la información de recubrimientos y posición de barras detectadas, no se les procuró análisis comparativos. Cualitativamente serán comentadas algunas observaciones a su respecto. A la información de recubrimientos no hubo una manera comprobable de determinarle veracidad, puesto que los acabados varían considerablemente de un sector a otro y de un elemento a otro. Además, apoyados en una de las conclusiones de la fase de ensayos, la alta precisión de los registros de recubrimientos no se ve afectada ni por la presencia de las barras de acero ni por el propio efecto del espesor del recubrimiento.

En lo referido al posicionamiento relativo y la separación entre barras detectadas los datos compendiados no se analizan a continuación, sino que se expone, también a modo observación, el buen comportamiento del dispositivo a estos propósitos puntuales.

La causa de que haya sido fijado el rango alto de medición como característica definitiva del funcionamiento del detector para los procedimientos adoptados de reconocimiento sobre los elementos del edificio antes determinado, obedece a que, a diferencia del rango bajo de medición, el rango alto posee mayor capacidad de registro y proporciona un nivel de información más completo.

## 5.4.2 Información Extraída de planos estructurales

El contenido que se relaciona a continuación corresponde a la información extraída de los planos estructurales del edificio Federico Mamitza Bayer con la que se debió contrastar la versión que proporcionó el detector, ante la imposibilidad de que fueran hechas regatas de confirmación para todos los registros. Se asume entonces, que la información de planos estructurales originales de la edificación es el punto de referencia para evaluar la precisión del dispositivo. Las tablas de información de planos estructurales contienen la información tenida en cuenta como base para la comparación y están organizadas según la clase de elemento considerado. El esquema adjunto a las tablas, representa la espacialidad de la planta típica del edificio, y señala las posiciones de los elementos seleccionados por su adecuación al objetivo (las columnas no hacen parte de un mismo piso, pero en virtud a continuidad piso a piso de ellas, pudieron ser señaladas en una misma planta). La nomenclatura adoptada es la original de los planos estructurales.

### -INFORMACION ESTRUCTURAL DE LAS COLUMNAS-

ELEMENTO	PISO	SECCIÓN	REFUERZO LONGITUDINAL	ESTRIBOS	CARA INTERVENIDA	
<b>COLUMNA</b>						
Y'19	3	0,40 x 0,40	8 Ø 3/4	2 Ø 3/8 C/30 cm	X INT	3Ø6
U'17 ; Y'16 ; X'18	3	0,40 x 0,40	8 Ø 5/8	2 Ø 3/8 C/30 cm	X INT	3Ø5
Y'17 ; Y'18 ; V'17	3	0,40 x 0,40	8 Ø 5/8	2 Ø 3/8 C/30 cm	X EXT	3Ø5
X'19	3	0,40 x 0,40	14 Ø 1	2 Ø 3/8 C/30 cm	X INT	5Ø8
U'16 ; U'17 ; U'18 ; Y'17	2	0,40 x 0,40	8 Ø 3/4	2 Ø 3/8 C/30 cm	X INT	3Ø6
V'16 ; V'17 ; V'18	2	0,40 x 0,40	8 Ø 5/8	2 Ø 3/8 C/30 cm	X EXT	3Ø5
X'16 ; X'17	2	0,40 x 0,40	8 Ø 5/8	2 Ø 3/8 C/30 cm	X INT	3Ø5
U'15;U'18;Y'15;Y'16;Y'17	1	0,40 x 0,40	8 Ø 3/4	2 Ø 3/8 C/30 cm	X INT	3Ø6
X'15 ; X'16 ; X'17 ; V'15	1	0,40 x 0,40	4Ø7/8 + 4Ø1	2 Ø 3/8 C/30 cm	X EXT	1Ø7+2Ø8
V'18 ; V'19	1	0,40 x 0,40	4Ø7/8 + 4Ø1	2 Ø 3/8 C/30 cm	X INT	1Ø7+2Ø8
U'19	1	0,30 x 0,30	8 Ø 5/8	2 Ø 3/8 C/30 cm	X INT	3Ø5

Tabla 5-1. Información extraída de planos estructurales - COLUMNAS

	EJE 14'	LUZ 14'-15'	EJE 15'	LUZ 15'-16'	EJE 16'	LUZ 16'-17'	EJE 17'	LUZ 17'-18'	EJE 18'	LUZ 18'-19'	EJE 19'
<b>ELEMENTO</b>											
<b>VIGUETAS</b>	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#
<b>SENTIDO Y</b>	3 4 5 6 7 8	3 4 5 6 7 8	3 4 5 6 7 8	3 4 5 6 7 8	3 4 5 6 7 8	3 4 5 6 7 8	3 4 5 6 7 8	3 4 5 6 7 8	3 4 5 6 7 8	3 4 5 6 7 8	3 4 5 6 7 8
<b>V2-U-14-19</b>	4	2 3	3		4		4		5		1 3
<b>V1-V-14-19</b>	4	2 3	2 4	3	4	3	4	3	1 4	3 1	4
<b>V2-X-14-19</b>	4	2 3	2 4	3	4	3	4	3	2 3	1 3	2 2
<b>V1-Y-14-19</b>	1 2	2 3	2 3	2	2 3	2	2 3	2	3 1	1 2	3 1

Tabla 5-2 Información extraída de planos estructurales - VIGUETAS SENTIDO Y.

ELEMENTO	EJE Y								LUZ Y-X								EJEX								EJEV								LUZ V-U								EJEU							
	#								#								#								#								#								#							
	3	4	5	6	7	8			3	4	5	6	7	8			3	4	5	6	7	8			3	4	5	6	7	8			3	4	5	6	7	8			3	4	5	6	7	8		
VIGUETAS SENTIDO X																																																
V1-14-U-Y'	1	1							2	2							1	1							1	1							2	2														
V2-15-U-Y'	2								3	2							2								2								3	2														
V1-15-U-Y'	2								5								1	3							1	3							5								2							
V2-16-U-Y'	2								2	1							2	2							2	2							2	1							2							
V1-16-U-Y'	2								2	1							2	2							2	2							2	1							2							
V2-17-U-Y'	2								2	1							2	2							2	2							2	1							2							
V1-17-U-Y'	2								2	1							2	2							2	2							2	1							2							
V2-18-U-Y'	2								2	1							2	2							2	2							2	1							2							
V1-18-U-Y'	2	2							2	1																							2	2							2	2						

Tabla 5-3 Información extraída de planos estructurales - VIGUETAS SENTIDO X

(Ver esquema en planta de los sitios de intervención)

## 5.5

# DATOS DE DETECTOR VS DATOS DE PLANOS

En las tablas que se muestra a continuación se puede observar el conjunto elegido de datos provenientes de los registros en campo por el detector de barras de refuerzo en paralelo comparativo con los datos correspondientes contenidos en los planos, tanto para columnas, como para viguetas.

Los datos generados por el detector están ubicados de tal manera que permiten ver qué denominación se interpretaría inmediatamente a su lectura. Esto quiere decir que, en cuanto a diámetros, lo normalmente asumible en práctica no es el registro directo de las lecturas, sino la aproximación respectiva al octavo de pulgada, logrando así una interpretación en términos de denominación de barra comercial.

Con los datos de recubrimiento adjuntos allí mismo, se justifica la lectura o la no lectura del diámetro. Esto significa que, dada la posibilidad de que se encuentren recubrimientos mayores a cierto límite técnico de operación, cuando se presenten, no habrá lectura de diámetros.

En las tablas se indica el número de barras detectado y el que enseñan los planos, en vista de que en práctica pueden no ser siquiera localizadas. También se compartimentó una casilla que da lugar al ajuste procurable cuando se puede hacer uso de las recomendaciones de corrección de la sección precedente de ensayos de detección. Aquí, a la altura de los datos que fueron corregidos, se indican sus denominaciones correspondientes, según el ajuste propuesto. Para las columnas adicionalmente se muestra unas casillas con información de estribos como recubrimiento, diámetro leído y separación del refuerzo transversal, para mayor claridad en la parte superior se indica la cara de la columna intervenida. En la parte superior de las tablas se indica el elemento y el punto en donde se realizó la detección.

La organización de las tablas de comparación presenta en primer lugar la información evaluada de las columnas, indicando el piso correspondiente a la ubicación de cada una de éstas, ya sea 1ro, 2do o tercero, como sea oportuno señalarlo. Posteriormente se presenta la información considerada para las viguetas, sentido Y, sentido X aclarando que todas pertenecen sólo a la primera placa de entrepiso del edificio intervenido, puesto que se decidió simplificar el ejercicio de detecciones en calidad de pruebas de carácter académico.



**-Primer piso-**

Columna U' 15' -cara "x" interna-											
Fuente											
As Principal	Campo				ajuste	Planos		As Estribos		Campo	
	C	L	#	R		C	#			L	X
	3			3							3
			4				4				
			5				5				
			6			3	6	s	29		
X			7	71	-		7				
X			8	70	-		8	R	69.0		
X				71	-						

Columna V' - 18-cara "x" externa-											
Fuente											
As Principal	Campo				ajuste	Planos		As Estribos		Campo	
	C	L	#	R		C	#			L	X
	3			3							3
			4				4				
			5				5				
			6				6	s	29		
			7								
			7	50	ok	1	7				
			8	54	ok	2	8	R	46		
			8	55	ok						

Columna u' - 18 -cara "x" interna-											
Fuente											
As Principal	Campo				ajuste	Planos		As Estribos		Campo	
	C	L	#	R		C	#			L	X
	3			3							3
			4				4				
			5				5				
			6			3	6	s	28.5		
			7				7				
			7	52							
			8	55			8	R	68		
			8	54							

Columna V' 15'-cara "x" interna-											
Fuente											
As Principal	Campo				ajuste	Planos		As Estribos		Campo	
	C	L	#	R		C	#			L	X
	3			3							3
			4				4				
			5				5				
			6				6	s	32		
			7								
			7	55	ok	1	7				
			8	55	ok						
			8	54	-	2	8	R	44.0		

Columna X' -15-cara "x" externa-											
Fuente											
As Principal	Campo				ajuste	Planos		As Estribos		Campo	
	C	L	#	R		C	#			L	X
	3			3							3
			4				4				
			5				5				
			6				6	s	30		
			7			1	7				
			7	62	-						
			8	44	ok	2	8	R	36.0		
			8	54	ok						

Columna Y' -15-cara "x" interna-											
Fuente											
As Principal	Campo				ajuste	Planos		As Estribos		Campo	
	C	L	#	R		C	#			L	X
	3			3							3
			4				4				
			5				5				
			6				6	s	27		
			6	67	-						
			6	68	-						
			7	77	-	1	7				
			8			2	8	R	72		

Columna X - 16-cara "x" externa-										
Fuente										
As Principal	Campo				ajuste	Planos		As Estribos	Campo	
	C	L	#	R		C	#		L	X
	3			3			-			3
			4			4				
			5			5				
			6			6				
X			7	72	-	2	7	R	56.0	
X			8	60		1	8			
X				77						

Columna X -17-cara "x" interna-										
Fuente										
As Principal	Campo				ajuste	Planos		As Estribos	Campo	
	C	L	#	R		C	#		L	X
	3			3			-			3
			4			4				
			5			5				
			6			6				
X			7	64	-	1	7	R	55.0	
X			8	61						
X				61		2	8			

Columna Y- 16-cara "x" interna-										
Fuente										
As Principal	Campo				ajuste	Planos		As Estribos	Campo	
	C	L	#	R		C	#		L	X
	2			3			-			3
			4			4				
			5			5				
X			6	75	3	6				
			7			7				
X			8	72		8				

Columna Y-17-cara "x" interna-										
Fuente										
As Principal	Campo				ajuste	Planos		As Estribos	Campo	
	C	L	#	R		C	#		L	X
	1			3			-			3
			4			4				
			5			5				
X			6	74	3	6				
			7			7				
			8			8				

Columna V - 19-cara "x" interna-										
Fuente										
As Principal	Campo				ajuste	Planos		As Estribos	Campo	
	C	L	#	R		C	#		L	X
	3			3			-			3
			4			4				
			5			5				
			6			6				
X			7	67	ok	1	7	R	57.0	
25.7			8	52		2	8			
X				69						

Columna U - 19-cara "x" interna-										
Fuente										
As Principal	Campo				ajuste	Planos		As Estribos	Campo	
	C	L	#	R		C	#		L	X
	3			3			-			3
			4			4				
X			5	58		5				
X				59						
X			6	70	-	3	6	R	53	
			7				7			
			8				8			

-Segundo piso-

Columna V - 16-cara "x" externa-												
Fuente												
As Principal	Campo				ajuste	Planos		As Estribos	Campo			
	C	L	#	R		C	#		L	X		
3			3		-		3	As Estribos	L	X		
			4				4					
	X		5	82			3		5	s	31	
	X			81					6			
	X		6	90					7			
			7						8		R	70.0
			8									

Columna V - 17-cara "x" externa-												
Fuente												
As Principal	Campo				ajuste	Planos		As Estribos	Campo			
	C	L	#	R		C	#		L	X		
3			3		-		3	As Estribos	L	27.6		
			4				4					
	X		5	82			3		5	s	28	
	X			72					6			
	X		6	70					7			
			7						8		R	61
			8									

Columna U - 16-cara "x" interna-												
Fuente												
As Principal	Campo				ajuste	Planos		As Estribos	Campo			
	C	L	#	R		C	#		L	X		
3			3		-		3	As Estribos	L	X		
			4				4					
	X		5	61					5			
	X		6	64			3		6	s	29	
	X			64					7			
			7						8		R	72.
			8									

Columna U - 17-cara "x" interna-												
Fuente												
As Principal	Campo				ajuste	Planos		As Estribos	Campo			
	C	L	#	R		C	#		L	X		
3			3		-		3	As Estribos	L	X		
			4				4					
			5				3		5	s	30.0	
	X		6	60					6			
	X			61					7			
	X		7	63					8		R	61
			8									

Columna X - 16-cara "x" interna-												
Fuente												
As Principal	Campo				ajuste	Planos		As Estribos	Campo			
	C	L	#	R		C	#		L	X		
3			3		ok		3	As Estribos	L	15.4		
			4				4					
			5						5			
		17.8	6	55			3		6	s	30	
			7						7			
		23.9	8	55		ok			8		R	42
		X		58		-						

Columna X - 17-cara "x" interna-												
Fuente												
As Principal	Campo				ajuste	Planos		As Estribos	Campo			
	C	L	#	R		C	#		L	X		
3			3		-		3	As Estribos	L	X		
			4				4					
	X		5	67					5			
	X			68			3		6	s	30.0	
	X		6	65					7			
			7						8		R	41
			8									

Columna V'- 18 -cara "x" externa-										
Fuente										
As Principal	Campo				ajuste	Planos		Campo		
	C	L	#	R		C	#	L	X	
	3			3				3	As Estribos	
			4			4				
X			5	68	-		5			
X				66	-			s		30
X			6	68	-	3	6			
			7				7			
			8				8			
								R		67

Columna Y'- 17 -cara "x" interna-										
Fuente										
As Principal	Campo				ajuste	Planos		Campo		
	C	L	#	R		C	#	L	X	
	3			3				3	As Estribos	L
			4			4				
			5				5			
X			6	62	-			s		29
X				59	-	3	6			
X			7	64	-		7			
			8				8			
								R		47

Columna U- 18 -cara "x" interna-										
Fuente										
As Principal	Campo				ajuste	Planos		Campo		
	C	L	#	R		C	#	L	X	
	3			3				3	As Estribos	L
			4			4				
			5				5			
X			6	62	-			s		29.5
X				62	-	3	6			
X			7	65	-		7			
			8				8			
								R		64

-Tercer piso-

Columna Y'-16'-cara "x" interna-										
Fuente										
As Principal	Campo				ajuste	Planos		Campo		
	C	L	#	R		C	#	L	X	
	3			3				3	As Estribos	L
			4			4				
X			5	66	-		5			
X				67	-			s		31
X			6	65	-	3	6			
			7				7			
			8				8			
								R		58

Columna Y'- 17 -cara "x" externa-										
Fuente										
As Principal	Campo				ajuste	Planos		Campo		
	C	L	#	R		C	#	L	X	
	3			3				3	As Estribos	L
			4			4				
X			5	60	-		5			
X				64	-			s		29.5
X			6	65	-	3	6			
			7				7			
			8				8			
								R		55

Columna Y'-18'-cara "x" externa-											
Fuente											
As Principal	Campo				ajuste	Planos		As Estribos	Campo		
	C	L	#	R		C	#		L	X	
2			3		-		3	s	L	X	
			4				4				
			5				5				
	X		6	70		3	6			27.5	
	X			67							
			7				7				
			8				8			R	62.0

Columna Y'-19 -cara "x" interna-											
Fuente											
As Principal	Campo				ajuste	Planos		As Estribos	Campo		
	C	L	#	R		C	#		L	X	
2			3		-		3	s	L	X	
			4				4				
			5				5				
	X		6	70		3	6			31.0	
	X			72							
			7				7				
			8				8			R	62

Columna X'19'-cara "x" interna-										
Fuente										
As Principal	Campo				ajuste	Planos		As Estribos	Campo	
	C	L	#	R		C	#		L	X
2			3		42		3	s	L	X
			4				4			
			5				5			
			6			3	6			30
			7				7			
	26.6		8	55		41	8			63
	24.6			55						

Columna X' - 18-cara "x" interna-											
Fuente											
As Principal	Campo				ajuste	Planos		As Estribos	Campo		
	C	L	#	R		C	#		L	X	
3			3		-		3	s	L	35	
			4				4				
	X		5	66		3	5			31	
	>=41			56							
	X		6	62			6				
			7				7				
			8				8			R	38

Columna U' - 17-cara "x" interna-											
Fuente											
As Principal	Campo				ajuste	Planos		As Estribos	Campo		
	C	L	#	R		C	#		L	X	
2			3		-		3	s	L	X	
			4				4				
			5				5				
	X		6	58		3	6			30	
	X			59							
			7				7				
			8				8			R	63

Columna V' - 17-cara "x" externa-											
Fuente											
As Principal	Campo				ajuste	Planos		As Estribos	Campo		
	C	L	#	R		C	#		L	X	
3			3		-		3	s	L	X	
			4				4				
	X		5	73		3	5			32	
	X			72							
	X		6	73			6				
			7				7				
			8				8			R	64

## 5.5.2 Viguetas

(- Descripción de tabla de comparación de informaciones desde distintas fuentes:

1								
2								
3				4		5		
6	7	8	9			6	8	

Figura 5-2. Descripción de tablas de comparación - VIGUETAS

- 1 - Nombre del elemento auscultado.
- 2 - Posición de registro dentro del elemento sondeado.
- 3 - Sector de indicaciones extraídas de campo mediante el detector de barras.
- 4 - Corrección (cuando es necesario o posible) mediante el método propuesto a lecturas de diámetro obtenidas en campo.
- 5 - Sector de información contemplada en planos existentes.
- 6 - Cantidad de barras localizadas por el detector de barras de refuerzo.
- 7 - Lectura registrada del diámetro en los sondeos.
- 8 - Denominación de barras para las dos fuentes, en campo y en planos.
- 9 - Recubrimiento de barras registrado por el detector en los sondeos que se incluye sólo para justificar la lectura, o por el contrario, la no lectura del diámetro de la barra.)

-Sentido Y -

viguetas V1- 14- U'-Y'							
EJE Y							
campo				ajuste	planos		
C.	L.	Ø	R.		C.	Ø	
2		# 3		-		# 3	
	X		70		1	# 4	
		# 4					
	X		68		1	# 5	
		# 5				# 6	
		# 6				# 7	
		# 7				# 8	

viguetas V1- 14- U'-Y'							
LUZ Y'-X'							
campo				ajuste	planos		
C.	L.	Ø	R.		C.	Ø	
4		# 3		ok ok		# 3	
	11.9		45		2	# 4	
	12.2	# 4	46				
	16		42		ok	2	# 5
	15.7	# 5	43		ok	# 6	
		# 6				# 7	
		# 7				# 8	

viguetas V1- 14- U'-Y'							
EJE X'							
campo				ajuste	planos		
C.	L.	Ø	R.		C.	Ø	
2		# 3		-		# 3	
	X		69		1	# 4	
		# 4					
	X		69		1	# 5	
		# 5				# 6	
		# 6				# 7	
		# 7				# 8	

viguetas V1- 14- U'-Y'							
EJE V'							
campo				ajuste	planos		
C.	L.	Ø	R.		C.	Ø	
2		# 3		-		# 3	
	X		70		1	# 4	
		# 4					
	X		67		1	# 5	
		# 5				# 6	
		# 6				# 7	
		# 7				# 8	

viguetas V1- 14- U'-Y'						
LUZ V'-U'						
campo				ajuste	planos	
C.	L.	Ø	R.		C.	Ø
4		# 3		ok ok ok ok		# 3
	12.7		48		2	# 4
	13.1	# 4	48			
	14.9		45		2	# 5
	15.3	# 5	50			# 6
		# 6				# 7
		# 7				# 8

viguetas V1- 14- U'-Y'						
EJE U'						
campo				ajuste	planos	
C.	L.	Ø	R.		C.	Ø
2		# 3		-		# 3
					1	# 4
	X	# 4	75			
	X	# 5	74		1	# 5
		# 6				# 6
		# 7				# 7
		# 8				# 8

vigüeta V2- 15 -U'-Y						
EJE Y'						
campo				ajuste	planos	
C.	L.	Ø	R.		C.	Ø
2		# 3		-		# 3
		# 4			# 4	
	X	# 5	76		2	# 5
	X	# 5	76			
		# 6				# 6
		# 7				# 7
		# 8				# 8

vigüeta V2- 15 -U'-Y						
LUZ Y'-X'						
campo				ajuste	planos	
C.	L.	Ø	R.		C.	Ø
4		# 3		ok ok ok ok		# 3
		# 4			2	# 4
	13.1 13.6	# 4	51 48			
	14.8 14.5	# 5	51 51		2	# 5
		# 6				# 6
		# 7				# 7
		# 8				# 8

vigüeta V2- 15 -U'-Y						
EJE X'						
campo				ajuste	planos	
C.	L.	Ø	R.		C.	Ø
2		# 3		-		# 3
	X	# 4	80		2	# 4
	X	# 4	87			
		# 5				# 5
		# 6				# 6
		# 7				# 7
		# 8				# 8

vigüeta V2- 15 -U'-Y						
EJE V'						
campo				ajuste	planos	
C.	L.	Ø	R.		C.	Ø
2		# 3		-		# 3
	X	# 4	77		2	# 4
	X	# 4	76			
		# 5				# 5
		# 6				# 6
		# 7				# 7
		# 8				# 8

vigüeta V2- 15 -U'-Y						
LUZ V'-U'						
campo				ajuste	planos	
C.	L.	Ø	R.		C.	Ø
5		# 3		ok ok #5 ok ok		# 3
	11.9 12.9	# 4	48 50		3	# 4
	14.4 18.9	# 5	48 55			# 5
	20	# 6	52		2	# 6
		# 7				# 7
		# 8				# 8

vigüeta V2- 15 -U'-Y						
EJE U'						
campo				ajuste	planos	
C.	L.	Ø	R.		C.	Ø
2		# 3		-		# 3
	X	# 4	75		2	# 4
	X	# 4	80			
		# 5				# 5
		# 6				# 6
		# 7				# 7
		# 8				# 8

vigüeta V1- 15- U'-Y'							
EJE Y'							
campo				ajuste	planos		
C.	L.	Ø	R.		C.	Ø	
2		# 3		-		# 3	
	X	# 4	70		-	2	# 4
	X		68				
		# 5				# 5	
		# 6				# 6	
		# 7				# 7	
		# 8				# 8	

vigüeta V1- 15- U'-Y'							
LUZ Y'-X'							
campo				ajuste	planos		
C.	L.	Ø	R.		C.	Ø	
4		# 3		ok ok ok ok		# 3	
		# 4				# 4	
	15.1	# 5	45		ok ok ok ok	5	# 5
	15.5		46				
	16		46				
	16.8		47				
		# 6				# 6	
	# 7			# 7			
	# 8			# 8			

vigüeta V1- 15- U'-Y'							
EJE X'							
campo				ajuste	planos		
C.	L.	Ø	R.		C.	Ø	
4		# 3		-		# 3	
		# 4				# 4	
	X	# 5	68		-	1	# 5
	X		76				
	X	# 6	75		-	3	# 6
	X	# 7	76		-		# 7
		# 8					# 8

vigüeta V1- 15- U'-Y'							
EJE V'							
campo				ajuste	planos		
C.	L.	Ø	R.		C.	Ø	
4		# 3		-		# 3	
		# 4				# 4	
	X	# 5	68		-	1	# 5
	X		76				
	X	# 6	73		-	3	# 6
	X	# 7	76		-		# 7
		# 8					# 8

vigüeta V1- 15- U'-Y'							
LUZ V'-U'							
campo				ajuste	planos		
C.	L.	Ø	R.		C.	Ø	
5		# 3		ok ok ok ok -		# 3	
		# 4				# 4	
	16.3	# 5	52		ok ok ok ok	5	# 5
	15.6		51				
	17.6		51				
	15.4		50				
	32	52					
		# 6					# 6
	# 7				# 7		
	# 8				# 8		

vigüeta V1- 15- U'-Y'							
EJE U'							
campo				ajuste	planos		
C.	L.	Ø	R.		C.	Ø	
2		# 3		-		# 3	
	X	# 4	65		-	2	# 4
	X		68				
		# 5				# 5	
		# 6				# 6	
		# 7				# 7	
		# 8				# 8	

vigüeta V2- 16- U'-Y						
EJE Y'				ajuste	planos	
C.	campo				C.	Ø
	L.	Ø	R.			
2	X	# 3	72	-	2	# 3
	X		73	-		
		# 4				# 4
		# 5				# 5
		# 6				# 6
		# 7				# 7
		# 8				# 8

vigüeta V2- 16- U'-Y						
LUZ Y'-X'				ajuste	planos	
C.	campo				C.	Ø
	L.	Ø	R.			
3	10.2	# 3	48	ok	2	# 3
	11.3	# 4	48	#3		# 4
	14.9	# 5	47	ok	1	# 5
		# 6				# 6
		# 7				# 7
		# 8				# 8

vigüeta V2- 16- U'-Y						
EJE X'				ajuste	planos	
C.	campo				C.	Ø
	L.	Ø	R.			
4		# 3				# 3
		# 4				# 4
	X	# 5	68	-	1	# 5
	X		76			
	X		73	-		
	X	# 6	75	-	3	# 6
		# 7				# 7
		# 8				# 8

vigüeta V2- 16- U'-Y						
EJE V'				ajuste	planos	
C.	campo				C.	Ø
	L.	Ø	R.			
4	X	# 3	83	-	2	# 3
	X		84	-		
		# 4				# 4
	1	# 5	68			# 5
	X		84	-		
	X	# 6	82	-	2	# 6
		# 7				# 7
		# 8				# 8

vigüeta V2- 16- U'-Y						
LUZ V'-U'				ajuste	planos	
C.	campo				C.	Ø
	L.	Ø	R.			
3	11	# 3	51	ok		# 3
	10.8		53	ok		
	13.9	# 4		#5		# 4
		# 5			5	# 5
		# 6				# 6
		# 7				# 7
		# 8				# 8

vigüeta V2- 16- U'-Y						
EJE U'				ajuste	planos	
C.	campo				C.	Ø
	L.	Ø	R.			
2	X	# 3	68	-	3	# 3
	X		69	-		
	X	# 4	68	-		# 4
		# 5				# 5
		# 6				# 6
		# 7				# 7
		# 8				# 8

vigüeta V1 -16-U'-Y'						
EJE Y'						
campo				ajuste	planos	
C.	L.	Ø	R.		C.	Ø
2	X	# 3	67	-	2	# 3
	X		69	-		
		# 4				# 4
		# 5				# 5
		# 6				# 6
		# 7				# 7
		# 8				# 8

vigüeta V1 -16-U'-Y'						
LUZ Y'-X'						
campo				ajuste	planos	
C.	L.	Ø	R.		C.	Ø
3	10.3	# 3	52	ok	2	# 3
	11.3	# 4	51	#3		# 4
	15.8	# 5	51	ok	1	# 5
		# 6				# 6
		# 7				# 7
		# 8				# 8

vigüeta V1 -16-U'-Y'						
EJE X'						
campo				ajuste	planos	
C.	L.	Ø	R.		C.	Ø
4	X	# 3	67	-	2	# 3
	X		69	-		
		# 4				# 4
		# 5				# 5
	X		70	-		
	X	# 6	68	-	2	# 6
		# 7				# 7
		# 8				# 8

vigüeta V1 -16-U'-Y'						
EJE V'						
campo				ajuste	planos	
C.	L.	Ø	R.		C.	Ø
4	X	# 3	73	-	2	# 3
	X		74	-		
		# 4				# 4
	X	# 5	68	-	2	# 5
	X		71	-		
		# 6				# 6
		# 7				# 7
		# 8				# 8

vigüeta V1 -16-U'-Y'						
LUZ V'-U'						
campo				ajuste	planos	
C.	L.	C.	L.	Ø	R.	
3	8.9	# 3	45	ok	2	# 3
	9.9		46	ok		
		# 4				# 4
	15.3	# 5	46	ok	1	# 5
		# 6				# 6
		# 7				# 7
		# 8				# 8

vigüeta V1 -16-U'-Y'						
EJE U'						
campo				ajuste	planos	
C.	L.	Ø	R.		C.	Ø
2	X	# 3	68	-	2	# 3
	X		69	-		
		# 4				# 4
		# 5				# 5
		# 6				# 6
		# 7				# 7
		# 8				# 8

vigüeta V2- 17-U'-Y'						
EJE Y'						
campo				ajuste	planos	
C.	L.	Ø	R.		C.	Ø
2	X	# 3	67	-	2	# 3
	X		69	-		
		# 4				# 4
		# 5				# 5
		# 6				# 6
		# 7				# 7
		# 8				# 8

vigüeta V2- 17-U'-Y'						
LUZ Y'-X'						
campo				ajuste	planos	
C.	L.	Ø	R.		C.	Ø
3	10.4	# 3	52	ok	2	# 3
	11		52	ok		
		# 4		51		# 4
	14.9	# 5	51	ok	1	# 5
		# 6				# 6
		# 7				# 7
		# 8				# 8

vigüeta V2- 17-U'-Y'						
EJE X'						
campo				ajuste	planos	
C.	L.	Ø	R.		C.	Ø
4	X	# 3	67	-	2	# 3
	X		69	-		
		# 4				# 4
		# 5				# 5
	X		70	-		
	X	# 6	68	-	2	# 6
		# 7				# 7
		# 8				# 8

vigüeta V2- 17-U'-Y'						
EJE V'						
campo				ajuste	planos	
C.	L.	Ø	R.		C.	Ø
4	X	# 3	73	-	2	# 3
	X		74	-		
		# 4				# 4
	X	# 5	68	-	2	# 5
	X		71	-		
		# 6				# 6
		# 7				# 7
		# 8				# 8

vigüeta V2- 17-U'-Y'						
LUZ V'-U'						
campo				ajuste	planos	
C.	L.	Ø	R.		C.	Ø
3	9.4	# 3	45	ok	2	# 3
	9.6		46	ok		
		# 4				# 4
	16	# 5	46	ok	1	# 5
		# 6				# 6
		# 7				# 7
		# 8				# 8

vigüeta V2- 17-U'-Y'						
EJE U'						
campo				ajuste	planos	
C.	L.	Ø	R.		C.	Ø
2	X	# 3	68	-	2	# 3
	X		69	-		
		# 4				# 4
		# 5				# 5
		# 6				# 6
		# 7				# 7
		# 8				# 8

vigueta V1- 17-U'-Y						
EJE Y'						
campo				ajuste	planos	
C.	L.	Ø	R.		C.	Ø
2	X	# 3	67	-	2	# 3
	X		69	-		
		# 4				# 4
		# 5				# 5
		# 6				# 6
		# 7				# 7
		# 8				# 8

vigueta V1- 17-U'-Y						
LUZ Y'-X'						
campo				ajuste	planos	
C.	L.	Ø	R.		C.	Ø
3	9.1	# 3	45	ok	2	# 3
	11.3	# 4	43	#3		
	15.6	# 5	43	ok	1	# 5
		# 6				# 6
		# 7				# 7
		# 8				# 8

vigueta V1- 17-U'-Y						
EJE X'						
campo				ajuste	planos	
C.	L.	Ø	R.		C.	Ø
4	X	# 3	67	-	2	# 3
	X		69	-		
		# 4				# 4
		# 5				# 5
	X		70	-		
	X	# 6	68	-	2	# 6
		# 7				# 7
		# 8				# 8

vigueta V1- 17-U'-Y						
EJE V'						
campo				ajuste	planos	
C.	L.	Ø	R.		C.	Ø
4	X	# 3	73	-	2	# 3
	X		74	-		
		# 4				# 4
	X	# 5	68	-	2	# 5
	X		71	-		
		# 6				# 6
		# 7				# 7
		# 8				# 8

vigueta V1- 17-U'-Y						
LUZ V'-U'						
campo				ajuste	planos	
C.	L.	Ø	R.		C.	Ø
3	9.9	# 3	43	ok	2	# 3
	11.4	# 4	44	#3		
	15.1	# 5	44	ok	1	# 5
		# 6				# 6
		# 7				# 7
		# 8				# 8

vigueta V1- 17-U'-Y						
EJE U'						
campo				ajuste	planos	
C.	L.	Ø	R.		C.	Ø
2	X	# 3	68	-	2	# 3
	X		69	-		
		# 4				# 4
		# 5				# 5
		# 6				# 6
		# 7				# 7
		# 8				# 8

vigüeta V2-18-U'-Y'						
EJE Y'						
campo				ajuste	planos	
C.	L.	Ø	R.		C.	Ø
2	X	# 3	67	-	2	# 3
	X		69	-		
		# 4				# 4
		# 5				# 5
		# 6				# 6
		# 7				# 7
		# 8				# 8

vigüeta V2-18-U'-Y'						
LUZ Y'-X'						
campo				ajuste	planos	
C.	L.	Ø	R.		C.	Ø
3	9.3	# 3	45	ok	2	# 3
	11.5		43	ok		
		# 4				# 4
	15.9	# 5	48	ok	1	# 5
		# 6				# 6
		# 7				# 7
		# 8				# 8

vigüeta V2-18-U'-Y'						
EJE X'						
campo				ajuste	planos	
C.	L.	Ø	R.		C.	Ø
3	X	# 3	67	-	2	# 3
	X		69	-		
		# 4				# 4
		# 5				# 5
	X	# 6	68	-	2	# 6
		# 7				# 7
		# 8				# 8

vigüeta V2-18-U'-Y'						
EJE V'						
campo				ajuste	planos	
C.	L.	Ø	R.		C.	Ø
4	X	# 3	73	-	2	# 3
	X		74	-		
		# 4				# 4
	X	# 5	68	-	2	# 5
	X		71	-		
		# 6				# 6
		# 7				# 7
		# 8				# 8

vigüeta V2-18-U'-Y'						
LUZ V'-U'						
campo				ajuste	planos	
C.	L.	Ø	R.		C.	Ø
3	9.9	# 3	43	ok	2	# 3
	9.5		44	ok		
	13.9	# 4	44	#5		# 4
		# 5			1	# 5
		# 6				# 6
		# 7				# 7
		# 8				# 8

vigüeta V2-18-U'-Y'						
EJE U'						
campo				ajuste	planos	
C.	L.	Ø	R.		C.	Ø
2	X	# 3	63	-	2	# 3
	X		63	-		
		# 4				# 4
		# 5				# 5
		# 6				# 6
		# 7				# 7
		# 8				# 8

vigueta V1- 18-U'-Y'							
EJE Y'							
campo				ajuste	planos		
C.	L.	Ø	R.		C.	Ø	
4	X	# 3	67	-	-	2	# 3
	X		69	-			
		# 4					# 4
	X	# 5	68	-		2	# 5
	X		62	-			
		# 6					# 6
		# 7					# 7
		# 8					# 8

vigueta V1- 18-U'-Y'							
LUZ Y'-X'							
campo				ajuste	planos		
C.	L.	Ø	R.		C.	Ø	
3		# 3			ok ok ok		# 3
		# 4					# 4
	16.1	# 5	46			2	# 5
	14.9		47				
	19.4	# 6	46			1	# 6
		# 7					# 7
		# 8					# 8

vigueta V1- 18-U'-Y'							
EJE X'							
campo				ajuste	planos		
C.	L.	Ø	R.		C.	Ø	
3		# 3			-		# 3
		# 4					# 4
		# 5					# 5
	X	# 6	68	-			# 6
	X	# 7	65	-		3	# 7
	X		67	-			# 8

vigueta V1- 18-U'-Y'							
EJE V'							
campo				ajuste	planos		
C.	L.	Ø	R.		C.	Ø	
3		# 3			-		# 3
		# 4					# 4
	X	# 5	68	-		2	# 5
	X		71	-			
	X		73	-			
		# 6					# 6
		# 7					# 7
		# 8					# 8

vigueta V1- 18-U'-Y'							
LUZ V'-U'							
campo				ajuste	planos		
C.	L.	Ø	R.		C.	Ø	
3	16	# 3	54	-	-	2	# 3
	17.7		54	-			
		# 4					# 4
		# 5					# 5
	19.9	# 6	53			1	# 6
		# 7					# 7
		# 8					# 8

vigueta V1- 18-U'-Y'							
EJE U'							
campo				ajuste	planos		
C.	L.	Ø	R.		C.	Ø	
4	X	# 3	63	-	-	2	# 3
	X		63	-			
		# 4					# 4
	X	# 5	69	-		2	# 5
	X		68	-			
		# 6					# 6
		# 7					# 7
		# 8					# 8

-Sentido X-

Viguetas V2-U'-14-19						
EJE 14						
campo				ajuste	planos	
C.	L.	Ø	R.		C.	Ø
4		# 3				# 3
	X	# 4	67	-	4	# 4
	X		69	-		
	X	# 5	68	-		# 5
	X		62	-		
		# 6				# 6
	# 7				# 7	
	# 8				# 8	

Viguetas V2-U'-14-19						
LUZ 14-15						
campo				ajuste	planos	
C.	L.	Ø	R.		C.	Ø
5	12.3	# 3	51	ok	2	# 3
	12.5		49	ok		
	14	# 4	52	#5		# 4
	14.1		50	#5		
	16	# 5	47	ok	3	# 5
		# 6				# 6
		# 7				# 7
		# 8				# 8

Viguetas V2-U'-14-19						
EJE 15						
campo				ajuste	planos	
C.	L.	Ø	R.		C.	Ø
3		# 3				# 3
	X	# 4	67	-	3	# 4
	X		65	-		
	X		67	-		
		# 5				# 5
		# 6				# 6
	# 7				# 7	
	# 8				# 8	

Viguetas V2-U'-14-19						
LUZ 15-16						
campo				ajuste	planos	
C.	L.	Ø	R.		C.	Ø
3		# 3				# 3
	12.3	# 4	48	ok	3	# 4
	12.6		48	ok		
	13		47	ok		
		# 5				# 5
		# 6				# 6
		# 7				# 7
		# 8				# 8

Viguetas V2-U'-14-19						
EJE 16						
campo				ajuste	planos	
C.	L.	Ø	R.		C.	Ø
4		# 3				# 3
		# 4				# 4
	X	# 5	67	-	4	# 5
	X		68	-		
	X		67	-		
	X		69	-		
	# 6				# 6	
	# 7				# 7	
	# 8				# 8	

Viguetas V2-U'-14-19						
LUZ 16-17						
campo				ajuste	planos	
C.	L.	Ø	R.		C.	Ø
3		# 3				# 3
	12.4	# 4	45	ok	3	# 4
	12.6		45	ok		
	12.5		43	ok		
		# 5				# 5
		# 6				# 6
	# 7				# 7	
	# 8				# 8	

Viguetas V2-U'-14-19						
EJE 17						
campo				ajuste	planos	
C.	L.	Ø	R.		C.	Ø
4		# 3		-		# 3
		# 4			# 4	
	X	# 5	77		4	# 5
	X		77			
	X		78			
	X		78			
		# 6			# 6	
		# 7			# 7	
	# 8		# 8			

Viguetas V2-U'-14-19							
LUZ 17-18							
campo				ajuste	planos		
C.	L.	Ø	R.		C.	Ø	
5		# 3		ok ok ok		# 3	
	12.9	# 4	51		3	# 4	
	12.5		51				
	12.3		53				
		# 5			# 5		
	18.9	# 6	52		ok	2	# 6
	19.9		51		ok		
		# 7			# 7		
	# 8		# 8				

Viguetas V2-U'-14-19						
EJE 18						
campo				ajuste	planos	
C.	L.	Ø	R.		C.	Ø
5		# 3				# 3
		# 4			# 4	
	X	# 5	75		5	# 5
	X		76			
	X		75			
	X		75			
	X	76				
		# 6			# 6	
	# 7		# 7			
	# 8		# 8			

Viguetas V2-U'-14-19						
LUZ 18-19						
campo				ajuste	planos	
C.	L.	Ø	R.		C.	Ø
5	9.6	# 3	43	ok ok ok ok ok	3	# 3
	9.5		43			
	9.7	# 4	44		2	# 4
	12.4		43			
	13	44				
		# 5			# 5	
		# 6			# 6	
		# 7			# 7	
	# 8		# 8			

Viguetas V2-U'-14-19						
EJE 19						
campo				ajuste	planos	
C.	L.	Ø	R.		C.	Ø
4	X	# 3	78	-	1	# 3
	X	# 4	78	-	3	# 4
	X		79			
	X		80			
		# 5		# 5		
		# 6		# 6		
		# 7		# 7		
	# 8		# 8			

Vigueta V1-V'-14-19						
EJE 14						
campo				ajuste	planos	
C.	L.	Ø	R.		C.	Ø
4		# 3				# 3
	X		80	-		
	X		79	-		
	X	# 4	80	-	4	# 4
	X		78	-		
		# 5				# 5
		# 6				# 6
		# 7				# 7
	# 8				# 8	

Vigueta V1-V'-14-19						
LUZ 14-15						
campo				ajuste	planos	
C.	L.	Ø	R.		C.	Ø
5	14	# 3	51	ok	2	# 3
	9.9		48	ok		
		# 4				# 4
	14.9	# 5	47	ok	3	# 5
	15.1		48	ok		
	17.6	# 6	48	#6		# 6
		# 7				# 7
		# 8				# 8

Vigueta V1-V'-14-19						
EJE 15						
campo				ajuste	planos	
C.	L.	Ø	R.		C.	Ø
6		# 3				# 3
		# 4			2	# 4
	X		75	-		
	X		76	-		
	X	# 5	75	-		# 5
	X		75	-		
	X		76	-		
	X	# 6	76	-	4	# 6
	# 7				# 7	
	# 8				# 8	

Vigueta V1-V'-14-19						
LUZ 15-16						
campo				ajuste	planos	
C.	L.	Ø	R.		C.	Ø
3		# 3				# 3
		# 4				# 4
	14		45	#5		
	14.1		45	#5		
	16	# 5	44	ok	3	# 5
		# 6				# 6
		# 7				# 7
		# 8				# 8

Vigueta V1-V'-14-19						
EJE 16						
campo				ajuste	planos	
C.	L.	Ø	R.		C.	Ø
3		# 3			1	# 3
	X		78	-		
	X	# 4	79	-	3	# 4
	X		80	-		
		# 5				# 5
		# 6				# 6
		# 7				# 7
		# 8				# 8

Vigueta V1-V'-14-19						
LUZ 16-17						
campo				ajuste	planos	
C.	L.	Ø	R.		C.	Ø
3		# 3				# 3
		# 4				# 4
	14.8		47	ok	3	# 5
	16	# 5	47	ok		
	15.5		46	ok		
		# 6				# 6
		# 7				# 7
		# 8				# 8

Vigueta V1-V'-14-19						
EJE 17						
campo				ajuste	planos	
C.	L.	Ø	R.		C.	Ø
4		# 3				# 3
		# 4				# 4
	X	# 5	77	-		# 5
	X		76	-		
	X	# 6	78	-	4	# 6
	X	# 7	77	-		# 7
	# 8					# 8

Vigueta V1-V'-14-19						
LUZ 17-18						
campo				ajuste	planos	
C.	L.	Ø	R.		C.	Ø
		# 3				2 # 3
		# 4				# 4
	16	# 5	51	ok	3	# 5
	15.6		53	ok		
	17.6	# 6	51	#6		# 6
		# 7				# 7
	# 8					# 8

Vigueta V1-V'-14-19						
EJE 18						
campo				ajuste	planos	
C.	L.	Ø	R.		C.	Ø
5		# 3				# 3
		# 4			1	# 4
	X		80	-		
		# 5				# 5
	X		81	-		
	X	# 6	79	-		# 6
X	# 7	80	-	4	# 7	
	# 8					# 8

Vigueta V1-V'-14-19						
LUZ 18-19						
campo				ajuste	planos	
C.	L.	Ø	R.		C.	Ø
5		# 3				# 3
	16.4	# 4	51	#5		# 4
	12.6		50	ok	4	# 4
	13		50	ok		
	12.8		51	ok		
	16	# 5	50	ok	1	# 5
	# 6				# 6	
	# 7				# 7	
	# 8				# 8	

Vigueta V1-V'-14-19						
EJE 19						
campo				ajuste	planos	
C.	L.	Ø	R.		C.	Ø
4		# 3				# 3
	X		78	-		
	X	# 4	79	-	4	# 4
	X		80	-		
	X		81	-		
		# 5				# 5
	# 6				# 6	
	# 7				# 7	
	# 8				# 8	

Vigueta V2-X'- 14-19						
EJE 14						
campo				ajuste	planos	
C.	L.	Ø	R.		C.	Ø
4		# 3		-		# 3
	X		80			
	X		79			
	X	# 4	80		4	# 4
	X		78			
		# 5				# 5
		# 6				# 6
		# 7				# 7
	# 8			# 8		

Vigueta V2-X'- 14-19							
LUZ 14-15							
campo				ajuste	planos		
C.	L.	Ø	R.		C.	Ø	
5	9.8	# 3	51	ok		2	# 3
	8.8		50	ok			
		# 4					# 4
	15.6	# 5	48	ok		3	# 5
	17.6	# 6	48	# 5			# 6
		# 7					# 7
		# 8					# 8

Vigueta V2-X'- 14-19						
EJE 15						
campo				ajuste	planos	
C.	L.	Ø	R.		C.	Ø
6		# 3		-		# 3
		# 4			2	# 4
	X		75			
	X		76			
	X	# 5	75			# 5
	X		75			
	X		76			
	X	# 6	76		4	# 6
	# 7			# 7		
	# 8			# 8		

Vigueta V2-X'- 14-19							
LUZ 15-16							
campo				ajuste	planos		
C.	L.	Ø	R.		C.	Ø	
3		# 3		ok		# 3	
		# 4				# 4	
	16	# 5	53			3	# 5
	16.1		53		ok		
	17.5	# 6	53		# 5		# 6
		# 7					# 7
		# 8					# 8

Vigueta V2-X'- 14-19						
EJE 16						
campo				ajuste	planos	
C.	L.	Ø	R.		C.	Ø
3		# 3		-		# 3
		# 4				# 4
		# 5				# 5
	X		82			
	X	# 6	82		4	# 6
	X	# 7	81			# 7
		# 8				# 8

Vigueta V2-X'- 14-19							
LUZ 16-17							
campo				ajuste	planos		
C.	L.	Ø	R.		C.	Ø	
3		# 3		ok		# 3	
		# 4				# 4	
	16.5	# 5	44			3	# 5
	15.9		44		ok		
	17.6	# 6	45		# 5		# 6
		# 7					# 7
		# 8					# 8

Vigueta V1-Y'-14-19						
EJE 17						
campo				ajuste	planos	
C.	L.	Ø	R.		C.	Ø
5	X	# 3	77	-	2	# 3
	X		76	-		
		# 4				# 4
	X	# 5	78	-	3	# 5
	X		76	-		
	X		77	-		
		# 6				# 6
		# 7				# 7
	# 8				# 8	

Vigueta V1-Y'-14-19						
LUZ 17-18						
campo				ajuste	planos	
C.	L.	Ø	R.		C.	Ø
2		# 3				# 3
		# 4				# 4
	16.4	# 5	53	ok	2	# 5
	17.6	# 6	52	#5		# 6
		# 7				# 7
		# 8				# 8

Vigueta V1-Y'-14-19						
EJE 18						
campo				ajuste	planos	
C.	L.	Ø	R.		C.	Ø
4		# 3				# 3
	X	# 4	78	-	3	# 4
	X		80	-		
	X		80	-		
	X	# 5	78	-	1	# 5
		# 6				# 6
		# 7				# 7
		# 8				# 8

Vigueta V1-Y'-14-19						
LUZ 18-19						
campo				ajuste	planos	
C.	L.	Ø	R.		C.	Ø
3	9.3	# 3		ok	1	# 3
		# 4				# 4
	15.8	# 5	48	ok	2	# 5
	15.8		48	ok		
		# 6				# 6
		# 7				# 7
		# 8				# 8

Vigueta V1-Y'-14-19						
EJE 19						
campo				ajuste	planos	
C.	L.	Ø	R.		C.	Ø
4	X	# 3	81	-	3	# 3
	X		80	-		
	X	# 4	78	-	1	# 4
	X		80	-		
		# 5				# 5
		# 6				# 6
		# 7				# 7
		# 8				# 8

5.6

## ANÁLISIS DE RESULTADOS

---

### 5.6.1 Distribución del error y Confiabilidad observada en viguetas

Los registros del detector, obtenidos en la práctica sobre el edificio, hacen patente que existe un intervalo de mayor concentración del error, pero existe también la evidencia de que se presentan algunas cifras excéntricamente anómalas. Como se podrá visualizar, el dispositivo arroja datos suficientemente acertados en las lecturas, siempre y cuando el recubrimiento permita que existan. La distribución del error que caracteriza este comportamiento se presenta en una clasificación entre los niveles  $\pm 0.5\text{mm}$ ,  $\pm 1\text{mm}$ ,  $\pm 1.5\text{mm}$ ,  $\pm 2\text{mm}$  y  $\pm 2.5\text{mm}$ .

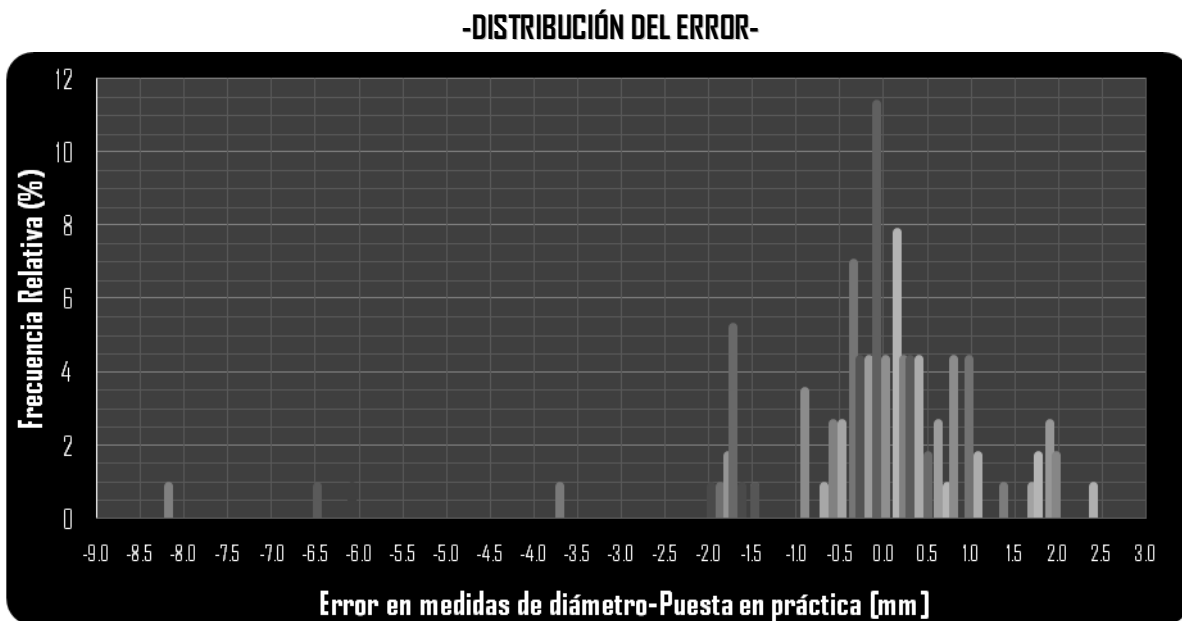


Figura 4-12. Distribución de errores en registros de DIÁMETROS - Viguetas - Puesta en práctica.

ERROR $\pm 0.5\text{mm}$	ERROR $\pm 1\text{mm}$	ERROR $\pm 1.5\text{mm}$	ERROR $\pm 2\text{mm}$	ERROR $\pm 2.5\text{mm}$	Media (mm)	Desviación (mm)
55.6 %	20 %	3.5 %	16.5 %	4.4 %	-0.186	1.469

-La confiabilidad fue estimada de acuerdo con el criterio de que el error máximo para no confundir dos barras comerciales inmediatamente consecutivas debe ser 1.5 mm.

CONFIABILIDAD	ERROR ACUMULADO $\pm 1.58\text{mm}$	79.1 %
---------------	-------------------------------------	--------

### 5.6.2 Distribución del error y Confiabilidad observada en columnas

Los registros obtenidos presentan alta variabilidad en sus errores. No existe un intervalo claro de concentración y demuestran imprecisiones considerables del detector en elementos donde la superposición de las barras de acero crea congestión para su funcionamiento. La distribución del error que caracteriza este comportamiento se presenta en una clasificación entre los niveles  $\pm 0.5\text{mm}$ ,  $\pm 1\text{mm}$ ,  $\pm 1.5\text{mm}$ ,  $\pm 2\text{mm}$  y  $\geq 2.5\text{mm}$ .



Figura 4-13. Distribución de errores en registros de DIÁMETROS - Columnas - Puesta en práctica.

ERROR $\pm 0.5\text{mm}$	ERROR $\pm 1\text{mm}$	ERROR $\pm 1.5\text{mm}$	ERROR $\pm 2\text{mm}$	ERROR $\geq 2.5\text{mm}$	Media (mm)	Desviación (mm)
21.4 %	7.2 %	21.4 %	0 %	50 %	-3.30	3.58

-La confiabilidad también fue estimada de acuerdo con el criterio de que el error máximo para no confundir dos barras comerciales inmediatamente consecutivas debe ser 1.5 mm.

CONFIABILIDAD	ERROR ACUMULADO $\pm 1.58\text{mm}$	50 %
---------------	-------------------------------------	------

5.7

## CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES PARCIALES

## 5.7.1 Conclusiones

En esta fase, ya no con el funcionamiento del detector de barras de refuerzo sometido a condiciones predispuestas con intereses determinados, sino ahora con las reales impuestas por el mismo desarrollo impredecible de la construcción en lo referente a las características o detalles finales en que culmina cada proceso de materialización de proyectos, se realizaron sondeos cuyos registros fueron posteriormente comparados con los extraíbles en los planos existentes, de aquí podemos concluir lo siguiente:

El registro de diámetros en rango alto, siendo éste el rango único utilizado en esta etapa de puesta en práctica del detector, alcanzó en las viguetas una confiabilidad de 79.1%.

En esta etapa de auscultación por medio del detector de barras de refuerzo activado permanentemente en el rango alto de medición, sólo fue posible registrar lecturas de diámetros hasta un recubrimiento máximo de 5.5 cm, tanto en el reconocimiento sobre viguetas, como en el de columnas.

La confiabilidad del detector en columnas fue sólo del 50%, una posible causa de esta baja precisión puede ser asociada a la cantidad y la colocación del refuerzo transversal.

El registro de recubrimientos para rango alto es sólo posible hasta recubrimientos reales de 10.5cm. Cuando se supera este valor no se es posible la notificación de lecturas de recubrimiento.

## 5.7.2 Observaciones

Las fracciones de la cobertura que aportan por separado las capas del friso, el estucado, y la pintura de la etapa de los acabados, suman un alto espesor que impide la detección de las barras por el dispositivo. Se puede ver la tendencia de que el detector genera lecturas en recubrimientos que no superan los 56 mm aproximadamente. En los resultados de recubrimiento obtenidos con el detector de barras de refuerzo en las columnas, la mayoría de las lecturas superan los 60 mm. Se justifica así, las pocas lecturas de diámetros recaudadas.

En la información registrada del refuerzo transversal es posible encontrar que los valores del diámetro son significativamente elevados. Aquí, aunque el detector sí proporciona lecturas del diámetro, éstas difieren en alto grado de las contempladas en los planos, en donde se indica que los diámetros de los estribos son de 3/8" en su mayoría.

En las *tablas de comparación* de los incisos 5.6.1 y 5.6.2, se puede observar que la confiabilidad en las columnas es inferior a la de las viguetas, la causa de tal inconsistencia tiene su explicación en que la congestión que generan el refuerzo transversal, el número de ramas y la disposición de los estribos, acumulan interferencias en las lecturas.

La localización de los estribos es bastante precisa, como se puede ver en las *tablas de comparación* las lecturas registradas muestran separaciones reiterativas de 29 y 30 cm entre ellos, mientras que según planos deben de ser de 30 cm, en los elementos considerados.

El dispositivo presenta un alto rendimiento en la localización y por consiguiente en la determinación del número de barras existente en una estructura.

Se recomienda tener presente al momento de colocar en operación el dispositivo que el manejo inadecuado de éste, hace que las lecturas presenten incoherencias, para así minimizar las fallas humanas y a su vez garantizar una mayor fidelidad en los datos obtenidos.

# 6. EVALUACIÓN DE RESULTADOS

En los ejercicios practicados hasta el momento se infiere a posteriori, como a priori fue previsto, que el ejercicio de extensión a la práctica, desarrolló mejores evidencias del comportamiento del detector de barras de refuerzo en directa evaluación de sus registros en el plano de desenvolvimiento práctico, donde su empleo tiene real utilidad para las necesidades ingenieriles.

Sin embargo la etapa previa de medición sobre probetas predimensionadas reprodujo otra versión considerable de las características funcionales del dispositivo, cuya aplicación adquirió importancia en conformidad con la oportunidad que hubo de hacer extensivos los ajustes concluidos de esta etapa preliminar, para efectos de implementar algunas medidas correctivas a los resultados de la puesta en práctica.

Las tablas a continuación, diferenciadas según los elementos auscultados en práctica, resumen el comportamiento del detector en su principal propósito de registrar el diámetro de las barras de refuerzo, en el rango alto de medición.

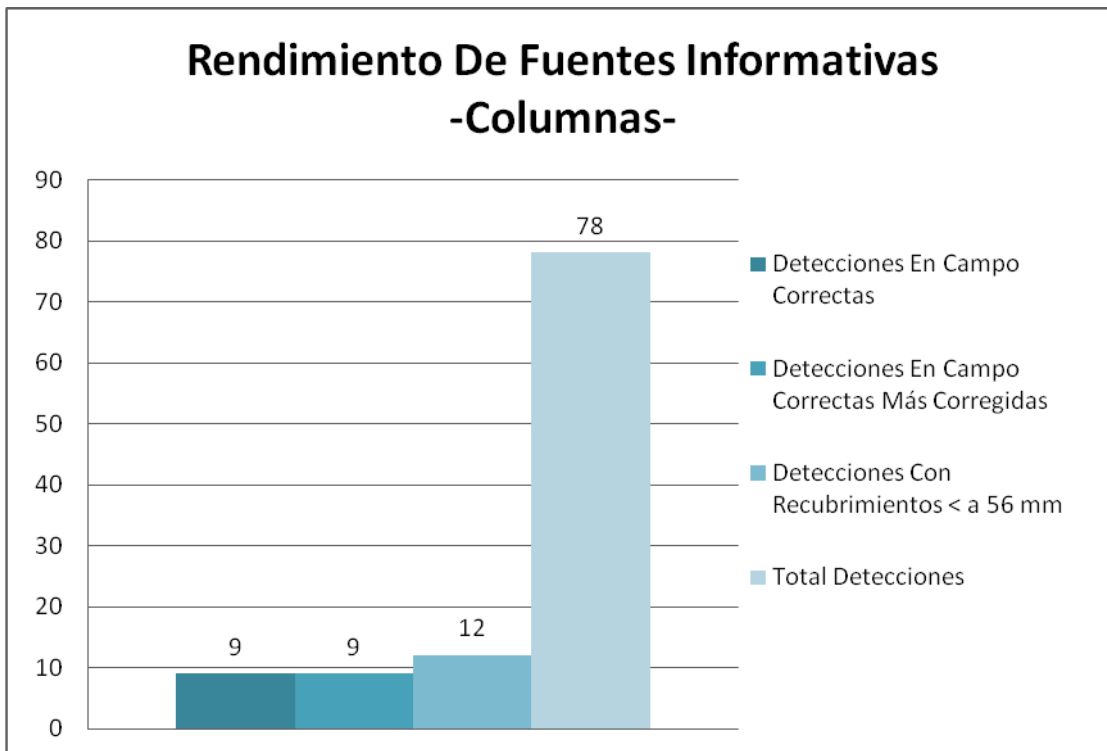


Figura 6-1. *Contraste de detecciones de diámetros en columnas.*

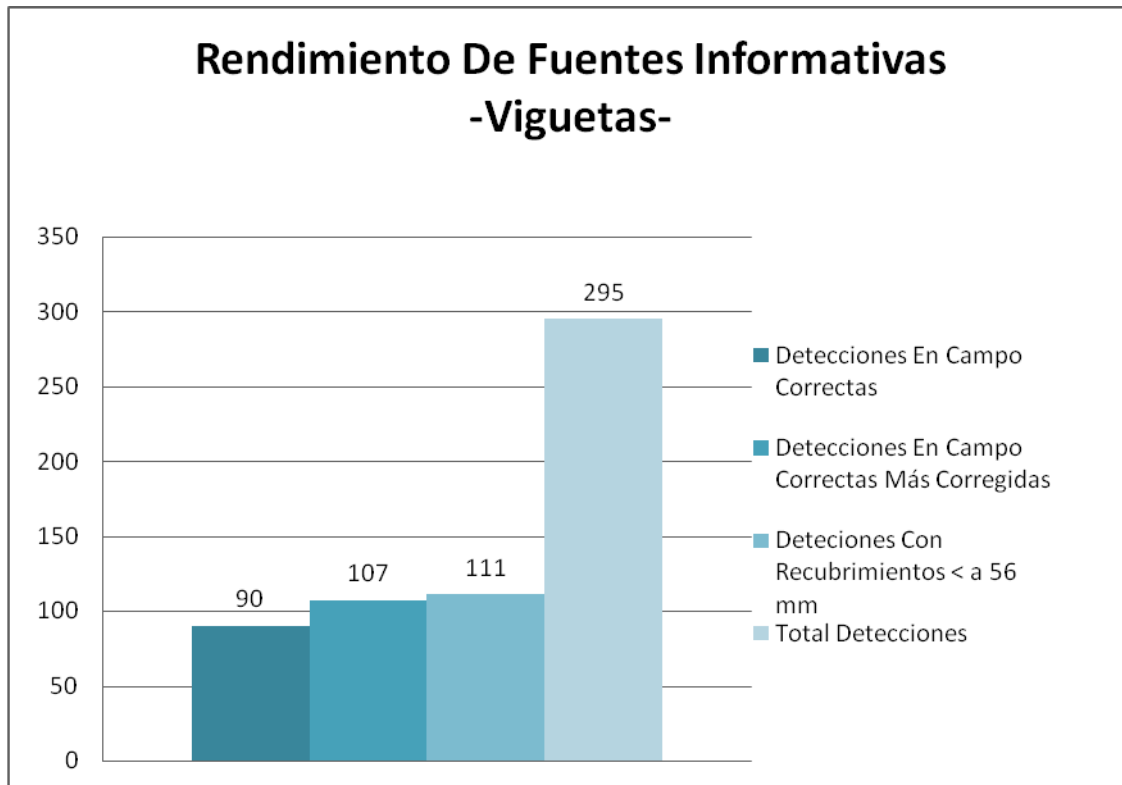


Figura 6-2. *Contraste de detecciones de diámetros en viguetas.*

En estas gráficas se puede observar de manera global y comparativa el comportamiento del detector de barras de refuerzo en cuanto a la eficiencia de sus lecturas, y adicionalmente, se representa la corrección a tales datos de campo, proporcionada por la interpretación en oficina. Las gráficas permiten ver la proximidad de las lecturas acertadas con aquellas detecciones en las cuales el recubrimiento no superó los 56 mm de espesor, que es límite de la capacidad del detector, según se constató en práctica.

En las columnas se realizaron 78 detecciones referidas al refuerzo longitudinal en donde sólo se presentaron lecturas de diámetro en 9 de ellas, los recubrimientos registrados en estas lecturas no superaron los 56 mm. En las restantes detecciones, el dispositivo sólo registró datos cuantitativos en cuanto a recubrimiento, tales lecturas superaban los 60 mm de espesor, alcanzando máximos de aproximadamente 90 mm aunque la mayoría de ellos se concentraron en un intervalo de 60 a 80 mm. La efectividad del detector registrando datos precisos es de apenas aproximadamente 12%.

La proporción de detecciones realizadas en las viguetas fue superior, en este caso se efectuaron 295, en donde 90 de estos registros las lecturas de diámetro fue acertada y en estos casos el recubrimiento no superó los 56 mm. En las demás sólo se detectó la presencia de barras pero no fueron

generados datos en cuanto a su diámetro, aquí el recubrimiento osciló en su mayoría de 67 mm a 80 mm. La efectividad alcanza sólo un 30.5%.

A manera de índices de utilidad del detector de barras de refuerzo en la práctica, con la circunscripción de las condiciones implicadas que restringen su aplicación al propósito (como edificaciones con altos recubrimientos, alta congestión de barras de acero en el concreto, alta magnetización del concreto que recubre las barras de refuerzo, etc.), puede establecerse que:

-En columnas, sólo el 15.4% del total de intentos de registro sobre los elementos, produce resultados del detector. De tal pequeño porcentaje sólo un 75% de las lecturas acierta en el diámetro real y sin embargo haya aplicado el ajuste propuesto, este último margen de resultados no alcanza a ascender y permanece con un 75% de acierto.

-En viguetas, el porcentaje de registros alcanzados respecto de los posibles ascendió a 37.6%. De los registros alcanzados, el 81% presenta lecturas correctas, y mediante el ajuste realizado estos registros pueden llegarse a interpretarse con un 96% de acierto. Esta evidencia refuerza el concepto de que cuando el dispositivo detecta barras de refuerzo, siempre y cuando las detecte, su medición es precisa.

---

El propósito de determinar la confiabilidad que represente el verdadero alcance del detector de barras de refuerzo en el escenario de empleo real, impone que haya que optar, por superposición, por la menor de las confiabilidades obtenidas en las fases de ensayos y extensión en campo. Pero para efectos de establecerla bajo premisas realistas, se considera lo siguiente:

Puesto que las mediciones de los diámetros comprometen de manera crítica (mucho más que las mediciones de los recubrimientos) la confiabilidad del dispositivo, sólo se emplean entonces sus resultados particulares para establecer la confiabilidad representativa del funcionamiento de tal detector de barras de refuerzo.

Adicionalmente, en vista de que el alcance de los rangos de medición determina también la pertinencia del dispositivo a las condiciones prevaecientes de la construcción, se decidió considerar sólo las confiabilidades resultantes de los ejercicios que incorporaron la medición en rango alto, cuya mayor utilidad se debe a su capacidad técnica relativamente mayor, y a que abarca mayores dominios de lecturas.

Como fue advertido en el contraste de detecciones, de la *Figura 6-1*, las mediciones de los diámetros en las columnas no proporcionan datos consistentes y sí, en cambio, altamente anómalos, por las condiciones extremas de operación, como los altos recubrimientos y la alta concentración de reforzamiento. Para determinar la confiabilidad nominal del detector, se omitió los resultados presentados en este respecto conforme a sus irregularidades, baja idoneidad, y baja calidad representativa para ser considerados.

La confiabilidad representativa es extraída entonces de la superposición directa de los resultados obtenidos en los ejercicios de: (1) confiabilidad de registros en campo sobre las viguetas del capítulo 5, y (2) confiabilidad del análisis de los registros de diámetros en rango alto de medición expuesto en el capítulo 4:

- (1) Confiabilidad  
 d de registros de diámetros en campo sobre viguetas ( ver página 143)

CONFIABILIDAD	ERROR ACUMULADO $\pm 1.58\text{mm}$	79.1 %
---------------	-------------------------------------	--------

- (2) Confiabilidad  
 d de registros de ensayo en registros de diámetros por rango alto de medición (ver página 62)

CONFIABILIDAD	ERROR ACUMULADO $\pm 1.58\text{mm}$	86.7 %
---------------	-------------------------------------	--------

La confiabilidad del detector de barras de refuerzo, debió establecerse en base a la precisión de lo que mide. Ante las varias alternativas para evaluar la confiabilidad, que se desprenden de los varios datos que mide, se eligió evaluar la confiabilidad del detector en función del registro suyo que más criticidad implicó (según los estudios que se aplicaron para averiguarlo): El registro del diámetro.

Asumiendo las condiciones de entrada para su determinación, y eligiendo lógicamente la posibilidad que conserva validez para ambos escenarios contemplados, se puede inferir que la confiabilidad representativa del dispositivo es de 79.1%.

# 7.

# CONCLUSIONES GENERALES

## CONCLUSIONES GENERALES

El detector tiene una confiabilidad en rango alto en las lecturas de diámetro en la fase de ensayos de 86.7% y en la etapa de puesta en práctica la confiabilidad desciende a 79.1%. Se determina que la confiabilidad de 79.1% es la representativa para el análisis efectuado.

El factor más limitante en la realización de lecturas de diámetro es el recubrimiento. Para ambos rangos de medición, alto y bajo, sólo se registran lecturas específicas siempre y cuando el recubrimiento no supere los 55 mm.

El recubrimiento influye en la posibilidad de registro de los diámetros, pero no influye, o por lo menos no significativamente, en el valor registrado, cuando posibilita hacerlo.

La influencia del tamaño de la barra de refuerzo en el error con que el detector registra las lecturas de sus diámetro, aunque es baja, puede ocasionar errores de interpretación. No obstante, incorporando el ajuste planteado se consiguen mejorías para la precisión hasta de un 25% en los registros que presentan originalmente mencionada ambigüedad.

Las lecturas no se ven afectadas de manera significativa por el rango utilizado pero implica mayor consistencia operar el detector de refuerzos el rango alto puesto que tiene mayor cobertura.

La magnitud de los errores en las lecturas de recubrimiento es mínima. Tanto así que se puede calificar de insignificante a su imprecisión y de suficiente su confiabilidad, como lo justifican los estudios practicados.

El detector de barras de refuerzo no se desenvuelve tan satisfactoriamente cuando la presencia de factores como la congestión de las barras de refuerzo interno se hace un factor predominante. Y no se desenvuelve para nada, cuando los espesores de recubrimiento exceden los límites operacionales del detector, según el rango de turno.

La modalidad de funcionamiento de rango bajo de medición, tanto para registro de diámetros como para registro de recubrimientos, no ofrece garantías para su empleo en campo, donde existe una alta posibilidad de que se presenten elementos estructurales con recubrimientos reglamentarios de concreto y la adicional capa de los acabados, acumulando un espesor que inutiliza su participación.

El modo de operación por rango alto se considera adecuado para todo propósito, aunque se advierte que los límites técnicos de funcionamiento sólo permiten medir una variedad de barras de diámetros desde 7mm hasta 41mm y recubiertas hasta

aproximadamente 5.5cm como máximo, y sólo permite medir recubrimientos hasta coberturas de concreto reales de 10.5cm.

En práctica, el detector registró resultados acertados en promedio aproximadamente 27% del total de intentos de registro sobre la estructura evaluada. Este índice permite concluir que las condiciones necesarias para el funcionamiento del detector deben coincidir con las condiciones reales de la edificación-objetivo que se proyecta auscultar. Para una edificación que consta de elementos demasiado congestionados de reforzamiento y con recubrimientos superiores a los establecidos por el análisis visto, este dispositivo no producirá notificaciones satisfactorias para el diseñador.

## OBSERVACIONES GENERALES

El manejo adecuado del detector disminuye la generación de errores.

La localización de las barras no corresponde exactamente al punto en donde el dispositivo produce la señal auditiva, sino se ubica una distancia antes, siendo esta proporcional a la profundidad de las barras. Correspondiéndole a 5.5 cm de profundidad una distancia aproximada de 1.5 cm.

El dispositivo presenta un alto acierto en la localización de barras en lo relacionado a la separación entre ellas, siendo independiente al diámetro existente.

En las lecturas en donde el detector genera valores muy altos se puede asumir que se está refiriendo a un cruce de barras.

En general, para contabilizar la cantidad de barras, para localizarlas individualmente y para establecer la separación entre ellas, el detector ofrece aproximaciones muy realistas. A pesar del corrimiento con que se generan las ubicaciones, las separaciones se conservan y es factible obtener así, una versión confiable de la organización interna del despiece estructural.

## BIBLIOGRAFÍA

- Norma BS 1881:204:1988 " Recommendations on the Use of Electromagnetic Cover Measuring Devices". British Standards Institution.
- N.S.R-98 (1998) Norma sismo-resistente. Asociación colombiana de Ingeniería Sísmica.
- Artículo "Concrete rebars inspection by eddy current testing". International Journal of Applied Electromagnetics and Mechanics. Volumen 25, Número 1-4 / 2007. Páginas 333 - 339
- Boletín "Non-destructive evaluation of concrete properties". Federation of construction material industries Japan. Marzo, 2003.
- Manual de técnico de operaciones del PROFOMETER 5 PROCEQ, Modelo SCANLOG (Detector de barras de refuerzo)