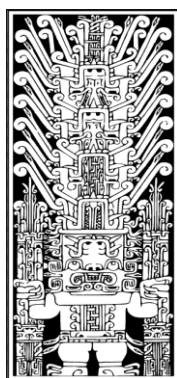


**UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



**ANALISIS DEL TIEMPO DE VIDA UTIL RESIDUAL ESTIMADO  
POR EL METODO SEMIPROBABILISTICO DE 04  
EDIFICACIONES AFECTADAS POR CORROSION DEL CC.  
MALL PLAZA BELLAVISTA**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE**

**INGENIERO CIVIL**

**JORGE ANTONIO MUCCHING TOSCANO**

**LIMA – PERU**

**2018**



## **AGRADECIMIENTO**

### ***A LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL-UNFV:***

Por haberme formado dentro de sus aulas, biblioteca y laboratorios, por brindarme el cariño, respeto y admiración de todas las personas que conocí, Autoridades, Docentes, Personal Administrativo, Personal de seguridad, les dedico este trabajo con mucha gratitud.

### ***MIS PROFESORES:***

A mi asesor, Ing. Omar Demetrio Tello Malpartida, por su tiempo y la predisposición de transmitirme sus conocimientos profesionales. Le dedico este trabajo con mucho cariño, respeto y admiración.

### ***A MIS COLABORADORES:***

Ing. William Baca, Ing. Luis Flores, Rene Palomino. Por su tiempo y colaboración para con este proyecto, les dedico este trabajo con mucho cariño y gratitud.

## **DEDICATORIA**

A Dios, por brindarme la dicha de poner en mi camino a personas increíbles que aportaron con el desarrollo de esta investigación.

A mis padres Fernando y Haydee, por su apoyo incondicional y comprensión, por ser mi ejemplo de perseverancia, dedicación y superación para cumplir con este objetivo.

A mi hermano Sergio, que es una clara muestra de que con esfuerzo y trabajo se pueden cumplir todas nuestras metas.

A mis familiares Francisca, Rosa, Marilú, Fabián y Gianfranco, por siempre estar a mi lado y brindarme su confianza.

A mis amigos y a mi novia, que estuvieron en las buenas y en las malas durante el periodo de la investigación.

A mis jefes, por apostar en mi persona y ser pieza fundamental de mi formación profesional.

A mis docentes, que gracias a sus conocimientos brindados descubrí lo grandiosa que es la Ingeniería Civil.

## RESUMEN

La presente tesis tiene como objetivo principal analizar el tiempo de vida útil residual estimado para 04 edificaciones afectados por corrosión, denominados: Casa Matriz, Gimnasio, Euroidiomas y Torre Medica; pertenecientes al Centro Comercial Mall Plaza Bellavista, utilizando el método semi-probabilístico recomendado por la Instrucción Española de Hormigón Armado EHE-08.

Se realizó inspecciones preliminares y profundas en las edificaciones, con el fin de obtener los parámetros necesarios para la aplicación del método semi-probabilístico; para recabar la información fue fundamental ejecutar las siguientes labores: Inspección visual de las estructuras, auscultación de las estructuras (medición de recubrimiento y calibración del acero de refuerzo), prueba de carbonatación, extracción de testigos diamantinos y muestreo para ensayo de contenido de cloruros. Posteriormente se llevaron las muestras extraídas en campo a un laboratorio para la obtención de la resistencia a la compresión de los testigos diamantinos, así como también la ejecución del ensayo de contenido de cloruros.

Se determinó que el edificio más afectado por el fenómeno de carbonatación es "Torre Medica" con una profundidad de 33 mm calificado con un grado de degradación "Alto". El edificio "Gimnasio", el cual obtuvo una profundidad de 18

mm calificado con un grado de degradación “Bajo”. Los edificios Casa Matriz y Euroidiomas obtuvieron una profundidad media de 26 mm calificado con un grado de degradación “Medio”. Se especificó que la totalidad de los resultados obtenidos en el ensayo de contenido de cloruros fueron menores que el contenido crítico de cloruros ( $C_{cth} = 0.21\%$  en peso respecto del contenido de cemento en el concreto), los valores promedio fueron: Casa Matriz de 0.078%, Gimnasio de 0.067%, Euroidiomas de 0.07% y Torre Medica de 0.082%, por lo cual el fenómeno de ataque de cloruros no fue incidente para estos casos en particular. Se evaluaron los parámetros obtenidos, eligiendo así el fenómeno de carbonatación como el más incidente. Se demostró que los ensayos de carbonatación y contenido de cloruros son fundamentales para reconocer el fenómeno de degradación predominante en los edificios de estudio.

Ejecutada la extracción de testigos diamantinas, se realizó el ensayo de resistencia a la compresión considerándose las especificaciones de la norma E-060, las cuales exigen cumplir con la resistencia mínima requerida estructuralmente ( $f'_c = 21 \text{ MPa}$ ). En columnas, Casa Matriz obtuvo un promedio de 21 MPa, Gimnasio una media de 16.7 MPa, Euroidiomas un total de 17 MPa y Torre Medica presento un promedio de 14 MPa. En vigas, Casa Matriz obtuvo un promedio de 21.7 MPa, Gimnasio una media de 18 MPa, Euroidiomas un total de 17.7 MPa y Torre Medica presento un promedio de 15 MPa. Finalmente, en losas macizas o aligeradas, Casa Matriz obtuvo un promedio de 21.3 MPa, el edificio Gimnasio una media de 16 MPa, Euroidiomas un total de 19 MPa y Torre Medica presento un promedio de 15 MPa. Se confirmó que únicamente el Edificio Casa Matriz cumple con las exigencias de la normativa vigente y se demostró que mediante la extracción de testigos diamantinos es posible obtener la resistencia a la compresión promedio.

Los resultados del cálculo del tiempo de incubación residual para cada edificio fueron: Casa Matriz, con una media de 16 años. Gimnasio, con una media de 13 años. Euroidiomas, con una media de 7 años. Por último, Torre Medica con una media de 6 años. Se analizó que los ensayos y/o pruebas ejecutadas en campo y laboratorio fueron necesarias para obtener el tiempo de incubación residual en las estructuras de concreto armado.

Los resultados del cálculo del tiempo de propagación para cada edificio fueron: Casa Matriz, con una media de 7 años. Gimnasio, con una media de 8 años. Euroidiomas, con una media de 7 años. Por último, Torre Medica con una media de 9 años. Por lo tanto, se especifica que mediante el tipo de exposición de las estructuras de concreto armado se obtiene el tiempo de propagación.

El tiempo de vida útil residual estimado para cada edificio afectado por corrosión del CC. Mall Plaza Bellavista utilizando el método semi-probabilístico, se detalla de la siguiente forma: Casa Matriz, el mínimo fue de 3 años y el máximo fue 69 años, su media es de 22 años con una desviación estándar de  $\pm 9$  años. Gimnasio, el mínimo fue de 4 años y el máximo fue 55 años, su media es de 21 años con una desviación estándar de  $\pm 8$  años. Euroidiomas, el mínimo fue de 1 año y el máximo fue 49 años, su media es de 12 años con una desviación estándar de  $\pm 9$  años. Por último, Torre Medica el mínimo fue de 1 año y el máximo fue 52 años, su media es de 13 años con una desviación estándar de  $\pm 7$  años. Se puede afirmar que los tiempos de vida útil residual calculados mediante el método semi-probabilístico, son referenciales para el propietario.

**Palabras claves:** fenómeno de corrosión, carbonatación, ataque de cloruros, tiempo de incubación residual, tiempo de propagación, vida útil residual.

## ABSTRACT

The main objective of this thesis is to analyze the estimated remaining service life for 04 buildings affected by corrosion, called: "Casa Matriz", "Gimnasio", "Euroidiomas" and "Torre Medica"; that belong to Mall Plaza Bellavista, using the semi-probabilistic method recommended by "La Instrucción Española de Hormigon Armado EHE-08".

Preliminary and deep inspections were carried out on the buildings in order to obtain the necessary parameters for the application of the semi-probabilistic method. In order to collect the information, it was essential to perform the following tasks: Visual inspection of structures, auscultation of structures (measuring the cover concrete and characterize steel reinforcement), carbonation test, extraction of diamond core and sampling for the chloride ion content test. Subsequently, the samples taken in-situ were taken to a laboratory to perform compressive strength test for diamond cores, as well as the execution of the chloride ion content test.

It was determined that the building most affected by the carbonation phenomenon is "Torre Medica" with a depth of 33 mm qualified as "High". The building "Gimnasio", which obtained a depth of 18 mm qualified as "Low". The buildings "Casa Matriz" y "Euroidiomas" obtained a depth of 26 mm with a degree of degradation, qualified as "Medium". It was specified that all the results



obtained in the chloride content test were lower than the critical content of chlorides ( $C_{cth} = 0.21\%$  by weight with respect to the cement content in the concrete), the average values were: Casa Matriz of  $0.078\%$ , Gimnasio of  $0.067\%$ , Eurodiomas of  $0.07\%$  and Torre Medica of  $0.082\%$ , for which the phenomenon of attack of chlorides was not incident for these cases in particular. The parameters obtained were evaluated, thus choosing the carbonation phenomenon as the most incident. It was demonstrated that the carbonation and chloride content tests are fundamental to recognize the predominant degradation phenomenon of the structures.

After the diamond cores extraction, it was proceeded to realize compressive strength test considering the specifications of the standard E-060, which required compliance with the minimum structural strength required ( $f'_c = 21\text{MPa}$ ). In columns, Casa Matriz obtained an average of  $21\text{ MPa}$ , Gimnasio an average of  $16.7\text{ MPa}$ , Eurodiomas a total of  $17\text{ MPa}$  and Torre Medica presented an average of  $14\text{ MPa}$ . In beams, Casa Matriz obtained an average of  $21.7\text{ MPa}$ , Gimnasio an average of  $18\text{ MPa}$ , Eurodiomas a total of  $17.7\text{ MPa}$  and Torre Medica presented an average of  $15\text{ MPa}$ . In slabs, Casa Matriz obtained an average of  $21.3\text{ MPa}$ , Gimnasio an average of  $16\text{ MPa}$ , Eurodiomas a total of  $19\text{ MPa}$  and Torre Medica presented an average of  $15\text{ MPa}$ . It was confirmed that only Casa Matriz complies with the requirements of current regulations and it was demonstrated that by extracting diamond core it is possible to obtain the average compressive strength.

The results of the remaining initiation time calculated for each building were: Casa Matriz, with an average of 16 years. Gimnasio with an average of 13 years. Eurodiomas with an average of 7 years. Finally, Torre Medica with an average

of 6 years. It was analyzed that the tests performed in-situ and laboratory were necessary to obtain the remaining initiation time of the reinforced concrete structures.

The results of the propagation time calculated for each building were: Casa Matriz with an average of 7 years. Gimnasio with an average of 8 years. Euroidiomas with an average of 7 years. Finally, Torre Medica with an average of 9 years. Therefore, it is specified that the propagation time is obtained by the type of exposure of the reinforced concrete structures.

The remaining service life for each building affected by corrosion of Mall Plaza Bellavista using the semi-probabilistic method, is detailed as follows: Casa Matriz, the minimum was 3 years and the maximum was 69 years, with an average of 22 years and a standard deviation of  $\pm 9$  year. Gimnasio, the minimum was 4 years and the maximum were 55 years, with an average of 21 years and a standard deviation of  $\pm 8$  year. Euroidiomas, the minimum was 1 year and the maximum was 49 years, with an average of 12 years and a standard deviation of  $\pm 9$  year. Finally, Torre Medica obtained 1 year at least and the maximum was 52 years, with an average is 13 years and a standard deviation of  $\pm 7$  year. It can be affirmed that the remaining service life calculated by the semi-probabilistic method are referential for the owner.

**Keywords:** corrosion phenomenon, carbonation, chloride attack, remaining initiation time, propagation time, remaining service life.

## INTRODUCCIÓN

Los edificios de concreto armado, en su mayoría son diseñados para cumplir con una vida útil sin embargo este periodo no siempre se cumple. Existen diversos factores que pueden reducir el tiempo de vida útil de una estructura, entre los cuales el principal artífice es la corrosión de acero de refuerzo; este fenómeno se presenta debido a dos tipos de degradación: Por carbonatación o por ataque de cloruros.

La aparición de afecciones en las estructuras de concreto, principalmente el agrietamiento y delaminación del concreto, genera gran preocupación en los propietarios de los inmuebles por el posible colapsó de una estructura que pueda producir daños materiales y accidentes de gravedad. Es desde ahí donde nace el interés por empezar una investigación en base a la necesidad de realizar una estimación de la vida útil restante de una estructura desde que empieza a presentar daños considerables.

Este periodo estimado es un indicador muy beneficioso para los propietarios, principalmente en esta investigación dado que los edificios antiguos en estudio están adecuados para diversos usos; tales como: oficinas administrativas, restaurantes, gimnasios, institutos, tiendas por departamento, etc. Por tal motivo es primordial al conocer el tiempo residual de vida útil de un edificio ya

que se podrán tomar decisiones referentes al tipo de mantenimiento, reparación y/o reforzamiento; o hasta en el peor de los casos la demolición y sustitución de una estructura completa.

## INDICE

	Página
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>III</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>IV</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>V</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>VIII</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>XI</b>
<b>INDICE</b> .....	<b>XIII</b>
<b>INDICE DE ILUSTRACIONES</b> .....	<b>XVI</b>
<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>1</b>
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	<b>1</b>
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA .....	1
1.2. PROBLEMA.....	2
1.2.1. <i>Problema Principal</i> .....	2
1.2.2. <i>Problema Secundario</i> .....	3
1.3. JUSTIFICACION.....	4
1.3.1. <i>Justificación de la investigación</i> .....	4
1.3.1. <i>Formulación del Problema</i> .....	5
1.4. LIMITACIONES .....	6
1.4.1. <i>Limitación de la investigación</i> .....	6
1.5. OBJETIVOS.....	6
1.5.1. <i>Objetivo General</i> .....	6

1.5.2. <i>Objetivos Específicos</i> .....	6
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>8</b>
<b>MARCO TEORICO .....</b>	<b>8</b>
2.1. ANTECEDENTES.....	8
2.1.1. <i>Inicios del Problema</i> .....	8
2.1.2. <i>Estudios o investigaciones anteriores</i> .....	11
2.2. BASES TEORICAS.....	13
2.2.1. <i>DURABILIDAD DEL CONCRETO</i> .....	14
2.2.2. <i>FENOMENO DE LA CORROSION</i> .....	20
2.2.3. <i>CONDICIONES ADICIONALES DE DURABILIDAD</i> .....	30
2.3. DEFINICION DE TERMINOS BASICOS .....	40
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>44</b>
<b>HIPÓTESIS.....</b>	<b>44</b>
3.1. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS.....	44
3.1.1. <i>HIPÓTESIS PRINCIPAL</i> .....	44
3.1.2. <i>HIPÓTESIS SECUNDARIAS</i> .....	44
3.2. VARIABLES.....	45
3.2.1. <i>VARIABLES PRINCIPALES</i> .....	45
3.2.2. <i>VARIABLES SECUNDARIAS</i> .....	45
3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....	46
3.3.1. <i>VARIABLES PRINCIPALES</i> .....	46
3.3.2. <i>VARIABLES SECUNDARIAS</i> .....	47
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>52</b>
<b>MÉTODO .....</b>	<b>52</b>
4.1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	52
4.2. MATERIAL.....	54
4.2.1. <i>UNIDAD DE ESTUDIO</i> .....	54
4.2.2. <i>POBLACIÓN</i> .....	54
4.2.3. <i>MUESTRA</i> .....	54
4.3. METODOS.....	55
4.3.1. <i>Técnicas e instrumentos y/o fuentes de recolección de datos</i> ....	55
4.3.2. <i>Validación de los instrumentos por juicio de expertos</i> .....	55
4.3.3. <i>Técnicas de procesamiento de datos</i> .....	56
4.3.4. <i>Técnicas de análisis e interpretación de la información</i> .....	56

<b>CAPÍTULO V .....</b>	<b>57</b>
<b>CASO DE APLICACIÓN .....</b>	<b>57</b>
5.1. DESCRIPCIÓN DEL CASO .....	57
5.1.1. ANTECEDENTES .....	57
5.1.2. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	59
5.1.3. ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN.....	60
5.2. DESARROLLO DEL CASO.....	64
5.2.1. Información general.....	64
5.2.2. Influencia del medio ambiente.....	66
5.2.3. Revisión del proyecto original .....	67
5.2.4. Inspección visual de la estructura .....	70
5.2.5. Muestreo de elementos inspeccionados .....	76
5.2.6. Auscultación de la estructura .....	83
5.2.7. Fenómeno de degradación predominante.....	103
5.2.8. Calidad del concreto.....	121
5.2.9. Aplicación del método semi-probabilístico .....	133
<b>CAPÍTULO VI.....</b>	<b>136</b>
<b>RESULTADOS .....</b>	<b>136</b>
6.1 DESCRIPCIÓN DE RESULTADOS .....	136
6.1.1 Fenómeno de degradación predominante.....	136
6.1.2 Ensayo a compresión de testigos diamantinos.....	161
6.1.3 Aplicación del método semi-probabilístico.....	167
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>208</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>213</b>
<b>FUENTES DE INFORMACIÓN.....</b>	<b>215</b>
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	215
<b>ANEXOS.....</b>	<b>218</b>

## INDICE DE ILUSTRACIONES

### TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Tabla de datos de los 04 edificios afectados por corrosión - Mall Bellavista .....	60
<b>Tabla 2:</b> Tabla de distribución de elementos inspeccionados por nivel – Casa Matriz. ....	76
<b>Tabla 3:</b> Tabla de distribución de elementos inspeccionados por nivel – Gimnasio.....	78
<b>Tabla 4:</b> Tabla de distribución de elementos inspeccionados por nivel – Euroidiomas.....	79
<b>Tabla 5:</b> Tabla de distribución de elementos inspeccionados por nivel –Torre Medica. ....	81
<b>Tabla 6:</b> Tabla de valores del recubrimiento del concreto in-situ - Casa Matriz. ....	89
<b>Tabla 7:</b> Tabla de valores de la calibración del refuerzo - Casa Matriz. ....	91
<b>Tabla 8:</b> Tabla de valores del recubrimiento del concreto in-situ - Gimnasio. ....	93
<b>Tabla 9</b> Tabla de valores de la calibración del refuerzo - Gimnasio. ....	94
<b>Tabla 10:</b> Tabla de valores del recubrimiento del concreto in-situ - Euroidiomas.....	96
<b>Tabla 11:</b> Tabla de valores de la calibración del refuerzo - Euroidiomas. ....	97
<b>Tabla 12:</b> Tabla de valores del recubrimiento del concreto in-situ - Torre Medica. ....	98
<b>Tabla 13:</b> Tabla de valores de la calibración del refuerzo - Torre Medica. ...	100
<b>Tabla 14:</b> Tabla de valores de prueba de carbonatación – Casa Matriz. ....	107
<b>Tabla 15:</b> Tabla de valores de prueba de carbonatación – Gimnasio. ....	109



<b>Tabla 16:</b> Tabla de valores de prueba de carbonatación – Euroidiomas.....	111
<b>Tabla 17:</b> Tabla de valores de prueba de carbonatación – Torre Medica. ...	112
<b>Tabla 18:</b> Tabla de valores del análisis químico obtenidos en el laboratorio	120
<b>Tabla 19:</b> Tabla de características de la extracción de corazones diamantinos en edificio Casa Matriz.....	125
<b>Tabla 20:</b> Tabla de características de la extracción de corazones diamantinos en edificio Gimnasio.....	127
<b>Tabla 21:</b> Tabla de características de la extracción de corazones diamantinos en edificio Euroidiomas.....	129
<b>Tabla 22:</b> Tabla de características de la extracción de corazones diamantinos en edificio Torre Medica.....	130
<b>Tabla 23:</b> Tabla de resultados de recubrimiento del concreto y profundidad de carbonatación en edificio Casa Matriz. ....	137
<b>Tabla 24:</b> Tabla de frecuencias de recubrimientos medidos en Casa Matriz.	140
<b>Tabla 25:</b> Tabla de frecuencias de profundidad de carbonatación in-situ -Casa Matriz. ....	141
<b>Tabla 26:</b> Tabla de resultados de recubrimiento del concreto y profundidad de carbonatación en edificio Gimnasio. ....	143
<b>Tabla 27:</b> Tabla de frecuencias de recubrimientos medidos en Gimnasio. ...	145
<b>Tabla 28:</b> Tabla de frecuencias de profundidad de carbonatación in-situ - Gimnasio.....	146
<b>Tabla 29:</b> Tabla de resultados de recubrimiento del concreto y profundidad de carbonatación en edificio Euroidiomas. ....	148
<b>Tabla 30:</b> Tabla de frecuencias de recubrimientos medidos en Euroidiomas. ....	149
<b>Tabla 31:</b> Tabla de frecuencias de profundidad de carbonatación in-situ - Euroidiomas.....	150
<b>Tabla 32:</b> Tabla de resultados de recubrimiento del concreto y profundidad de carbonatación en edificio Torre Medica. ....	152
<b>Tabla 33:</b> Tabla de frecuencias de recubrimientos medidos en Torre Medica. ....	155
<b>Tabla 34:</b> Tabla de frecuencias de profundidad de carbonatación in-situ - Torre Medica. ....	156
<b>Tabla 35:</b> Tabla de resultados de contenido de cloruros en edificio Casa Matriz. ....	158

<b>Tabla 36:</b> Tabla de resultados de contenido de cloruros en edificio Gimnasio.	158
<b>Tabla 37:</b> Tabla de resultados de contenido de cloruros en edificio Euroidiomas.	159
<b>Tabla 38:</b> Tabla de resultados de contenido de cloruros en edificio Torre Medica.	159
<b>Tabla 39:</b> Tabla de grado de degradación de los edificios inspeccionados en CC. Mall Bellavista.	160
<b>Tabla 40:</b> Tabla de resultados de los ensayos a compresión para columnas del Edificio Casa Matriz.	161
<b>Tabla 41:</b> Tabla de resultados de los ensayos a compresión para vigas del Edificio Casa Matriz.	162
<b>Tabla 42:</b> Tabla de resultados de los ensayos a compresión para losas macizas del Edificio Casa Matriz.	162
<b>Tabla 43:</b> Tabla de resultados de los ensayos a compresión para columnas del Edificio Gimnasio.	163
<b>Tabla 44:</b> Tabla de resultados de los ensayos a compresión para vigas del Edificio Gimnasio.	163
<b>Tabla 45:</b> Tabla de resultados de los ensayos a compresión para losas aligeradas del Edificio Gimnasio.	163
<b>Tabla 46:</b> Tabla de resultados de los ensayos a compresión para columnas del Edificio Euroidiomas.	164
<b>Tabla 47:</b> Tabla de resultados de los ensayos a compresión para vigas del Edificio Euroidiomas.	164
<b>Tabla 48:</b> Tabla de resultados de los ensayos a compresión para losas aligeradas del Edificio Euroidiomas.	165
<b>Tabla 49:</b> Tabla de resultados de los ensayos a compresión para columnas del Edificio Torre Medica.	166
<b>Tabla 50:</b> Tabla de resultados de los ensayos a compresión para vigas del Edificio Torre Medica.	166
<b>Tabla 51:</b> Tabla de resultados de los ensayos a compresión para losas macizas del Edificio Torre Medica.	166
<b>Tabla 52:</b> Tabla de parámetros para el cálculo del tiempo de incubación residual en Edificio Casa Matriz.	167
<b>Tabla 53:</b> Tabla de resultados del cálculo de tiempo de incubación residual en edificio Casa Matriz.	168

<b>Tabla 54:</b> Tabla de frecuencias del tiempo de incubación residual en Casa Matriz ( $t_i^*$ ) .....	170
<b>Tabla 55:</b> Tabla de parámetros para el cálculo del tiempo de incubación residual en Edificio Gimnasio.....	171
<b>Tabla 56:</b> Tabla de resultados del cálculo de tiempo de incubación residual en edificio Gimnasio.....	171
<b>Tabla 57:</b> Tabla de frecuencias del tiempo de incubación residual en Gimnasio ( $t_i^*$ ).....	173
<b>Tabla 58:</b> Tabla de parámetros para el cálculo del tiempo de incubación residual en Edificio Euroidiomas. ....	174
<b>Tabla 59:</b> Tabla de resultados del cálculo de tiempo de incubación residual en edificio Euroidiomas.....	175
<b>Tabla 60:</b> Tabla de frecuencias del tiempo de incubación residual en Euroidiomas ( $t_i^*$ ).....	176
<b>Tabla 61:</b> Tabla de parámetros para el cálculo del tiempo de incubación residual en Edificio Torre Medica.....	177
<b>Tabla 62:</b> Tabla de resultados del cálculo de tiempo de incubación residual en edificio Torre Medica.....	178
<b>Tabla 63:</b> Tabla de frecuencias del tiempo de incubación residual en Torre Medica ( $t_i^*$ ) .....	181
<b>Tabla 64:</b> Tabla de parámetros para el cálculo del tiempo de propagación en Edificio Casa Matriz. ....	182
<b>Tabla 65:</b> Tabla de resultados del cálculo de tiempo de propagación en edificio Casa Matriz.....	182
<b>Tabla 66:</b> Tabla de frecuencias de tiempo de propagación en Casa Matriz ( $t_p$ ). .....	185
<b>Tabla 67:</b> Tabla de parámetros para el cálculo del tiempo de propagación en Edificio Gimnasio. ....	186
<b>Tabla 68:</b> Tabla de resultados del cálculo de tiempo de propagación en edificio Gimnasio.....	186
<b>Tabla 69:</b> Tabla de frecuencias de tiempo de propagación en Gimnasio ( $t_p$ ). .....	188
<b>Tabla 70:</b> Tabla de parámetros para el cálculo del tiempo de propagación en Edificio Euroidiomas. ....	189
<b>Tabla 71:</b> Tabla de resultados del cálculo de tiempo de propagación en edificio Euroidiomas.....	189

<b>Tabla 72:</b> Tabla de frecuencias de tiempo de propagación en Euroidiomas (tp). .....	190
<b>Tabla 73:</b> Tabla de parámetros para el cálculo del tiempo de propagación en Edificio Torre Medica. ....	191
<b>Tabla 74:</b> Tabla de resultados del cálculo de tiempo de propagación en edificio Torre Medica.....	192
<b>Tabla 75:</b> Tabla de frecuencias de tiempo de propagación en Torre Medica (tp). ....	194
<b>Tabla 76:</b> Tabla de resultados del cálculo de tiempo de vida útil residual en edificio Casa Matriz.....	195
<b>Tabla 77:</b> Tabla de frecuencias de la vida útil residual en Casa Matriz (tL*). 198	
<b>Tabla 78:</b> Tabla de resultados del cálculo de tiempo de vida útil residual en edificio Gimnasio.....	199
<b>Tabla 79:</b> Tabla de frecuencias de la vida útil residual en Gimnasio (tL*).....	200
<b>Tabla 80:</b> Tabla de resultados del cálculo de tiempo de vida útil residual en edificio Euroidiomas.....	201
<b>Tabla 81:</b> Tabla de frecuencias de la vida útil residual en Euroidiomas (tL*).203	
<b>Tabla 82:</b> Tabla de resultados del cálculo de tiempo de vida útil residual en edificio Torre Medica.....	204
<b>Tabla 83:</b> Tabla de frecuencias de la vida útil residual en Torre Medica (tL*). .....	206

## FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Relación entre el comportamiento del concreto y el concepto de vida útil de la estructura.....	18
<b>Figura 2:</b> Representación electroquímica del concreto y el acero.....	21
<b>Figura 3:</b> Modelo simplificado del proceso de Carbonatación del concreto. ..	25
<b>Figura 4:</b> Modelo simplificado del tiempo de avance de la corrosión por carbonatación. ....	26
<b>Figura 5:</b> Modelo de deterioro de la estructura por corrosión en función del tiempo. ....	35
<b>Figura 6:</b> Plano general de vista en planta – Edificio Casa Matriz. ....	68
<b>Figura 7:</b> Plano de levantamiento estructural – Edificio Gimnasio. ....	68

<b>Figura 8:</b> Plano general de vista en planta – Edificio Euroidiomas. ....	69
<b>Figura 9:</b> Plano general de vista en planta – Edificio Torre Medica. ....	69
<b>Figura 10:</b> Mapeo de elementos inspeccionados en Sótano - Casa Matriz. ..	77
<b>Figura 11:</b> Mapeo de elementos inspeccionados en 2° Nivel - Casa Matriz. .	77
<b>Figura 12:</b> Mapeo de elementos inspeccionados en 3° Nivel - Casa Matriz. .	77
<b>Figura 13:</b> Mapeo de elementos inspeccionados en 1° Nivel -Gimnasio. ....	78
<b>Figura 14:</b> Mapeo de elementos inspeccionados en 2° Nivel -Gimnasio. ....	78
<b>Figura 15:</b> Mapeo de elementos inspeccionados en 3° Nivel -Gimnasio. ....	79
<b>Figura 16:</b> Mapeo de elementos inspeccionados en 1° Nivel -Euroidiomas. .	80
<b>Figura 17:</b> Mapeo de elementos inspeccionados en 2° Nivel -Euroidiomas. .	80
<b>Figura 18:</b> Mapeo de elementos inspeccionados en 1° Nivel -Torre Medica. .	81
<b>Figura 19:</b> Mapeo de elementos inspeccionados en 2° Nivel -Torre Medica. .	82
<b>Figura 20:</b> Mapeo de elementos inspeccionados en 3° Nivel -Torre Medica. .	82
<b>Figura 21:</b> Mapeo de elementos inspeccionados en 4° Nivel -Torre Medica. .	82
<b>Figura 22:</b> Recursos a utilizar en la auscultacion de las estructuras.....	83
<b>Figura 23:</b> Recursos a utilizar en la prueba cualitativa de carbonatación. ...	104
<b>Figura 24:</b> Recursos a utilizar para extracción de muestras de concreto.....	115
<b>Figura 25:</b> Ubicación de muestras para el ensayo de contenido de cloruros - Casa Matriz.....	116
<b>Figura 26:</b> Ubicación de muestras para el ensayo de contenido de cloruros- Gimnasio.....	117
<b>Figura 27:</b> Ubicación de muestras para el ensayo de contenido de cloruros - Euroidiomas.....	118
<b>Figura 28:</b> Ubicación de muestras para el ensayo de contenido de cloruros - Torre Medica.....	119
<b>Figura 29:</b> Recursos a utilizar en la extracción de diamantinas. ....	121

<b>Figura 30:</b> Ubicación de los puntos de extracción en 1° Nivel - Casa Matriz.	125
<b>Figura 31:</b> Ubicación de los puntos de extracción en 2° Nivel - Casa Matriz.	126
<b>Figura 32:</b> Ubicación de los puntos de extracción en 3° Nivel - Casa Matriz.	126
<b>Figura 33:</b> Ubicación de los puntos de extracción en 1° Nivel - Gimnasio. ..	127
<b>Figura 34:</b> Ubicación de los puntos de extracción en 2° Nivel - Gimnasio. ..	128
<b>Figura 35:</b> Ubicación de los puntos de extracción en 3° Nivel - Gimnasio. ..	128
<b>Figura 36:</b> Ubicación de los puntos de extracción en 1° Nivel - Euroidiomas.	129
<b>Figura 37:</b> Ubicación de los puntos de extracción en 2° Nivel - Euroidiomas.	130
<b>Figura 38:</b> Ubicación de los puntos de extracción en 1° Nivel - Torre Medica.	131
<b>Figura 39:</b> Ubicación de los puntos de extracción en 2° Nivel - Torre Medica.	131
<b>Figura 40:</b> Ubicación de los puntos de extracción en 3° Nivel - Torre Medica.	131
<b>Figura 41:</b> Ubicación de los puntos de extracción en 1° Nivel - Torre Medica.	132
<b>CUADROS</b>	
<b>Cuadro 1 :</b> Cuadro de clases generales de exposición relativas a la corrosión del acero. ....	31
<b>Cuadro 2 :</b> Cuadro de vida útil nominal de los diferentes tipos de estructuras. ....	34
<b>Cuadro 3:</b> Cuadro de coeficientes ambientales Cenv. ....	37
<b>Cuadro 4:</b> Cuadro de coeficientes en función del contenido de aire Cair. ....	37

<b>Cuadro 5:</b> Cuadro de parámetros dependientes del tipo de conglomerantes (a y b).....	38
<b>Cuadro 6:</b> Cuadro de velocidad de corrosión en función de su clase de exposición.....	39
<b>Cuadro 7:</b> Cuadro formato N°1 de información general – Edificio Casa Matriz. ....	64
<b>Cuadro 8:</b> Cuadro de formato N°1 información general – Edificio Gimnasio. ....	65
<b>Cuadro 9:</b> Cuadro de formato N°1 información general – Edificio Euroidiomas. ....	65
<b>Cuadro 10:</b> Cuadro de formato N°1 información general – Edificio Torre Medica. ....	66
<b>Cuadro 11:</b> Cuadro de temperatura y humedad relativa del Callao en el año 2017.....	67
<b>Cuadro 12:</b> Cuadro de formato N°2 de recolección de datos – Edificio Casa Matriz. ....	71
<b>Cuadro 13:</b> Cuadro de formato N°2 de recolección de datos – Edificio Gimnasio.....	72
<b>Cuadro 14:</b> Cuadro de formato N°2 de recolección de datos – Edificio Euroidiomas.....	73
<b>Cuadro 15:</b> Cuadro de formato N°2 de recolección de datos – Edificio Torre Medica. ....	74

## **FOTOGRAFÍAS**

<b>Fotografía N°1:</b> Ubicación de los 04 edificios a inspeccionar -Mall Bellavista. ....	60
<b>Fotografía N°2:</b> Vista Panorámica de Edificio “Casa Matriz”. ....	61
<b>Fotografía N°3:</b> Vista Panorámica de Edificio “Gimnasio”. ....	61
<b>Fotografía N°4:</b> Vista Panorámica de Edificio “Euroidiomas”. ....	61
<b>Fotografía N°5:</b> Vista Panorámica de Edificio “Torre Medica”. ....	61
<b>Fotografía N°6:</b> Presencia de corrosión expuesta en parte inferior de columna Sótano – Casa Matriz. ....	72
<b>Fotografía N°7:</b> Presencia de residuos orgánicos en contacto permanente con columnas 3°Nivel – Casa Matriz. ....	72
<b>Fotografía N°8:</b> Presencia de corrosión expuesta en parte inferior de columna Fachada – Gimnasio.....	73

<b>Fotografía N°9:</b> Fisuras en vigas con espesor menor a 0.4 mm del 1° Nivel - Gimnasio.....	73
<b>Fotografía N°10:</b> Agrietamiento con espesor mayor a 1cm en columna del 1° Nivel - Euroidiomas.....	74
<b>Fotografía N°11:</b> Presencia de corrosión expuesta en losa maciza 4° nivel – Torre Medica.....	76
<b>Fotografía N°12:</b> Presencia de corrosión expuesta en losa maciza 1° nivel – Torre Medica.....	76
<b>Fotografía N°13:</b> Agrietamiento con $e > 1$ cm en parte inferior de viga 4° nivel – Torre Medica.....	76
<b>Fotografía N°14:</b> Fisuración con $e < 0.4$ mm en caja de ascensores 3° nivel – Torre Medica.....	76
<b>Fotografía N°15:</b> Escaneo preliminar en columna de Sotano- Casa Matriz...	84
<b>Fotografía N°16:</b> Escaneo preliminar en viga de Fachada – Gimnasio. ....	84
<b>Fotografía N°17:</b> Escaneo preliminar en columna de 1° Nivel- Euroidiomas..	84
<b>Fotografía N°18:</b> Escaneo preliminar en columna de 4° Nivel-Torre Medica..	84
<b>Fotografía N°19:</b> Picado puntual en parte central de columna del Sótano – Casa Matriz.....	85
<b>Fotografía N°20:</b> Encapsulado para picado puntual en columna del 2° Nivel – Gimnasio.....	85
<b>Fotografía N°21:</b> Picado puntual en parte central de viga del 2° Nivel - Euroidiomas.....	85
<b>Fotografía N°22:</b> Picado puntual en parte superior de columna del 4° Nivel – Torre Medica.....	85
<b>Fotografía N°23:</b> Medición del recubrimiento en columna del 3° Piso – Casa Matriz. ....	86
<b>Fotografía N°24:</b> Rotulación de valores en viga V-13 del 2° Piso – Casa Matriz. ....	86
<b>Fotografía N°25:</b> Medición del recubrimiento en losa L-4 del 2° Piso- Gimnasio.....	86
<b>Fotografía N°26:</b> Rotulación de valores en columna C-16 del 2° Piso - Gimnasio.....	86
<b>Fotografía N°27:</b> Medición del recubrimiento en losa del 1° Piso - Euroidiomas.....	87
<b>Fotografía N°28:</b> Rotulación de valores en viga V-2 del 1° Piso - Euroidiomas. ....	87



<b>Fotografía N°29:</b> Medición del recubrimiento en viga del 4° Piso – Torre Medica. ....	87
<b>Fotografía N°30:</b> Rotulación de valores en viga V-15 del 2° Piso – Torre Medica. ....	87
<b>Fotografía N°31:</b> Calibración del acero longitudinal en columna de Sótano – Casa Matriz. ....	88
<b>Fotografía N°32:</b> Calibración del acero longitudinal en columna de 1° Piso – Gimnasio. ....	88
<b>Fotografía N°33:</b> Calibración del acero longitudinal en viga de 2° Piso - Euroidiomas. ....	88
<b>Fotografía N°34:</b> Calibración del acero longitudinal en losa de 3° Piso – Torre Medica. ....	88
<b>Fotografía N°35:</b> Aplicación de la fenolftaleína sobre una fractura fresca columna de Sótano – Casa Matriz. ....	104
<b>Fotografía N°36:</b> Aplicación del indicador de pH sobre una fractura fresca en columna de 1° Piso – Gimnasio. ....	104
<b>Fotografía N°37:</b> Aplicación del indicador de pH (fenolftaleína) en viga del 1° Piso - Euroidiomas. ....	105
<b>Fotografía N°38:</b> Aplicación del indicador de pH (fenolftaleína) en viga del 4° Piso – Torre Medica. ....	105
<b>Fotografía N°39:</b> Prueba de carbonatación en columna de 3° nivel – Casa Matriz. ....	106
<b>Fotografía N°40:</b> Rotulación de prueba en columna C-22 de 3° nivel – Casa Matriz. ....	106
<b>Fotografía N°41:</b> Prueba de carbonatación en columna de 2° nivel - Gimnasio. ....	106
<b>Fotografía N°42:</b> Rotulación de prueba en columna C-5 de 1° nivel - Gimnasio. ....	106
<b>Fotografía N°43:</b> Prueba de carbonatación en columna de 2° nivel - Euroidiomas. ....	106
<b>Fotografía N°44:</b> Rotulación de prueba en columna C-7 de 1° nivel - Euroidiomas. ....	106
<b>Fotografía N°45:</b> Prueba de carbonatación en columna de 4° nivel – Torre Medica. ....	107
<b>Fotografía N°46:</b> Rotulación de prueba en viga V-19 de 1° nivel – Torre Medica. ....	107

<b>Fotografía N°47:</b> Extracción de muestra en columna del 2° nivel – Casa Matriz. ....	116
<b>Fotografía N°48:</b> Rotulación de prueba en columna M-1 del 2° nivel – Casa Matriz. ....	116
<b>Fotografía N°49:</b> Extracción de muestra en columna del 2° nivel – Gimnasio. ....	117
<b>Fotografía N°50:</b> Rotulación de prueba en columna M-2 del 2° nivel - Gimnasio.....	117
<b>Fotografía N°51:</b> Extracción de muestra en columna del 1° nivel – Euroidiomas.....	118
<b>Fotografía N°52:</b> Rotulación de prueba en losa M-11 del 1° nivel - Euroidiomas.....	118
<b>Fotografía N°53:</b> Extracción de muestra en losa del 4° nivel – Torre Medica. ....	119
<b>Fotografía N°54:</b> Rotulación de prueba en losa M-12 del 4° nivel – Torre Medica. ....	119
<b>Fotografía N°55:</b> Escaneo preliminar en columna para extracción del Sótano – Casa Matriz.....	122
<b>Fotografía N°56:</b> Escaneo preliminar en viga para extracción del 1° Piso - Gimnasio.....	122
<b>Fotografía N°57:</b> Escaneo preliminar en viga para extracción del 1° Piso - Euroidiomas.....	122
<b>Fotografía N°58:</b> Escaneo preliminar en columna para extracción del 2° Piso – Torre Medica.....	122
<b>Fotografía N°59:</b> Testigo diamantino de columna D-25 de 3° Piso – Casa Matriz. ....	123
<b>Fotografía N°60:</b> Testigo diamantino de viga D-5 del 2° Piso - Gimnasio. ..	123
<b>Fotografía N°61:</b> Testigo diamantino de viga D-20 del 2° Piso - Euroidiomas. ....	124
<b>Fotografía N°62:</b> Testigo diamantino de losa D-24 del 3° Piso – Torre Medica. ....	124
<b>Fotografía N°63:</b> Almacenamiento de los testigos diamantinos del D-1 al D-36.....	124

## GRÁFICOS

<b>Grafico 1:</b> Gráfico de barras para recubrimiento del concreto –Casa Matriz. .....	140
<b>Grafico 2:</b> Gráfico circular para recubrimiento del concreto – Casa Matriz. .	141
<b>Grafico 3:</b> Gráfico de barras para profundidad de carbonatación – Casa Matriz. ....	142
<b>Grafico 4:</b> Gráfico circular para profundidad de carbonatación – Casa Matriz. .....	142
<b>Grafico 5:</b> Gráfico de barras para recubrimiento del concreto –Gimnasio. ..	145
<b>Grafico 6:</b> Gráfico circular para recubrimiento del concreto – Gimnasio.....	146
<b>Grafico 7:</b> Gráfico de barras para profundidad de carbonatación – Gimnasio. .....	147
<b>Grafico 8:</b> Gráfico circular para profundidad de carbonatación – Gimnasio.	147
<b>Grafico 9:</b> Gráfico de barras para recubrimiento del concreto –Euroidiomas. .....	149
<b>Grafico 10:</b> Gráfico circular para recubrimiento del concreto – Euroidiomas. .....	150
<b>Grafico 11:</b> Gráfico de barras para profundidad de carbonatación – Euroidiomas.....	151
<b>Grafico 12:</b> Gráfico circular para profundidad de carbonatación – Euroidiomas.....	151
<b>Grafico 13:</b> Gráfico de barras para recubrimiento del concreto –Torre Medica. .....	155
<b>Grafico 14:</b> Gráfico circular para recubrimiento del concreto – Torre Medica. .....	156
<b>Grafico 15:</b> Gráfico de barras para profundidad de carbonatación –Torre Medica. ....	157
<b>Grafico 16:</b> Gráfico circular para profundidad de carbonatación – Torre Medica. ....	157
<b>Grafico 17:</b> Histograma y polígono de frecuencias del tiempo de incubación residual – Casa Matriz. ....	170
<b>Grafico 18:</b> Histograma y polígono de frecuencias del tiempo de incubación residual – Gimnasio. ....	174
<b>Grafico 19:</b> Histograma y polígono de frecuencias del tiempo de incubación residual – Euroidiomas. ....	177

<b>Grafico 20:</b> Histograma y polígono de frecuencias del tiempo de incubación residual – Torre Medica. ....	181
<b>Grafico 21:</b> Histograma y polígono de frecuencias del tiempo de propagación – Casa Matriz. ....	185
<b>Grafico 22:</b> Histograma y polígono de frecuencias del tiempo de propagación – Gimnasio. ....	188
<b>Grafico 23:</b> Histograma y polígono de frecuencias del tiempo de propagación – Euroidiomas. ....	191
<b>Grafico 24:</b> Histograma y polígono de frecuencias del tiempo de propagación – Torre Medica. ....	195
<b>Grafico 25:</b> Histograma y polígono de frecuencias del tiempo de vida útil residual – Casa Matriz. ....	198
<b>Grafico 26:</b> Histograma y polígono de frecuencias del tiempo de vida útil residual – Gimnasio. ....	201
<b>Grafico 27:</b> Histograma y polígono de frecuencias del tiempo de vida útil residual – Euroidiomas. ....	203
<b>Grafico 28:</b> Histograma y polígono de frecuencias del tiempo de vida útil residual – Torre Medica. ....	207

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA**

La totalidad de las edificaciones de concreto armado han sido diseñados para cumplir con una vida útil de servicio, considerando que:

Entendemos por vida útil, como el periodo de tiempo durante el cual la estructura es capaz de desempeñar las funciones para las cuales fue proyectado, sin necesidad de intervenciones no previstas. La tendencia actual es preocuparse por la durabilidad de las estructuras, pero ya no solo de forma cualitativa, sin establecerse un lapso como referencia, sino estableciendo desde el proyecto el mismo. (Helene y Pereira, 2007, p.103)

Sabemos que la durabilidad de las estructuras de concreto armado en los edificios puestos en servicio se encuentra en función de los factores climáticos, de diseño, de cargas, de procesos constructivos y de mantenimientos preventivos. “Existen algunos modelos para la predicción de la vida útil de una

estructura, pero no se pueden considerar de una ciencia exacta debido a la influencia de múltiples factores” (Alla, 2016, p.07).

Con el pasar de las décadas ha sido de vital importancia el conocer la vida útil residual de nuestros edificios, debido a que será el indicador fundamental de las acciones a tomar tanto en el enfoque económico como social.

Se entiende por vida residual al tiempo a partir del momento en que la estructura alcanza al anterior límite aceptable (fin de la vida útil), la vida residual es el periodo en el que la estructura necesitaría reparación, remodelación o completa renovación para que regrese a su estado de servicio original; esto es que sea segura, funcional y estética. En pocas palabras, la etapa de vida residual es el tiempo que tiene el propietario de la estructura, o elemento estructural, para intervenirla antes que la degradación avance hasta el límite del colapso. (Cerna y Galicia, 2010, pp.06-07)

## **1.2. PROBLEMA**

### **1.2.1. Problema Principal**

La vida útil de diseño para edificios de concreto armado, por lo general es de 50 años. Es decir que aquellas edificaciones construidas entre los años 60 y 70 están por sobrepasar su vida útil proyectada, debido a esta situación los propietarios tienden a realizar inspecciones de sus estructuras con el fin de asegurar el buen estado de conservación de las mismas, sin embargo, los edificios expuestos a medios agresivos tienden a ser más propensos a sufrir deterioro de sus estructuras y por lo tanto el colapso prematuro. Se cree que con el método semi-probabilístico es posible obtener una estimación de vida útil residual en edificaciones afectadas por corrosión.

### 1.2.2. Problema Secundario

En la actualidad, las edificaciones mayores de 40 años que están por cumplir su vida útil proyectada por lo general tienden a ser afectados por la corrosión. Se afirma que dicho fenómeno electroquímico posee el 20% de incidencia patológica en el común de las estructuras de concreto armado (Helene y Pereira, 2003). Es por ello, que cada vez es más recurrente que los propietarios requieran realizar evaluaciones para sus edificios más antiguos, según la velocidad de corrosión. Bajo esa premisa, es posible identificar el fenómeno de degradación predominante en una estructura de concreto armado afectada por corrosión mediante ensayos y/o pruebas.

La durabilidad de las estructuras de concreto armado siempre va a estar ligado a un correcto control de calidad durante el vaciado de las mismas, sin embargo, en edificaciones construidas entre los años 60 y 70 es complicado poder conseguir documentación del área de calidad tales como (diseños de mezcla, protocolos de vaciado, ensayos de testigos, etc.). Por lo mismo es de vital importancia que mediante las extracciones de testigos diamantinos se sea capaz de determinar una resistencia a la compresión promedio de dichos elementos.

Para la medición del tiempo de vida útil residual de una edificación afectada por corrosión es de vital importancia identificar el fenómeno de degradación predominante; según el modelo de Tuutti (1982) el cual divide la vida útil residual en dos periodos: tiempo de incubación residual (penetración de los agentes agresivos hasta la despasivación del acero de refuerzo) y tiempo de propagación (proceso de corrosión activa). Se creen que existen ensayos y/o

pruebas capaces de determinar el tiempo de incubación residual para las estructuras de concreto armado.

Por otro lado, también es fundamental el estudio del tipo de exposición a la cual está sometida la estructura de concreto armado; debido a que dependiendo de este factor se cree que es posible calcular el tiempo de propagación de la corrosión.

### **1.3. JUSTIFICACION**

#### **1.3.1. Justificación de la investigación**

##### **1.3.1.1. Teórica**

Esta investigación se realiza con el propósito de aportar al conocimiento existente sobre la estimación del tiempo de vida útil residual mediante el método semi-probabilístico de estructuras de concreto armado afectadas por corrosión, cuyo resultado podrá estar demostrando que el método semi-probabilístico es idóneo para identificar los fenómenos de degradación predominante de una forma más analítica.

##### **1.3.1.2. Practica**

Esta investigación se realiza porque existe la necesidad de obtener un rango de tiempo de vida útil residual de los edificios antiguos afectados por corrosión, debido a que los propietarios deben tomar las acciones preventivas o correctivas sea de mantenimiento, reparación, reforzamiento o demolición; según sea el resultado de la investigación.



### **1.3.1.3. Metodología**

El análisis de la vida útil residual estimada por el método semi-probabilístico para edificaciones afectadas por corrosión, se indaga mediante auscultaciones, pruebas, ensayos y métodos estadísticos; una vez que se obtengan los resultados, estos podrán ser utilizados en otros trabajos de investigación.

### **1.3.1.4. Social**

Este proyecto de investigación cuenta con fines sociales, dado que los edificios antiguos en estudio están adecuados para diversos usos; tales como: oficinas administrativas, restaurantes, gimnasios, institutos, tiendas por departamento, etc.; por tal motivo es de vital importancia el conocer la vida útil residual antes de que los inmuebles empiecen a presentar el colapso de sus elementos estructurales para así tomar las acciones del caso y evitar daños materiales y accidentes de gravedad.

### **1.3.1. Formulación del Problema**

El problema nace debido a que las edificaciones con una vida de servicio mayor a los 40 años, en su mayoría se encuentran afectados por el fenómeno de la corrosión. Por ese motivo es necesario que se realice una estimación de su vida útil residual, la cual se puede obtener mediante uno de los métodos más analíticos, el semi-probabilístico.

## **1.4. LIMITACIONES**

### **1.4.1. Limitación de la investigación**

La investigación se limita a cumplir con los estándares y especificaciones técnicas de la norma ACI 318-14, comité ACI 201.2R, la Instrucción Española del hormigón estructural EHE-08, norma ASTM (American Society for Testing and Materials) y el reglamento nacional de edificaciones norma E-060 Concreto armado.

La obtención de la muestra para las auscultaciones, pruebas y ensayos se seleccionarán en coordinación con el propietario, dependiendo del uso y accesibilidad de los ambientes en las edificaciones antiguas afectadas por corrosión.

## **1.5. OBJETIVOS**

### **1.5.1. Objetivo General**

Analizar el tiempo de vida útil residual estimado para edificaciones afectadas por corrosión del Centro Comercial Mall Plaza Bellavista, utilizando el método semi-probabilístico.

### **1.5.2. Objetivos Específicos**

Demostrar que los ensayos o pruebas a ejecutar sean fundamentales para reconocer el fenómeno de degradación predominante en estructuras afectadas por corrosión.

Demostrar que mediante la extracción de testigos diamantinos es posible obtener la resistencia a la compresión promedio.

Analizar los ensayos y/o pruebas ejecutadas capaces de determinar el tiempo de incubación residual en las estructuras de concreto armado.

Calcular el tiempo de propagación de la corrosión en las estructuras de concreto armado mediante el tipo de exposición.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEORICO

#### 2.1. ANTECEDENTES

##### 2.1.1. Inicios del Problema

En los últimos años se ha incrementado el número de estructuras de concreto armado con manifestaciones patológicas, principalmente con problemas de corrosión de armaduras de refuerzo, con problemas de álcali-agregados, con problemas de lixiviación y otros más como resultado del envejecimiento precoz de las construcciones existentes. En todo proyecto de estructuras de concreto armado se realiza una proyección mínima de vida útil de 50 años, por tal motivo es de vital importancia cumplir con las exigencias mínimas para obtener un concreto durable.

Las estructuras en concreto son diseñadas y construidas en el mundo para **durar**, aunque la pregunta de muchos diseñadores y constructores es por ¿Cuánto tiempo? ¿Un año? ¿Diez años? ¿A lo mejor cien años o más? Ello aun no es tan fácil de predecir con gran certeza, a pesar de

las buenas iniciativas de algunos códigos de construcción (como el Euro código) que establecen periodos de utilización prescritos entre 10 y 100 años para diferentes categorías de vida útil de cálculo según los tipos de estructura. Quizás, la respuesta más cercana de la vida útil requerida para satisfacer las necesidades de las construcciones del siglo XXI la pueden dar nuestros antecesores del imperio romano, donde algunas de sus obras construidas en la edad antigua han traspasado la frontera de casi dos mil años de antigüedad perdurando hasta nuestros días.

(Sotomayor, 2016, p.06)

Existen diversos factores que pueden afectar la durabilidad de las estructuras de concreto. Collepardi (1999) refiere que la durabilidad de una estructura de concreto armado se entiende por la capacidad que esta estructura posee para mantener sus características estructurales y funcionales originales durante su vida útil esperada, en las condiciones de exposición para las cuales fue proyectada. Es decir, una estructura no solo dependerá de la durabilidad del concreto.

Se sabe que antiguas estructuras, que utilizaban elevadas cantidades de cemento por m<sup>3</sup>, materiales puzolánicos en la composición de los concretos y elevados espesores de recubrimiento (cuando armadas), resisten al tiempo hasta hoy. No obstante, el medio ambiente, en la actualidad, es más agresivo que décadas atrás, principalmente en los grandes centros urbanos. El perfeccionamiento de técnicas de dimensionado, más avanzadas y, por tanto, más económicas, también interfiere negativamente en lo que respecta a la durabilidad.

(Helene y Pereira, 2003, p.81)

Por tal motivo, se realizaron investigaciones para determinar los daños más comunes. Carmona y Marega (1998) refieren que debido a lo acontecido a través del tiempo y tras un extenso estudio realizado, lograron identificar los principales problemas patológicos de las estructuras de concreto en relación al origen de los mismos; en relación a los tipos de manifestaciones patológicas frecuentes, el mismo estudio apunto que la corrosión de las armaduras es una de las causas de degradación más común en las estructuras de concreto, quedando en tercer lugar con 31%.

Tutti (1982) propuso un modelo de vida útil para estructuras de concreto desde el punto de vista de la corrosión de armaduras, dividiendo el mecanismo en dos etapas, tiempo de incubación y tiempo de propagación.

La fase de incubación corresponde al tiempo que los agentes agresivos (cloruros o CO<sub>2</sub>) demoran para atravesar el recubrimiento y llegar a la armadura, despasándola mientras que la fase de propagación es el periodo que comprende una acumulación progresiva de la degradación, hasta que sea alcanzado un nivel inaceptable de la misma.

(Andrade, 1992, p.101)

Helene (1993) identifico tres situaciones durante el periodo de vida útil de una determinada estructura, que son:

- El periodo de iniciación, también llamado *vida útil del proyecto*.
- El periodo donde aparecen los primeros síntomas de la corrosión, llamado de *vida útil de servicio o de utilización*.
- El periodo de tiempo que va hasta el colapso parcial o total de la estructura, llamado de *vida útil total*.

Además, incorpora el concepto de *vida útil residual*, correspondiente al periodo de tiempo, a partir de la visita técnica (inspección inicial), que la estructura aún tendrá capacidad de desarrollar sus funciones.

Era extremadamente complicado determinar con exactitud la vida útil de las estructuras. Page (1982) refiere sobre la dificultad de predecir la vida útil de una estructura basándose en test acelerados y propiedades electroquímicas de componentes metálicos; una de las razones para esta dificultad, según este investigador, son las diversas formas en que la corrosión puede manifestarse; diciendo que el conocimiento de la época no permite una adecuada predicción de la vida útil.

Debido a eso, se empezaron a realizar estudios en función a los fenómenos de degradación más incidentes. Morinaga (1990) refiere que investigó un método de predicción de vida útil, considerando los dos principales mecanismos de despasivación de la armadura, o sea, la carbonatación y la acción de cloruros. En este estudio el autor estableció relaciones bastante estrechas entre el nivel de corrosión de las armaduras y la vida útil del concreto; fue posible realizar una predicción dentro de varias condiciones y evaluar cuantitativamente los valores que poseen mayor influencia, combinando los límites permisibles y las tasas de corrosión.

### **2.1.2. Estudios o investigaciones anteriores**

Con el paso de los años se ha podido ampliar el campo de investigación para la predicción de vida útil residual de las edificaciones de concreto armado

afectadas por corrosión, por lo tanto, tenemos una base sobre la cual sustentar la presente investigación.

En Brasil, Helene (1997) después de definir conceptos, mecanismos de envejecimiento, clasificar el medio ambiente en cuanto al grado de agresividad y agrupar los concretos por clases, relata que los actuales y clásicos conceptos y métodos de introducción de la seguridad en el proyecto de las estructuras de concreto no aseguran durabilidad ni son herramientas adecuadas para el cálculo y la predicción de la vida útil. Para contemplar los requisitos mínimos de durabilidad y estética, se hace necesario, según este autor, establecer nuevos criterios de dimensionamiento, elaborados a partir del conocimiento de los fenómenos y mecanismos de deterioración, así como de sus consecuencias. En este sentido, son citados y descritos los cuatro métodos de predicción de vida útil para estructuras de concreto armado, a seguir relacionados:

- a) Con base en experiencias anteriores.
- b) Basados en ensayos acelerados.
- c) A través de métodos deterministas.
- d) Métodos estocásticos o probabilistas.

Tiempo después, Nmai (2000) presentó una revisión de las tecnologías existentes y desarrollo para la protección de las estructuras de concreto contra la corrosión de las armaduras, un artículo donde mostro un nuevo modelo para la predicción de la vida útil que engloba algunas de las varias tecnologías que permiten a los proyectistas y propietarios tomar decisiones racionales con respecto a los sistemas de protección contra la corrosión de las armaduras. El modelo presentado, llamado "Life-365", es basado en una solución de



diferencias finitas para la segunda Ley de Fick de difusión, en el cual se puede obtener un modelo de análisis de costos para corrosión inducida por el contenido de cloruros.

En España, Perez (2010) presentó un proyecto en el cual se ofrece un enfoque general del fenómeno de corrosión de las armaduras en los distintos tipos de estructuras de concreto armado, donde realiza una descripción del fenómeno, explicando sus formas de aparición, así como sus factores desencadenantes (carbonatación, presencia de cloruros), acelerantes y retardantes. A su vez formula una estimación de la vida útil residual de las estructuras de concreto armado (la estimación semi-probabilística prescrita por la EHE), la cual representa un valor de gran relevancia para decidir la viabilidad de una reparación.

Finalmente, Alla (2016) realizó un análisis comparativo de las normativas: “ACI 318-14 y EHE-08” con respecto a la comprobación de *Estado Limite de Durabilidad*, la corrosión. Además, realizó un ejercicio en el que pudo ejecutar los métodos y modelos de cálculo usados por las dos normas, obteniendo conclusiones muy importantes.

## **2.2. BASES TEORICAS**

Para poder desarrollar el proyecto de investigaciones tomaremos de referencia las siguientes bases teóricas:

### 2.2.1. DURABILIDAD DEL CONCRETO

Según lo expuesto por Alla (2016), sabemos que:

El hormigón es, debido a su versatilidad, un material de gran eficiencia, aparte de ser relativamente barato, que está incrementando su importancia para todo tipo de construcciones. Las estructuras hechas de este material pueden ser resistentes y duraderas, pero hay que considerar en el proceso de diseño el efecto que va a producir en él el medio ambiente al que se vaya a exponer. También es necesario distinguir entre la degradación del concreto en sí y la pérdida de protección y la corrosión del acero al que protege.

En un principio el concreto fue considerado como un material de alta durabilidad, pero la experiencia ha demostrado que esto no es necesariamente así al menos que se diseñe pensando en la durabilidad y en el proceso constructivo. (p.05)

#### 2.2.1.1. *Causas de la deterioración en las estructuras del concreto*

Según lo descrito por Sotomayor (2016), sabemos que:

Un conjunto de causas por reacciones físicas y químicas están muy relacionadas con la deterioración de las estructuras, se han agrupado las principales causas por reacciones físicas como se indica a continuación:

- Degradación superficial: Surge a consecuencia del desgaste por abrasión, erosión, cavitación y despostillamiento en la superficie de las estructuras.
- Fisuración interna: Surge como consecuencia del gradiente de humedad o de temperatura que sufren las estructuras, las

presiones de cristalización, exposición a temperatura extremas de frio y calor.

Respecto a las causas por reacciones químicas, podemos agruparla en tres clases, tal como se indica a continuación:

- Hidrolisis o lixiviación: Corresponde a la remoción de los productos que contienen calcio ocasionada por la presencia de humedad externa que al ponerse en contacto con la pasta de cemento tiende a lixiviar determinados productos a base de calcio, como la cal hidratada  $\text{Ca(OH)}_2$ , generándose una disminución importante del PH en el concreto.
- Intercambio iónico entre los hidratos y el medio agresivo: Algunas soluciones acidas provenientes de las industrias de alimentos o minera pueden reaccionar con la pasta de cemento y formar sales solubles que seguidamente pueden ser lixiviadas y depositadas en la superficie del concreto.
- La formación de productos expansivos: El proceso de formación depende del tipo de material y grado de exposición de las estructuras, estos pueden generar grandes presiones internas que fisuran de manera significativa a las estructuras en concreto si no se implementan las medidas de mitigación. Las principales causas de formación de estos productos expansivos son:
  - El ataque de sulfatos que se encuentran en las aguas subterráneas y generan un gel expansivo.
  - La corrosión de las armaduras de refuerzo, al producirse la formación de óxidos de fierro que se

expanden hasta 7 veces su volumen, generando una presión interna y la delaminación del concreto.

- La transformación del agua de los poros capilares en hielo, generando presiones internas y la delaminación del concreto. (p.08)

#### 2.2.1.2. *Vida Útil de una estructura*

Según Guzmán (2013), se explica lo siguiente:

Como consecuencia de lo anterior, debe entonces definirse el concepto de Vida Útil de la estructura, el cual tiene relación con el comportamiento de la misma, bajo unas ciertas y determinadas condiciones de servicio, durante un tiempo suficientemente largo. Por lo tanto, se considera como la vida útil de una estructura, el periodo de tiempo en el cual, ella conserva los requisitos previstos de seguridad, funcionalidad y estética (aspecto), con costos razonables de mantenimiento.

De acuerdo con el modelo de vida útil desarrollado por Tuutti en 1982 y posteriormente modificado por Helene en 1993, se puede definir varios conceptos diferentes de vida útil:

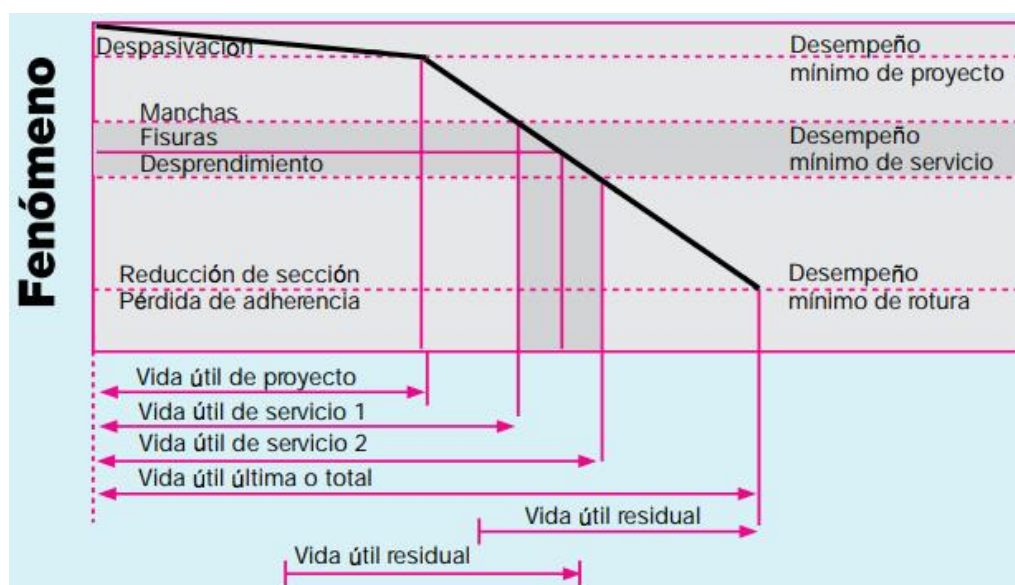
**Vida útil del proyecto:** La vida útil del proyecto o “periodo de iniciación”, está definida como aquel periodo de tiempo necesario, que ha sido previsto por el diseñador de la estructura, para que un mecanismo de daño, o un agente agresor, de inicio al deterioro del concreto simple o reforzado. Es decir, que la vida útil del proyecto se cumple cuando la barrera de protección del concreto, ha sido vencida por el agente agresor (frente de carbonatación, frente de cloruros, penetración de sulfatos, etc.), pero aún no se iniciado el debilitamiento de la estructura.

**Vida útil de servicio:** La vida útil de servicio está definida como el periodo de tiempo que se inicia desde la ejecución de la estructura hasta que se completa un cierto y determinado nivel aceptable de deterioro. Es decir, que la vida útil de servicio es la suma del “periodo de iniciación” y del “periodo de propagación” del mecanismo de daño o del agente de deterioro que agreden al concreto o al acero de refuerzo.

En la etapa de “propagación del daño”, usualmente se pueden evidenciar distintos niveles o síntomas de deterioro, tales como: manchas superficiales, desintegración parcial del concreto de recubrimiento, exposición del agregado, fisuras en el concreto, desprendimientos del recubrimiento, desintegración total del concreto de recubrimiento, u otras.

**Vida útil ultima o total:** La vida útil ultima o total o “límite de fractura” está definida como el periodo de tiempo que va desde que se inicia la ejecución de la estructura hasta que se presenta el colapso parcial o total. Es decir, que la vida útil total es la suma del “periodo de iniciación” del deterioro, del “periodo de propagación” del mecanismo de daño o del agente de deterioro que agreden al concreto o al acero de refuerzo, y del “periodo de colapso” parcial o total.

**Vida útil residual:** De acuerdo con Paulo Helene, si durante la vida en servicio de una estructura se realiza una inspección, una evaluación y un diagnóstico (secuencialmente y en un corto periodo de tiempo), a partir de ellos, se puede entonces determinar con alguna aproximación la vida útil residual de la estructura. Por lo tanto, la vida útil residual corresponde al periodo de tiempo (contando a partir de la fecha de inspección), en que la estructura todavía es capaz de desempeñar sus funciones. (p.04-05)



**Figura 1.** Relación entre el comportamiento del concreto y el concepto de vida útil de la estructura.  
(Fuente: ASOCRETO)

Los tipos de métodos para estimar la vida útil de las estructuras de concreto armado son explicados por Alla (2016), donde sabemos que:

Existen algunos modelos de predicción de la vida útil de una estructura, pero no se pueden considerar de una ciencia exacta debido a la influencia de múltiples factores. Los métodos expuestos a continuación son los más utilizados:

**1) Método determinista:** Son aquellos métodos que se basan en el estudio de los factores más influyentes en la degradación de los elementos, en la comprensión de sus mecanismos de actuación y en sus funciones de degradación. Estos factores se traducen en fórmulas que expresan su acción en función del tiempo. El método más utilizado es el método de los factores.

**2) Métodos probabilísticos:** El método probabilístico trata la degradación como un proceso estocástico, donde se explica la probabilidad del deterioro para cada propiedad durante un periodo de tiempo. Es un método complicado y se aplica para grandes proyectos ya que es necesario tener datos reales durante un gran periodo de tiempo. El modelo más utilizado es el de Markov. Se recomienda aplicar esta comprobación para obras de repercusión económica media y alta y expuesta a cualquier tipo de ambiente, siempre y cuando se tenga un conocimiento a partir de un ensayo acelerado.

**3) Método de ingeniería:** Este método sería una combinación de los dos métodos anteriores, es un método semi-probabilística. Este método se usa para identificar los fenómenos de degradación de una forma analítica y a la vez controlarlos en proyecto a través de una planificación del mantenimiento. Los métodos más utilizados son el Análisis Modal de Fallos y Efectos del Proceso AMFE y el Método de los Estado Límite. La resistencia de una estructura de hormigón a la acción del agente agresivo, acciones físicas, químicas o biológicas, queda verificada para los estados de proyecto relevantes, según UNE 83944-1:2010 IN2, si se cumplen la siguiente condición:

$$E_{d,env} \leq R_{d,env}$$

Dónde:

$E_{d,env}$ : valor de cálculo del efecto de las acciones para un determinado estado de proyecto relevante

$R_{d,env}$ : es el valor de cálculo de la resistencia a la acción del agresivo correspondiente

La aptitud al servicio de una estructura o parte de ella queda verificada si se cumple lo siguiente:

$$E_{d,env} \leq C_{d,env}$$

Dónde:

$C_{d,env}$ : valor límite para el mismo efecto.

Se deben adoptar como valores límite para los distintos efectos de las acciones, los valores indicativos reflejados en los distintos documentos de carácter normativo o reglamentario. (p.08)

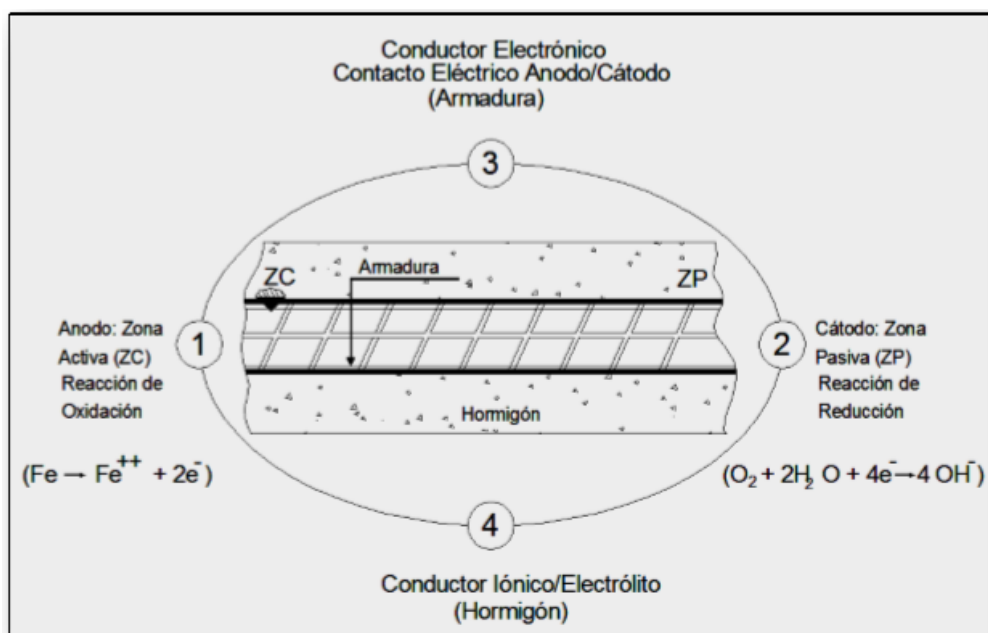
### 2.2.2. FENOMENO DE LA CORROSION

Con respecto al fenómeno de corrosión Cerna y Galicia (2010), afirman que:

La corrosión de la armadura en el concreto consiste en la oxidación destructiva del acero por el medio que lo rodea. Así, la corrosión ocurre como resultado de la formación de una celda electroquímica, la cual consiste en cuatro elementos principales

- 1) Un Ánodo, donde ocurre la oxidación.
- 2) Un Cátodo, donde ocurre la reducción.
- 3) Un Conductor Metálico donde la corriente eléctrica es el flujo de electrones.
- 4) Un Electrolito, en ese caso el concreto, donde la corriente eléctrica es generada por el flujo de iones en un medio acuoso.





**Figura 2.** Representación electroquímica del concreto y el acero.  
(Fuente: Helene y Pereira)

La corrosión electroquímica del acero en el concreto resulta de la falta de uniformidad en el acero (*diferentes aceros, soldaduras, sitios activos sobre la superficie del acero*), contacto con metales menos activos, así como también, de las heterogeneidades en el medio químico o físico (concreto) que rodea al acero. Ahora bien, aunque la potencialidad para la corrosión electroquímica puede existir debido a la falta de uniformidad del acero en el concreto, la corrosión formalmente se previene por la formación de esta película de óxido de hierro “pasivante”. Pero cuando las condiciones de servicio cambian el concreto se altera o a través de él penetran sustancias agresivas, se produce el rompimiento de esta película y la corrosión de las armaduras se desencadena con una triple consecuencia:

- El acero disminuye su sección o incluso se convierte completamente en óxido.
- El concreto puede fisurarse o delaminarse debido a las presiones que ejerce el óxido expansivo al generarse.
- La adherencia armadura-concreto disminuye o desaparece. (pp. 23-24)

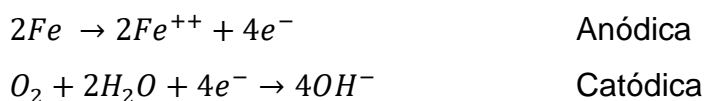
#### 2.2.2.1. Origen de la corrosión

Para entender el origen de la corrosión Cerna y Galicia (2010), afirman que:

Para que la corrosión del acero pueda iniciarse y mantenerse existen dos mecanismos que en general son los más aceptados:

- Reducción de la alcalinidad por lixiviación de las sustancias alcalinas con agua o neutralización parcial con dióxido de carbono u otro material ácido.
- Por la acción electroquímica que involucra al ion cloruro en presencia de oxígeno.

Así, el acero se corroe por la reacción anódica que permite que él se disuelva como ion ferroso. Debe haber una reacción catódica simultánea, como la reducción de oxígeno, todo esto en presencia de agua.



Es importante resaltar que sin la presencia simultánea en el concreto de oxígeno y humedad no es termodinámicamente posible que se desarrolle con velocidad apreciable. Ambos factores tienen un carácter ambivalente, pues cuando las armaduras están pasivadas, una cierta

cantidad de oxígeno y humedad pueden servir para engrosar la capa pasivante, pero, cuando las armaduras se corroen activamente actúan acelerando notablemente el ataque. En su ausencia, sin embargo, lo detienen completamente. (p.25)

#### 2.2.2.2. Tipos de corrosión

La corrosión puede presentarse de forma tanto localizada como generalizada, en donde Perez (2010) afirmo lo siguiente:

De acuerdo al área corroída, se pueden considerar dos tipos de corrosión: la **localizada**, que se caracteriza por la destrucción local de la capa pasivante debido a la acción de un agente agresivo. La causa más frecuente que induce este tipo de corrosión es la presencia de iones despasivantes, tales como cloruros, que al superar un determinado valor crítico rompen localmente la capa pasivante. Otro tipo de corrosión localizada es la llamada corrosión bajo tensión que solo se aprecia en el hormigón pretensado o postensado; y la **generalizada (Carbonatación)** se caracteriza por un ataque uniforme en toda la superficie del acero debido a un descenso de la alcalinidad en el hormigón que rompe la capa pasiva al llegar hasta el acero. Puede ser debido a un “deslavado” por circulación de aguas puras o ligeramente acidas o por la reacción de compuestos de carácter básico presentes en el hormigón con componentes ácidos presentes en la atmosfera, siendo la carbonatación el fenómeno más frecuente. El dióxido de carbono que hay en la atmosfera reacciona con las sustancias alcalinas de la solución porosa y con los componentes hidratados del hormigón, dando lugar a un descenso del pH del hormigón por debajo de un determinado valor crítico y produciendo la disolución completa de la capa pasivante. (p.09)

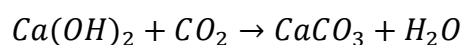
### 2.2.2.1. La Carbonatación

Según lo expuesto por Perez (2010), podemos decir de la carbonatación lo siguiente:

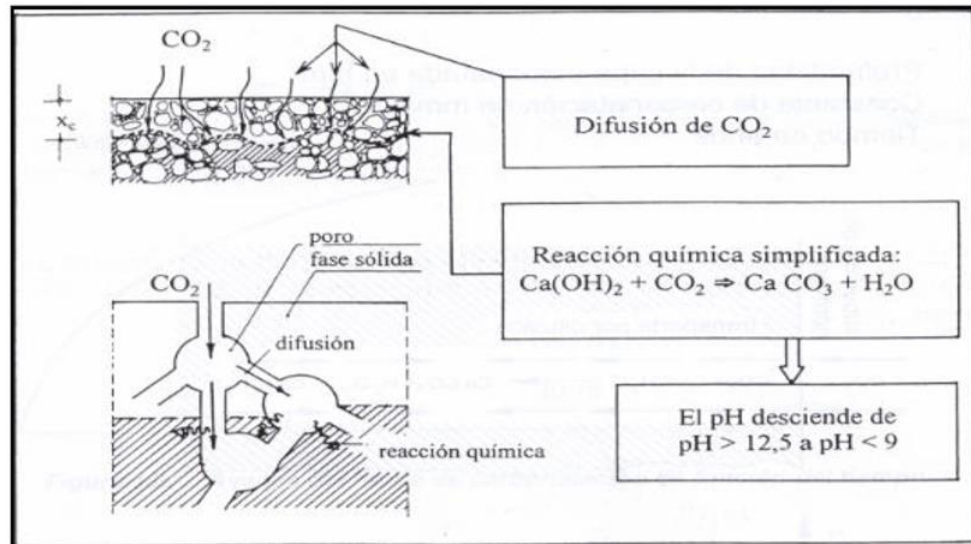
La carbonatación es un tipo particular de reacción acida, de excepcional importancia en la durabilidad del hormigón.

Debido a los hidróxidos de calcio, de sodio y de potasio disueltos en la solución acuosa de la red de poros del hormigón y en menor medida a los álcalis solubles de los agregados solubles de los agregados, se alcanza un pH de la disolución presente en los poros entre 12.5 y 13.5. Esta condición permite que el acero envuelto en el hormigón se encuentre en el punto P dentro del diagrama de Pourbaix (protegido de la corrosión).

El hormigón es un material muy poroso, el cual permite la penetración en su interior del CO<sub>2</sub> del aire a través de los poros. Cuando esto sucede se produce la reacción del CO<sub>2</sub> con la fase líquida intersticial saturada de hidróxido cálcico del hormigón y de los compuestos hidratados del cemento en equilibrio con dicha fase líquida, formándose carbonato de calcio. En términos simplificados, la reacción para la fase acuosa se puede describir:



Cuando todo el  $Ca(OH)_2$ ,  $KOH$  y  $NaOH$  presentes en los poros ha sido carbonatado, el pH empieza a decrecer y dejar de ser un elemento protector de la corrosión de las armaduras. Tan pronto como todo el cemento endurecido ha sido completamente carbonatado, se mide un pH menor de 9.



**Figura 3.** Modelo simplificado del proceso de Carbonatación del concreto.

(Fuente: Perez)

El avance del proceso de carbonatación se puede aproximar a la raíz cuadrada del tiempo.

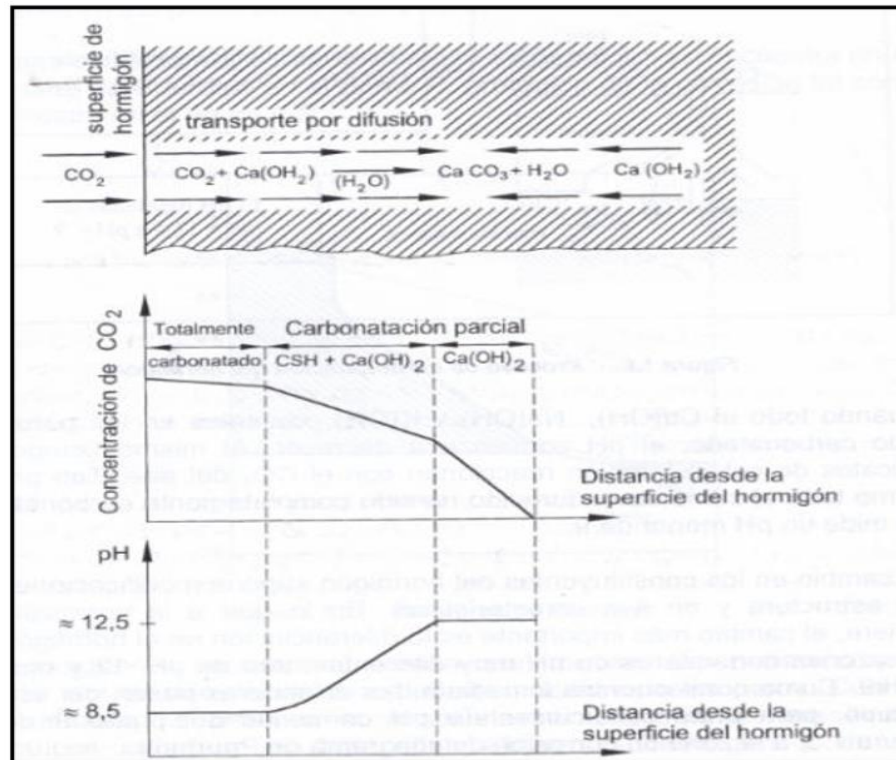
$$X_c = K_c \cdot \sqrt{t}$$

Donde:

$X_c$ : Profundidad de la capa carbonatada (mm)

$K_c$ : Constante de carbonatación ( $\text{mm/año}^{0.5}$ )

$t$ : Tiempo (años)



**Figura 4.** Modelo simplificado del tiempo de avance de la corrosión por carbonatación.

(Fuente: Perez)

El desarrollo de la carbonatación depende de diversos factores, entre los que se pueden enumerar los siguientes:

- Contenido de  $\text{CO}_2$  en la atmósfera.
- Permeabilidad del hormigón.
- Cantidad de sustancia carbonatable (contenido y tipo de cemento).
- Humedad relativa del ambiente.

El avance de la carbonatación va a quedar definida también por la resistencia a compresión del hormigón, obteniéndose menores profundidades de carbonatación para mayores valores de resistencia.

(p.10)

Se conoce que la carbonatación puede medirse mediante una prueba cualitativa, según Alla (2016) podemos tener valores referenciales de la constante de carbonatación:

La profundidad de carbonatación puede medirse por una serie de técnicas. La más popular es la prueba del indicador de fenolftaleína. En una investigación de una serie de estudios sobre el terreno encontraron relación de los siguientes valores de k:

- Para edificios de 8-24 años: de 1.2 a 6.7 mm/año  $\frac{1}{2}$ , con un promedio de 3 mm/año  $\frac{1}{2}$ .
- Para un aparcamiento de siete coches de 14-41 años: va desde 2.2 mm/año  $\frac{1}{2}$  a 7.6 mm/año  $\frac{1}{2}$ , con un promedio de 4.27 mm/año  $\frac{1}{2}$ .
- Para un embarcadero de 10 años y un puente de 90 años la k es de 1.8 mm/año  $\frac{1}{2}$  y 1.6 mm/año  $\frac{1}{2}$  respectivamente.

El avance de la carbonatación es directo. Esto puede producirse de manera irregular y desigual, pero práctico a la hora de definir máximos, mínimos y el promedio de la profundidad de carbonatación y compararlo con la profundidad de recubrimiento. Usando la ecuación explicada anteriormente es posible determinar el coeficiente de carbonatación k y estimar el tiempo de corrosión. (p.35)

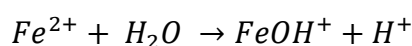
### 2.2.2.1. Ataque de iones de cloruro

Podemos decir del fenómeno de ataque de iones de cloruro según lo explicado por Alla (2016), lo siguiente:

Existen otros agentes químicos que pueden iniciar la corrosión en el hormigón sin ser por iones de cloruro. Mientras que todo hormigón expuesto al medio ambiente va sufrir de corrosión, solo aquellos expuestos a cloruros van a sufrir de ataques de iones de cloruro. Ya que en décadas atrás la protección contra cloruros era pobre el coste de reparación y mantenimiento en la actualidad es alto.

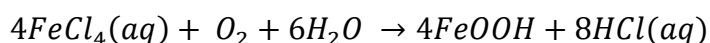
Los cloruros pueden provocar roturas localizadas en el hormigón debilitando la capa protectora del acero. El ion  $\text{Cl}^-$  penetra en la película de óxido a través de los poros y forman ánodos de metal activo rodeado por grandes áreas catódicas de metal pasivo.

La formación de ánodos en los puntos donde el pH no es suficiente o existe una fisura que genera diferencias de potencial que atraen cloruros. Cuando se elimina el oxígeno la superficie de acero se acidifica:



Los iones cloruro forman complejos solubles con los iones hierro y por consiguiente favorece la disolución del óxido de hierro.

El efecto catalítico aumenta en presencia del oxígeno, debido a la descomposición de los complejos de cloro al difundirse de la picadura de corrosión pobre en oxígeno al hormigón rico en oxígeno. Los complejos de cloro no son estables en presencia del oxígeno:



Como resultado obtenemos una liberación de cloruros y una mayor acidificación lo que acelera la corrosión. Esto es lo que diferencia la corrosión localizada de la galvánica. Los cloruros pueden encontrarse en



el hormigón bien combinado o libre. Aun cuando se impide la penetración de los cloruros éstos pueden continuar durante años el proceso de transporte de iones desde zonas de alta concentración a las más bajas. Los iones de cloruro son el 50% la sal común (NaCl) y se encuentran presentes en agua de mar, en sales para provocar el deshielo o presentes en el medio ambiente y en los aditivos. (p.36)

Es importante conocer el límite de contenido de cloruros, para lo cual Rivva (2014) exponen lo siguiente:

El límite de corrosión en un concreto endurecido sujeto a fuentes externas de cloruros es de 0.21% de cloruro soluble en ácido. El contenido promedio de cloruro soluble en agua en el mismo concreto debe ser de 75% a 80% del cloruro soluble en ácido. Este valor ha sido confirmado en estudios de obra, mostrando que bajo algunas condiciones en contenido de cloruro soluble en agua tan bajo como 0.15% o 0.20%, de cloruro soluble en ácidos es suficiente para iniciar la corrosión del acero embebido en un concreto expuesto a cloruros está en servicio. (p.235)

### 2.2.3. CONDICIONES ADICIONALES DE DURABILIDAD

Existen condiciones adicionales para la durabilidad del concreto armado, para lo cual la Instrucción de hormigón estructural EHE-08 brinda recomendaciones para la estimación de la vida útil residual de las estructuras atacadas por corrosión dependiendo del fenómeno de degradación predominante.

En base a lo expuesto por Muñoz y Mendoza (2012), podemos afirmar que:

La durabilidad en la normativa española es uno dentro de los tres estados límites que hay que cumplir para que las estructuras sean seguras y funcionales y sean capaces de soportar las acciones externas e internas a las que se verán expuesta y sometidas. Cabe decir que los tres Estados límites que se deben comprobar, y que una estructura no deberá exceder son:

- Estado Límites Últimos.
- Estado Límite de Servicio.
- Estado Límite de Durabilidad:  $t_L \geq t_d$ .

Donde:

$t_L$ : Tiempo necesario para que el agente agresivo produzca un ataque o degradación significativa.

$t_d$ : Valor de cálculo de la vida útil afectado por el correspondiente coeficiente de seguridad.

Para cualquier tipo de proyecto se deberá definir el grado de agresividad ambiental al que estará expuesta la estructura, definiendo para cada elemento que la configura una clase de exposición y haciendo referencia a los procesos de corrosión que se pueden presentar en el refuerzo. En la designación del tipo de ambiente se reflejarán todas las clases de agentes agresivos a los que estarán expuestas las estructuras. (p.65)

**Cuadro 1**

*Cuadro de clases generales de exposición relativas a la corrosión del acero.*

<b>CLASE GENERAL DE EXPOSICIÓN</b>				<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>EJEMPLOS</b>
Clase	Subclase	Designación	Tipo de proceso		
No agresiva.		I	Ninguno	-Interiores de edificios, no sometidos a condensaciones. -Elementos de concreto en masa.	-Elementos estructurales de edificios, incluidos los elementos, que estén protegidos de la intemperie.
Normal	Humedad alta.	Ila	Corrosión de origen diferente de los cloruros.	-Interiores sometidos a humedades relativas medias altas (> 65%) o a condensaciones.  - Exteriores en ausencia de cloruros, y expuestos a lluvia en zonas con precipitación media anual superior a 600 mm.  - Elementos enterrados o sumergidos.	-Elementos estructurales en sótanos no ventilados. -Cimentaciones. -Estribos, pilas y tableros de puentes en zonas, sin impermeabilizar con precipitación media anual superior a 600 mm. -Tableros de puentes impermeabilizados, en zonas con sales de deshielo y precipitación media anual superior a 600 mm. -Elementos de concreto que se encuentren a la intemperie o en las cubiertas de edificios en zonas con precipitación media anual superior a 600 mm. - Colados en cámara sanitaria, o en interiores en cocinas y baños, o en cubierta no protegida.

CLASE GENERAL DE EXPOSICIÓN				DESCRIPCIÓN	EJEMPLOS
Clase	Subclase	Designación	Tipo de proceso		
Marina	Humedad media.	IIb	Corrosión de origen diferente de los cloruros.	Exteriores en ausencia de cloruros, sometidos a la acción del agua de lluvia, en zonas con precipitación media anual inferior a 600 mm.	Elementos estructurales en construcciones exteriores protegidas de la lluvia. -Tableros y pilas de puentes, en zonas de precipitación media anual inferior a 600 mm.
	Aérea	IIIa	Corrosión por cloruros.	-Elementos de estructuras marinas, por encima del nivel de pleamar. -Elemento exteriores de estructuras situadas en las proximidades de la línea costera (a menos de 5 km).	-Elementos estructurales de edificaciones en las proximidades de la costa. -Puentes en las proximidades de la costa. -Zonas aéreas de diques, muelle y otras obras de defensa litoral. -Instalaciones portuarias.
	Sumergida	IIIb	Corrosión por cloruros.	-Elementos de estructuras marinas sumergidas permanentemente, por debajo del nivel mínimo de bajamar.	-Zonas sumergidas de diques, muelle y otras obras de defensa litoral. -Cimentaciones y zonas sumergidas de pilas de puentes en el mar.
	En zona de carrera de mareas y en zonas de salpicaduras	IIIc	Corrosión por cloruros.	-Elementos de estructuras marinas situadas en la zona de salpicaduras o en zona de carrera de mareas.	- Zonas situadas en el recorrido de marea de diques, muelle y otras obras de defensa litoral. -Zonas de pilas de puentes sobre el mar, situadas en el recorrido de marea.

(\*) Fuente: EHE-08 Capítulo II

En el anexo 9° de la Instrucción Española de Hormigón Estructural (EHE-08) se contempla los cálculos necesarios para la estimación de la vida útil basado en el estado límite de durabilidad, Perez (2010) realizó un resumen paso a paso:

La EHE contempla un procedimiento de carácter semi-probabilista para la comprobación del Estado Límite de durabilidad, donde se debe satisfacer la condición:

$$t_L > t_d$$

Donde:

$t_L$ : Valor estimado de la vida útil

$t_d$ : Valor de cálculo de la vida útil

La vida útil de cálculo queda definida como el producto de la vida útil de proyecto por un coeficiente de seguridad:

$$t_d = Y_t * t_g$$

Donde:

$t_d$ : Vida útil de cálculo

$Y_t$ : Coeficiente de seguridad de vida útil, cuyo valor se adoptará  $y_t = 1,10$

$t_g$ : Vida útil de proyecto

Para estimar la vida útil nominal del proyecto la EHE propone los siguientes valores en función del tipo de estructura.

**Cuadro 2**

*Cuadro de vida útil nominal de los diferentes tipos de estructuras.*

<b>Tipo de estructura</b>	<b>Vida útil nominal</b>
Estructuras de carácter temporal	Entre 3 y 10 años
Elementos reemplazables que no forman parte de la estructura principal (por ejemplo, barandillas, apoyos, apoyos de tuberías)	Entre 10 y 25 años
Edificios (o instalaciones) agrícolas o industriales y obras marítimas	Entre 15 y 50 años
Edificios de viviendas u oficinas, puentes u obras de paso de longitud total inferior a 10 metros y estructuras de ingeniería civil (excepto obras marítimas) de repercusión económica baja o media	50 años
Edificios de carácter monumental o de importancia especial	100 años
Puentes de longitud total igual o superior a 10 metros y otras estructuras de ingeniería civil de repercusión económica alta	100 años

(\*) Fuente: EHE-08 Anexo 9.

El método general propuesto por la instrucción EHE para el cálculo de la vida útil contempla las siguientes fases:

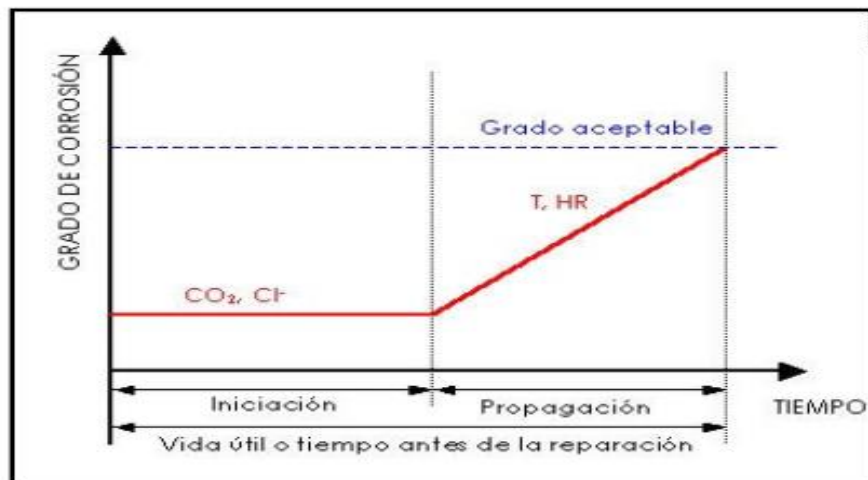
- Elección de la vida útil del proyecto.
- Elección del coeficiente de seguridad de vida útil.
- Identificación de las clases de exposición ambiental a las que puede estar sometida la estructura. En cada clase se debe identificar el proceso de degradación predominante.

- Selección del modelo de durabilidad correspondiente a cada proceso de degradación por corrosión (modelo de degradación de carbonatación o de penetración de cloruros).
- Aplicación del modelo y estimación de la vida de servicio de la estructura  $t_L$ .
- Comprobación del Estado Límite para cada uno de los procesos de degradación identificados relevantes para la durabilidad de la estructura.

### Modelos de degradación por corrosión

Para el caso de corrosión, ya sea por carbonatación como por cloruros, el tiempo total  $t_L$  necesario para que el ataque o degradación sean significativos se expresa como:

$$t_L = t_i + t_p$$



**Figura 5.** Modelo de deterioro de la estructura por corrosión en función del tiempo.

(Fuente: Tutti)

Donde:

$t_i$ : Período de iniciación de la corrosión, entendido como el tiempo que tarda el frente de penetración del agresivo en alcanzar la armadura provocando el inicio de la corrosión.

$t_p$ : Período de propagación, que es el tiempo de propagación de la corrosión hasta que se produzca una degradación significativa del elemento estructural.

La carbonatación al igual que la penetración de cloruros son procesos de difusión en el concreto a través de sus poros, por lo tanto, pueden ser modelizados con la siguiente expresión:

$$d = K \cdot \sqrt{t}$$

$d$ : Profundidad de penetración del agresivo, para una edad  $t$ .

$K$ : Coeficiente que depende del tipo de proceso agresivo, de las características del material y de las condiciones ambientales.

En el caso de la carbonatación el valor de la constante  $K$ , se puede obtener experimentalmente para un determinado caso, si se conoce el tiempo de exposición en años, midiendo la profundidad del frente carbonatado.

### **Modelos de degradación por carbonatación**

Este modelo establece que el período de tiempo necesario para que se produzca la carbonatación a una distancia  $d$  respecto a la superficie del hormigón puede estimarse con la expresión:

$$t = (d/K_c)^2$$



Donde:

$d$ : Profundidad de carbonatación en mm

$t$ : Tiempo en años

$K_c$ : Coeficiente de carbonatación  $\implies K_c = C_{env} * C_{air} * a * f_{cm}^b$

$C_{env}$ : Coeficiente ambiental (Cuadro 03)

$C_{air}$ : Coeficiente en función del contenido de aire (Cuadro 04)

$a, b$ : Parámetros dependientes del tipo de conglomerantes (Cuadro 05)

$f_{cm}$ : Resistencia media del hormigón a compresión ( $Mpa$ ) =  $f_{ck} + 8$

### Cuadro 3

Cuadro de coeficientes ambientales  $C_{env}$ .

Ambiente	$C_{env}$
Protegido de la lluvia	1
Expuesto a la lluvia	0.5

### Cuadro 4

Cuadro de coeficientes en función del contenido de aire  $C_{air}$ .

Aire ocluído (%)	$C_{air}$
<4.5 %	1
$\geq$ 4.5 %	0.7

**Cuadro 5**

*Cuadro de parámetros dependientes del tipo de conglomerantes (a y b).*

Conglomerante	Cemento de la Instrucción RC 03	a	b
Cemento Portland	CEM I CEM II/A CEM II/B-S CEM II/B-L CEM II/B-LL CEM II/B-M CEM/V	1800	-1.7
Cemento Portland + 28% cenizas volantes	CEM II/B-P CEM II/B-V CEM IV/A CEM IV/B	360	-1.2
Cemento Portland + 28% humo de sílice	CEM II/A-D	400	-1.2
Cemento Portland + 65% escorias	CEM III/A CEM III/B	360	-1.2

(\*) Fuente: EHE-08 Anexo 9.

### **Modelos de propagación de la corrosión**

Este modelo propone una ecuación para el cálculo del tiempo de propagación de la corrosión a partir de la siguiente expresión:

$$t_p = \frac{80}{\emptyset} * \frac{d}{V_{corr}}$$

Donde:

$d$ : Recubrimiento en mm

$\emptyset$ : Diámetro de la barra

$V_{corr}$ : Velocidad de corrosión en  $\mu\text{m/año}$

En caso de no tenerse datos experimentales específicos para el concreto y las condiciones ambientales concretas, la velocidad de corrosión podrá obtenerse a partir del Cuadro 06.

### Cuadro 6

*Cuadro de velocidad de corrosión en función de su clase de exposición.*

Clase general de exposición			V <sub>corr</sub> (µm/año)	
Normal	Humedad alta	IIa	3	
	Humedad media	IIb	2	
Marina	Aérea	IIIa	20	
	Sumergida	IIIb	4	
	En zona de mareas	IIIc	50	
Con cloruros de origen diferente del medio marino			IV	20

(\*) Fuente: EHE-08 Anexo 9.

Cabe señalar que se considerará concluida la etapa de propagación de la corrosión una vez que se haya producido una pérdida de sección de la armadura o si aparecen fisuras en el recubrimiento de concreto.

### Calculo de la vida útil

La vida útil de una estructura afectada por corrosión de las armaduras será igual a la suma del periodo de iniciación y el periodo de propagación de la corrosión.

Para el caso de corrosión por carbonatación será:

$$t_L = t_i + t_p \rightarrow$$

$$t_L = (d/K_c)^2 + \frac{80}{\emptyset} \cdot \frac{d}{V_{corr}}$$

Culminando así con el método de estimación de vida útil residual. (pp. 69-75)

### 2.3. DEFINICION DE TERMINOS BASICOS

Dentro de los conceptos generales y definiciones se describe lo siguiente:

#### Durabilidad del concreto:

Según el ACI Committee 201 (2001) se define a la durabilidad del concreto de cemento Portland como su habilidad para resistir a la acción del clima, a los ataques químicos, a la abrasión o cualquier otro proceso de deterioración. El concreto durable deberá mantener su forma original, calidad y propiedades de servicio cuando este expuesto a las condiciones de medio ambiente donde se encuentra el proyecto de construcción.

#### Corrosión del acero de refuerzo:

Es un proceso electroquímico que provoca la degradación (oxidación) del acero en el concreto. Los factores que afectan a este fenómeno están asociados a las características del concreto, al medio ambiente y la disposición de las armaduras en los componentes estructurales afectados. Los daños por corrosión pueden afectar la capacidad portante de los componentes estructurales afectados, debidos fundamentalmente a la disminución de la sección transversal del acero de refuerzo, la pérdida de adherencia entre el acero y el concreto y a la fisuración de este. Así mismo, el progresivo deterioro de las estructuras por corrosión provoca desprendimientos de material que pueden comprometer la seguridad de las personas (Helene y Pereira, 2003, p.45).

#### Fenómeno de la carbonatación:

Según Emmons (2005); la carbonatación es una reacción entre gases ácidos en la atmosfera y los productos de la hidratación del cemento. El aire contiene CO<sub>2</sub> en baja concentración (0.03%); el CO<sub>2</sub> penetra en los poros del concreto por difusión y reacciona con el óxido de calcio disuelto en el H<sub>2</sub>O de los mismos poros. En consecuencia, la alcalinidad del concreto se reduce a un valor PH≈10; y pierde la protección del acero de refuerzo en el concreto. La pasividad de la capa protectora en el acero es destruida, cuando el acero es despasivado y el ambiente es ácido o ligeramente alcalino; empieza la corrosión si la humedad y el oxígeno ganan el acceso hacia el concreto. (p.15)

#### Penetración de cloruros:

Según Emmons (2005), los cloruros pueden introducirse al concreto cuando este entra en contacto con ambientes que los contienen, tales como agua de mar o sales descongeladas. La penetración depende de: la cantidad de cloruros en contacto, la permeabilidad del concreto, la cantidad de humedad presente. La concentración de cloruros en contacto con el acero causara corrosión cuando estén presentes humedad y oxígeno; a medida que avance la corrosión, las fuerzas de tensión generadas por la expansión generaran agrietamiento y delaminación. (p.12)

#### Espesor de recubrimiento:

Se define en el reglamento, como “la distancia entre la superficie exterior de la armadura (incluyendo estribos) y la superficie del concreto más cercana”. El espesor de esta capa de concreto es importante para

garantizar la protección de la armadura, dependiendo del ambiente al cual va a ser expuesto. Existen normas internacionales, donde se especifican los espesores adecuados de acuerdo al tipo de elemento estructural y la agresividad del ambiente (Alla, 2016, p.52).

### Vida Útil:

El concepto de vida útil de una estructura se puede sintetizar como: “Periodo en el que la estructura conserva los requisitos del proyecto sobre seguridad, funcionalidad y estética, sin costos inesperados de mantenimiento”. En otras palabras, si la estructura careciera de cualquiera de estas tres propiedades (seguridad, funcionalidad y estética), está ya sobrepasado el periodo de su vida útil; caber resaltar que se pueden manifestar dos tipos de vida útil:

**Vida Útil de Diseño**, que puede ser proyectada específicamente para una obra en particular o si se siguen las especificaciones de las normas y códigos.

**Vida Útil Real**, se manifiesta cuando se ha alcanzado un nivel crítico o inaceptable de deterioro en la estructura, tal que hace a esta inservible para el propósito para el que fue proyectada o diseñada.

Se dice que una estructura es “durable” cuando la Vida Útil Real igual o supera a la Vida Útil de Diseño, aplicando un razonable esfuerzo de mantenimiento, la Vida Útil Real puede prolongarse si se aplican providencias de mantenimiento preventivas o reparaciones, hasta que estas se hacen muy costosas o porque cambien los requisitos de servicio

de la estructura, momento en que la estructura debe ser reemplazada (Cerna y Galicia, 2010, p.06).

#### Vida Útil Residual:

De acuerdo con Paulo Helene, si durante la vida en servicio de una estructura se realiza una inspección, una evaluación y un diagnóstico (secuencialmente y en un corto periodo de tiempo), a partir de ellos, se puede entonces determinar con alguna aproximación la vida útil residual de la estructura. Por lo tanto, la vida útil residual corresponde al periodo de tiempo (contado a partir de la fecha de inspección), en que la estructura todavía es capaz de desempeñar sus funciones.

La inspección, la evaluación y el correspondiente diagnóstico, pueden ser efectuados en cualquier momento de la vida en uso de la estructura. Por lo tanto, ello puede generar distintas vidas residuales. Es decir que el plazo final puede ser tanto el límite del proyecto, como el límite de las condiciones de servicio, o el límite de fractura, dándose origen tres vidas útiles residuales (Sánchez, 2011, p.05).

## **CAPÍTULO III**

### **HIPÓTESIS**

#### **3.1. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS**

##### **3.1.1. HIPÓTESIS PRINCIPAL**

Se podrá mediante la aplicación del método semi-probabilístico, estimar el tiempo de vida útil residual de las 04 edificaciones afectadas por corrosión del CC. Mall Plaza Bellavista.

##### **3.1.2. HIPÓTESIS SECUNDARIAS**

1. Si las pruebas o ensayos a ejecutar son los correctos, entonces podre identificar el fenómeno de degradación predominante en las estructuras de concreto armado afectadas por corrosión.
2. Podre mediante la extracción de testigos diamantinos, obtener la resistencia de la compresión promedio



3. Si los ensayos y/o pruebas ejecutadas en el concreto son las adecuadas, entonces podrá determinar el tiempo de incubación residual en las estructuras afectadas por corrosión.
4. Podrá mediante la identificación del tipo de exposición de los elementos, calcular el tiempo de propagación de la corrosión en las estructuras de concreto armado.

### **3.2. VARIABLES**

#### **3.2.1. VARIABLES PRINCIPALES**

##### VARIABLE INDEPENDIENTE:

Método semi-probabilístico aplicado para identificar los fenómenos de degradación.

##### VARIABLE DEPENDIENTE:

Rango de tiempo de vida útil residual estimado para edificios afectados por corrosión.

#### **3.2.2. VARIABLES SECUNDARIAS**

##### VARIABLE INDEPENDIENTE N°1:

Ensayos o pruebas en el concreto.

##### VARIABLE DEPENDIENTE N°1:

Fenómeno de degradación predominante.

##### VARIABLE INDEPENDIENTE N°2:

Ensayos de extracción de testigos diamantinos.

VARIABLE DEPENDIENTE N°2:

Ensayo a compresión de testigos diamantinos.

VARIABLE INDEPENDIENTE N°3:

Determinación del coeficiente del tipo de proceso agresivo (carbonatación o penetración de cloruros).

VARIABLE DEPENDIENTE N°3:

Tiempo de incubación residual, hasta llegar al refuerzo.

VARIABLE INDEPENDIENTE N°4:

Clase de exposición según la ubicación de los elementos de concreto armado.

VARIABLE DEPENDIENTE N°4:

Tiempo de propagación de la corrosión.

### **3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES**

#### **3.3.1. VARIABLES PRINCIPALES**

VARIABLE INDEPENDIENTE:

Método Semi-probabilístico: Este método sería una combinación de los dos métodos anteriores, es un método semi-probabilista. Este método se usa para identificar los fenómenos de degradación de una forma analítica y a la vez controlarlos en proyecto a través de una planificación del mantenimiento.

<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>	<b>INDICADOR</b>	<b>ESCALA DE MEDICION</b>
Método Semi-probabilístico	Recubrimiento in situ	Centímetros
	Profundidad de carbonatación	Centímetros
	Contenido de cloruros	Ppm
	Resistencia a la compresión promedio	N/mm <sup>2</sup> o Kg/cm <sup>2</sup>
	Contenido de aire	%

**VARIABLE DEPENDIENTE:**

Rango de tiempo de vida útil residual: Es el valor estimado en un periodo de tiempo, considerado desde su última inspección hasta que la estructura de concreto armado sea capaz de desempeñar sus funciones.

<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>	<b>INDICADOR</b>	<b>ESCALA DE MEDICION</b>
Rango de tiempo de vida útil residual	Tiempo de incubación residual	Años
	Tiempo de propagación	Años

**3.3.2. VARIABLES SECUNDARIAS**

**VARIABLE INDEPENDIENTE N°1:**

Ensayos en el concreto endurecido: Son aquellas pruebas que permiten obtener características del elemento de estudio en su estado endurecido a partir de muestras obtenidas in situ.

<b>VARIABLE INDEPENDIENTE N°1</b>	<b>INDICADOR</b>	<b>ESCALA DE MEDICION</b>
Ensayos en el concreto endurecido	Profundidad de carbonatación	Centímetros
	Contenido de cloruros	ppm

VARIABLE DEPENDIENTE N°1:

Fenómeno de degradación predominante: Una estructura de concreto armado puede presentar dos fenómenos de degradación, sea por carbonatación o por contenido de cloruros; para seleccionar un modelo de estudio es necesario conocer los niveles de degradación.

<b>VARIABLE DEPENDIENTE N°1</b>	<b>INDICADOR</b>	<b>ESCALA DE MEDICION</b>
Fenómeno de degradación predominante	Grado de carbonatación y/o contenido de cloruros	Alto Medio Bajo

VARIABLE INDEPENDIENTE N°2:

Ensayo de extracción de testigos diamantinos: Es aquel ensayo en el cual se requiere obtener un testigo de concreto para su posterior evaluación, se realiza con una perforadora especializada con una broca diamantada donde es de vital importancia no toparse con los aceros de refuerzo para su correcta ejecución.

<b>VARIABLE INDEPENDIENTE N°2</b>	<b>INDICADOR</b>	<b>ESCALA DE MEDICION</b>
Ensayo de extracción de testigos diamantinos	Procedimiento de extracción de testigos diamantinos.	Normas NTP

VARIABLE DEPENDIENTE N°2:

Ensayo a compresión de testigos diamantinos: Este ensayo se ejecuta después de extraer un testigo diamantino de concreto, previo perfilado de los lados se procede a ensayar la muestra en una prensa para obtener su resistencia a la compresión.

<b>VARIABLE DEPENDIENTE N°2</b>	<b>INDICADOR</b>	<b>ESCALA DE MEDICION</b>
Ensayo a compresión de testigos diamantinos	Resistencia a la compresión promedio ( $f'_{ck}$ )	N/mm <sup>2</sup> o Kg/cm <sup>2</sup>

VARIABLE INDEPENDIENTE N°3:

Coefficiente del tipo de proceso agresivo: Dependiendo del resultado del fenómeno de degradación predominante se selecciona el modelo de estudio (carbonatación o contenido de cloruros), donde el coeficiente del proceso

agresivo se calcula mediante tablas mostradas en la norma EHE-08 según las características del elemento de estudio.

<b>VARIABLE INDEPENDIENTE N°3</b>	<b>INDICADOR</b>	<b>ESCALA DE MEDICION</b>
Coeficiente del tipo de proceso agresivo (Kc)	Resistencia media del concreto a compresión (f'cm)	N/mm <sup>2</sup> o Kg/cm <sup>2</sup>
	Coeficiente ambiental (Cenv)	Adimensional
	Coeficiente de contenido de aire	Adimensional
	Parámetros del tipo de conglomerantes (a, b)	Adimensional

VARIABLE DEPENDIENTE N°3:

Tiempo de incubación residual: Se dice de aquel periodo de tiempo en el cual los agentes agresivos penetran la estructura de concreto armado hasta llegar a despasivarlos.

<b>VARIABLE DEPENDIENTE N°3</b>	<b>INDICADOR</b>	<b>ESCALA DE MEDICION</b>
Tiempo de incubación residual	Recubrimiento in-situ	Centímetros
	Coeficiente del tipo de proceso agresivo (Kc)	Adimensional

**VARIABLE INDEPENDIENTE N°4:**

Clase de general de exposición: El tipo de exposición el cual depende de la ubicación de la estructura y sus condiciones ambientales concretas.

<b>VARIABLE INDEPENDIENTE N°4</b>	<b>INDICADOR</b>	<b>ESCALA DE MEDICION</b>
Clase general de exposición	Humedad relativa	%

**VARIABLE DEPENDIENTE N°4:**

Tiempo de propagación de la corrosión: Se dice de aquel periodo en el cual los refuerzos de las armaduras empiezan su proceso de corrosión activa hasta que se haya producido una pérdida de sección o por la aparición fisuras en el recubrimiento del concreto.

<b>VARIABLE DEPENDIENTE N°4</b>	<b>INDICADOR</b>	<b>ESCALA DE MEDICION</b>
Tiempo de propagación de la corrosión	Diámetro del refuerzo de acero	Milímetros
	Velocidad de corrosión	$\mu\text{m/año}$
	Recubrimiento in-situ	Milímetros

## **CAPÍTULO IV**

### **MÉTODO**

#### **4.1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

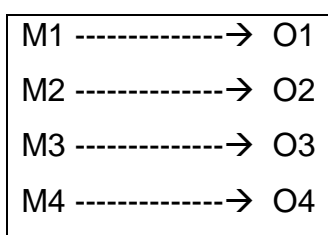
El diseño seleccionado a emplearse en el presente estudio, es del tipo Explicativo o experimental cuantitativa, es así como Hernández, Fernández y Baptista (2010), definen este tipo de investigación:

Los estudios exploratorios se realizan cuando el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado, del cual se tienen muchas dudas o no se ha abordado antes. Es decir, cuando la revisión de la literatura reveló que tan sólo hay guías no investigadas e ideas vagamente relacionadas con el problema de estudio, o bien, si deseamos indagar sobre temas y áreas desde nuevas perspectivas. Tal sería el caso de investigadores que pretendieran analizar fenómenos desconocidos o novedosos: una enfermedad de reciente aparición, una catástrofe ocurrida en un lugar donde nunca había sucedido algún desastre, inquietudes planteadas a partir del desciframiento del código genético humano y la clonación de seres vivos, una nueva propiedad observada en los hoyos negros del Universo, el surgimiento de un medio



de comunicación completamente innovador o la visión de un hecho histórico transformada por el descubrimiento de evidencia que antes estaba oculta.(p.121)

El diseño del presente estudio corresponde al siguiente esquema:



Donde:

M1, M2, M3, M4 representan cada una de las muestras:

**M1=** muestra de los elementos de concreto armado recolectados en el Edificio Casa Matriz.

**M2=** muestra de los elementos de concreto armado recolectados en el Edificio Gimnasio.

**M3=** muestra de los elementos de concreto armado recolectados en el Edificio Euroidiomas.

**M4=** muestra de los elementos de concreto armado recolectados en el Edificio Torre Medica.

O1, O2, O3, O4 es la información recabada en cada una de las muestras, las cuales serán comparadas pudiendo estas ser iguales, diferentes o semejantes respecto a la interpretación de resultados.

## **4.2. MATERIAL**

### **4.2.1. UNIDAD DE ESTUDIO**

La unidad en estudio es cada elemento de concreto armado en las 04 edificaciones afectadas por corrosión del C.C Mall Plaza Bellavista.

### **4.2.2. POBLACIÓN**

Conformado por todos los elementos de concreto armado en las 04 edificaciones afectadas por corrosión en el C.C. Mall Plaza Bellavista.

### **4.2.3. MUESTRA**

La muestra se seleccionará de forma dirigida tomando en cuenta las características de los elementos estructurales y la afectación existente en una edificación, consistiendo en lo siguiente:

- 07 columnas exteriores/interiores por nivel.
- 04 vigas exteriores/interiores por nivel.
- 02 paños de losa por nivel.

Los elementos estructurales a inspeccionar por nivel pueden variar dependiendo de la accesibilidad que el propietario conceda, de no poder inspeccionar todos los elementos en un nivel se completara en los demás niveles.

Considerando que sean 13 elementos de concreto armado por nivel. Si tenemos 04 edificaciones afectadas por corrosión, las cuales son: *Casa Matriz (04*

*niveles*), *Gimnasio (03 niveles)*, *Euroidiomas (02 niveles)* y *Torre Medica (05 niveles)* entonces obtenemos un total de 182 elementos de concreto armado.

## **4.3. METODOS**

### **4.3.1. Técnicas e instrumentos y/o fuentes de recolección de datos**

Las técnicas e instrumentos y/o fuentes de recolección de datos son los siguientes:

- Inspección preliminar (información general, influencias del medio ambiente, inspección visual).
- Elaboración de una ficha de recolección de datos de la estructura.
- Equipos de carbonatación y equipo para extracción de testigos.
- Elaboración de cuadro de información recabada (mediciones, pruebas y/o ensayos) en los elementos de cada edificación.
- Aplicación de normativa EHE-08: Anejo 9.
- Elaboración de cuadros estadísticos mediante la técnica de Datos Agrupados y No Agrupados.
- Elaboración de cuadros comparativos.

### **4.3.2. Validación de los instrumentos por juicio de expertos**

Los instrumentos utilizados son validados en su totalidad por la normativa de la Instrucción Española de Hormigón Estructural EHE-08 según el Anejo 9° de consideraciones adicionales sobre durabilidad enfocado a la vida útil residual de las estructuras de concreto armado.

### **4.3.3. Técnicas de procesamiento de datos**

Las técnicas de procesamiento de datos son las siguientes:

- Coordinación con los propietarios de C.C. Mall Plaza Bellavista para el acceso a las edificaciones.
- Contacto con los propietarios de cada establecimiento para la ejecución de labores de inspección y evaluación.
- Aplicación de las fichas de inspección visual, acompañado de un registro fotográfico.
- Ejecución de labores de auscultación (mediciones, calibración, etc.)
- Ejecuciones de pruebas y/o ensayos (carbonatación, contenido de cloruros y extracción de testigos diamantinos).
- Ejecución de labores de resanes y/o reparación mediante morteros especiales.

### **4.3.4. Técnicas de análisis e interpretación de la información**

Para el análisis e interpretación de resultados, utilizaremos aspectos de la Estadística Descriptiva mediante la técnica de Datos Agrupados y No Agrupados, y se visualizarán de forma más organizada mediante un Histograma y gráficos de barras o circulares.

## **CAPÍTULO V**

### **CASO DE APLICACIÓN**

En el siguiente capítulo se describirán los ensayos y/o pruebas que se realizaron a los elementos de concreto armado en los edificios afectados por corrosión, posteriormente se explicara la aplicación del método semi-probabilístico recomendado por la Instrucción Española de Hormigón Armado EHE-08 para la estimación del tiempo de vida útil residual donde finalmente se evaluaran los datos obtenidos.

#### **5.1. DESCRIPCION DEL CASO**

##### **5.1.1. ANTECEDENTES**

El presente estudio, tiene como objetivo analizar la estimación de vida útil residual de 04 edificios pertenecientes al Mall Bellavista, denominados (Casa Matriz, Gimnasio, Euroidiomas y Torre Medica) afectados por corrosión. Estas edificaciones son edificios antiguos pertenecientes a la ex fábrica de la Cervecería Backus, construidos a partir de la década de los 60s, los cuales han sido remodelados por el propietario, para implementar oficinas y locales en el Centro Comercial Mall Bellavista.

Para poder realizar esta investigación la Gerencia del CC Mall Aventura Plaza, brindo la siguiente información preliminar:

- Informe del Instituto de Corrosión y Protección de la PUCP (ICP-PUCP) por la inspección, evaluación y el diagnóstico del estado de corrosión del acero de refuerzo de estructuras de concreto armado del edificio Torre Medica - Gamarrita, realizado en febrero del año 2016.
- Informe técnico 073-2016, de la empresa ABB INGENIEROS E.I.R.L. sobre las reparaciones realizadas en el edificio denominado Gamarrita, de fecha setiembre del año 2016, este edificio es adyacente y similar en características al edificio Torre Medica.
- Informe de Mapeo de inspección y reparación de las estructuras realizado por parte de EC PROJECTS, ingenieros en el edificio denominado Gamarrita, en los niveles 1,2 3 y 4, año 2016 y 2017
- Informe de Constructora RF SAC, de las reparaciones realizadas en columnas y vigas del tercer nivel del Edificio denominado Gamarrita, ejecutado bajo la dirección de ABB INGENIEROS EIRL, durante el año 2013.

### 5.1.2. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

La metodología para la presente investigación se sustenta en los procedimientos de inspección y evaluación de las estructuras de concreto armado afectadas por corrosión, para esto es de vital importancia conocer las etapas de una inspección:

- i. Inspección preliminar
  - Información general
  - Influencia del medio ambiente
  - Revisión del proyecto original
  - Inspección visual de la estructura
  - Auscultación de la estructura
- ii. Inspección profunda
  - Selección de zonas para inspección detallada/ Plan de muestreo.
  - Selección de técnicas de ensayo/ medición/ análisis.
  - Ejecución de ensayos/ mediciones/ análisis (concreto y armadura).
  - Evaluación de resultados.

Dadas las etapas de una inspección, se deben seleccionar los ensayos y mediciones adecuados, para el caso en particular tenemos:

- Extracción de corazones diamantinos.
- Resistencia a la compresión del concreto.
- Espesor del recubrimiento de concreto.
- Contenido de iones cloruro.
- Profundidad de carbonatación.
- Del acero: posición, numero, diámetro, pérdidas de sección.

Finalmente, de los resultados obtenidos en la inspección preliminar y profunda se procede a aplicar la normativa de la instrucción española de hormigón estructural EHE-08 para las condiciones adicionales de durabilidad el "Anejo 9° donde muestra el método semi-probabilístico para estimar la vida útil residual de estructuras de concreto armado.

### 5.1.3. ALCANCES DE LA INVESTIGACION

El Alcance comprende estudiar el estado de conservación, y determinar el tiempo probable de vida útil residual, de cada edificación, esto es posible determinar, en base a estudios recientes sobre la durabilidad del concreto armado, este material se deteriora en el tiempo, por efectos de la velocidad de corrosión de las armaduras de refuerzo. La lista de los 04 edificios a inspeccionar, son los siguientes:

**Tabla 1**

*Tabla de datos de los 04 edificios afectados por corrosión - Mall Bellavista.*

<b>Id</b>	<b>Nombre</b>	<b>Pisos</b>	<b>Área por planta (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Antigüedad (*) (años)</b>
1	Casa Matriz	04 niveles	3800	70 – 80s
2	Gimnasio	03 niveles	470	70 – 80s
3	Euroidiomas	02 niveles	1250	70 – 80s
4	Torre Medica	05 niveles	1800	60 – 70s

(\*) La antigüedad de cada edificación es aproximada, ya que el propietario no cuenta con esta información.



**Fotografía N°1.** Ubicación de los 04 edificios a inspeccionar -Mall Bellavista.





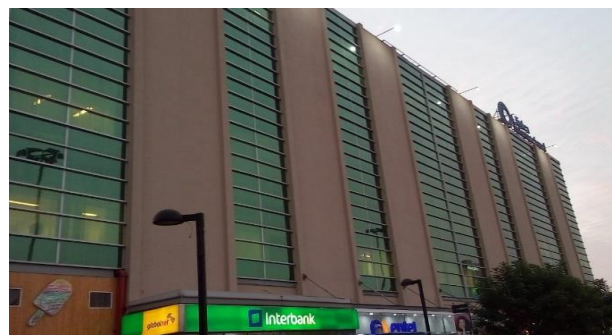
**Fotografía N°2.** Vista Panorámica de Edificio "Casa Matriz".



**Fotografía N°3.** Vista Panorámica de Edificio "Gimnasio".



**Fotografía N°4.** Vista Panorámica de Edificio "Euroidiomas".



**Fotografía N°5.** Vista Panorámica de Edificio "Torre Medica".

#### 5.1.3.1. *Labores realizadas en el presente estudio*

Entre las labores realizadas en el presente estudio, podemos dividirlo de la siguiente manera: Labores de campo y Ensayos de laboratorio.

- Labores de campo
  - Movilización de equipos, herramientas y personal técnico y obrero.
  - Instalación de sistema de andamios para los trabajos de inspección.

- Levantamiento de información mediante un formato de recolección de datos en diferentes elementos estructurales de concreto armado, tales como, vigas, columnas, losas.
  - Corte con disco de concreto con un espesor de aprox. 7 cm para una sección de 30x30 cm en cada elemento de concreto armado.
  - Picados puntuales hasta llegar al acero de refuerzo donde se calibrará el diámetro para verificar que no hayan perdido su sección original.
  - Escaneo preliminar para detectar la ubicación de los refuerzos de acero en cada elemento de estudio.
  - Extracción de 09 testigos (03 columnas, 03 vigas y 03 losas) por edificación mediante una perforadora diamantina según la NTP 339.034.
  - Extracción de 03 muestras de concreto (01 columna, 01 viga y 01 losa) de aproximadamente 500 gramos.
  - Pruebas del concreto in-situ: se realizarán pruebas de carbonatación (03 puntos por cada elemento), para determinar el estado de conservación actual según el ASTM-D1293.
  - Resane a nivel de casco en los puntos de intervención mediante un mortero de reparación ( $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ ).
  - Trabajos de pintura de base blanca en puntos de intervención.
- Ensayos de laboratorio
- Prueba de contenido de cloruros según el ASTM-D3370.
  - Ensayo de compresión de corazones diamantinos según la NTP 339.059.

#### 5.1.3.2. *Materiales, Equipos y Herramientas Utilizados*

Para el presente estudio se utilizaron los siguientes recursos:

- Materiales
- Sikarep. Mortero
  - Cemento Portland.
  - Agregados

- Concreto Fácil
  - Sikadur 32.
  - Encofrado fenólico.
  - Sacos de desmante.
  - Tizas y plumones.
  - Temple, yeso cerámico.
- Herramientas
- Flexómetros.
  - Cámara fotográfica.
  - Escalera metálica.
  - Combas y cincel.
  - Lampas, picos y puntas.
  - Brochas y rodillos.
  - Andamios.
- Equipos
- Escáner detector de armaduras.
  - Vernier digital.
  - Equipo de carbonatación.
  - Equipo perforador de diamantinas.
  - Martillo Perforador.
  - Amoladora.
  - Rotomartillo.
  - Taladro.
- Otros
- Laboratorio certificado.
  - Laptop con software de ingeniería (AutoCAD y Microsoft Excel).
  - Bibliografía.
  - Accesorios de librería.

## 5.2. DESARROLLO DEL CASO

Para el desarrollo del presente caso, se agruparán los aspectos de estudio en función de los 04 edificios afectados por corrosión: Casa Matriz, Gimnasio, Euroidiomas y Torre Medica.

### 5.2.1. Información general

La información general de los edificios se completó mediante el Formato N°1 – Recolección de datos, donde nos muestra la información básica de la edificación, el formato es el siguiente:

#### I. Edificio Casa Matriz (E-01)

##### Cuadro 7

*Cuadro formato N°1 de información general – Edificio Casa Matriz.*

FORMATO N°1	
RECOLECCION DE DATOS - INFORMACION GENERAL	
<b>1.-IDENTIFICACIÓN Y UBICACIÓN</b>	
Nombre de edificio: CASA MATRIZ	Dirección: Av. Oscar R. Benavides cda. 38
Tipo de estructura: Sistema Aporticado	Región: Callao
Codigo: E-01	Provincia: Callao
Ubicación/Sector: Zona posterior del Mall Bellavista.	Distrito: Bellavista
Material de constr. predominante: Concreto armado y cobertura metalica.	
<b>2.-DATOS GENERALES</b>	
Numero de pisos: 01 sotano + 03 niveles	
Longitud Total: 110 mts.	
Ancho total: 35 mts.	
Altura total: 18 mts.	
Tipo de servicio: Estacionamiento (1° sotano) y Call Center (1° al 3° piso)	
Año de construcción: Entre los años 70's y 80's.	
Condiciones ambientales: El edificio se encuentra ubicado aproximadamente a 3km del oceano pacifico, no presenta medios agresivos de consideracion.	

(\*) Fuente: Propia.

## II. Edificio Gimnasio (E-02)

### Cuadro 8

Cuadro de formato N°1 información general – Edificio Gimnasio.

FORMATO N°1	
RECOLECCION DE DATOS - INFORMACION GENERAL	
<b>1.-IDENTIFICACIÓN Y UBICACIÓN</b>	
Nombre de edificio: GIMNASIO	Dirección: Av. Oscar R. Benavides cda. 38
Tipo de estructura: Sistema Aporticado	Región: Callao
Codigo: E-02	Provincia: Callao
Ubicación/Sector: Extremo oeste del Mall Bellavista.	Distrito: Bellavista
Material de constr. predominante: Concreto armado y estructura metalica.	
<b>2.-DATOS GENERALES</b>	
Numero de pisos: 03 niveles	
Longitud Total: 33 mts.	
Ancho total: 16 mts.	
Altura total: 9 mts.	
Tipo de servicio: Gimnasio (1° al 3° piso)	
Año de construcción: Entre los años 70's y 80's.	
Condiciones ambientales: El edificio se encuentra ubicado aproximadamente a 3km del oceano pacifico, no presenta medios agresivos de consideracion.	

(\*) Fuente: Propia.

## III. Edificio Euroidiomas (E-03)

### Cuadro 9

Cuadro de formato N°1 información general – Edificio Euroidiomas.

FORMATO N°1	
RECOLECCION DE DATOS - INFORMACION GENERAL	
<b>1.-IDENTIFICACIÓN Y UBICACIÓN</b>	
Nombre de edificio: EUROIDIOMAS	Dirección: Av. Oscar R. Benavides cda. 38
Tipo de estructura: Sistema Aporticado	Región: Callao
Codigo: E-03	Provincia: Callao
Ubicación/Sector: Extremo oeste del Mall Bellavista.	Distrito: Bellavista
Material de constr. predominante: Concreto armado.	
<b>2.-DATOS GENERALES</b>	
Numero de pisos: 02 niveles	
Longitud Total: 33 mts.	
Ancho total: 16 mts.	
Altura total: 9 mts.	
Tipo de servicio: Concesionario de autos (1° piso) y Instituto de idiomas (2° piso)	
Año de construcción: Entre los años 70's y 80's.	
Condiciones ambientales: El edificio se encuentra ubicado aproximadamente a 3km del oceano pacifico, no presenta medios agresivos de consideracion.	

(\*) Fuente: Propia.

#### IV. Edificio Torre Medica (E-04)

##### Cuadro 10

Cuadro de formato N°1 información general – Edificio Torre Medica.

FORMATO N°1	
RECOLECCION DE DATOS - INFORMACION GENERAL	
<b>1.-IDENTIFICACIÓN Y UBICACIÓN</b>	
Nombre de edificio: TORRE MEDICA	Dirección: Av. Oscar R. Benavides cda. 38
Tipo de estructura: Sistema Dual (Porticos y Muros)	Región: Callao
Código: E-04	Provincia: Callao
Ubicación/Sector: Extremo oeste del Mall Bellavista.	Distrito: Bellavista
Material de constr. predominante: Concreto armado.	
<b>2.-DATOS GENERALES</b>	
Numero de pisos: 05 niveles	
Longitud Total: 75 mts.	
Ancho total: 24 mts.	
Altura total: 22.5 mts.	
Tipo de servicio: Restaurantes (1° piso), Clinica (2° y 3°piso), Call Center (5°piso).	
Año de construcción: Entre los años 60's y 70's.	
Condiciones ambientales: El edificio se encuentra ubicado aproximadamente a 3km del oceano pacifico, por su uso anterior (Fabrica de cerveceria) presentan algunos agentes agresivos (residuos quimicos).	

(\*) Fuente: Propia.

#### 5.2.2. Influencia del medio ambiente

La influencia del medio ambiente es fundamental debido a que según la ubicación de los edificios a evaluar se tomaran referencias de la humedad relativa, la temperatura, la presencia de sustancias agresivas, condiciones de exposición, etc.

El centro comercial Mall Bellavista está ubicado en el distrito de Bellavista, provincia del callao aproximadamente a 3 km del océano pacifico. La temperatura promedio oscila entre los 17 a 25 °C (Ver Cuadro 11) mientras que la humedad relativa promedio por lo general es mayor al 80%.

**Cuadro 11***Cuadro de temperatura y humedad relativa del Callao en el año 2017.*

Año 2017	Temperatura (°C)			Humedad Relativa (%)
	Promedio	Maximo	Minimo	Promedio
<b>Enero</b>	24.0	31.0	18.0	85%
<b>Febrero</b>	25.0	30.0	22.0	86%
<b>Marzo</b>	23.5	29.0	19.0	87%
<b>Abril</b>	22.0	27.5	20.0	90%
<b>Mayo</b>	20.5	26.0	16.5	91%
<b>Junio</b>	18.5	21.5	16.0	85%
<b>Julio</b>	17.5	20.0	15.0	84%
<b>Agosto</b>	18.0	20.5	16.0	83%
<b>Setiembre</b>	17.5	21.0	14.0	86%
<b>Octubre</b>	18.5	22.0	14.5	82%
<b>Noviembre</b>	20.0	23.5	16.0	84%
<b>Diciembre</b>	21.0	25.0	17.0	86%

(\*) Fuente: Senamhi.

En la actualidad, las edificaciones no se encuentran expuestas a sustancias agresivas debido a su uso.

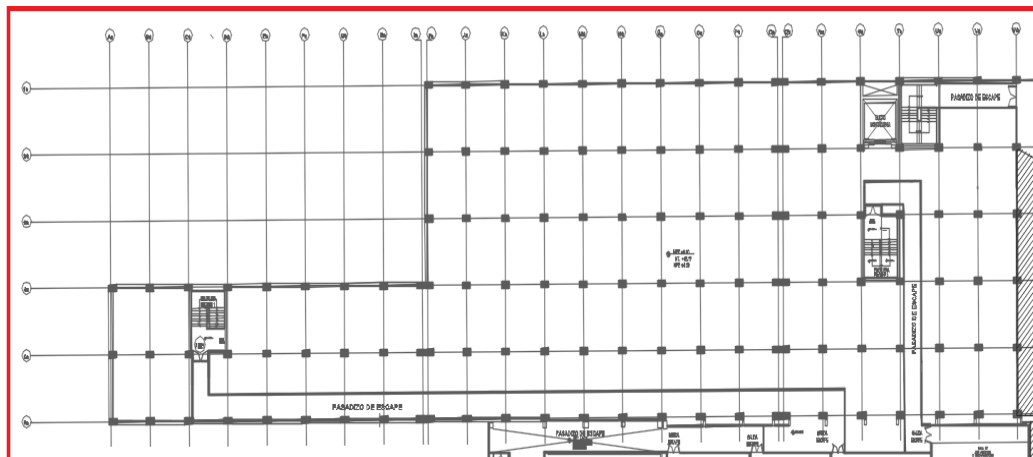
### **5.2.3. Revisión del proyecto original**

La revisión del proyecto original, se lleva a cabo con el fin de verificar los planos y especificaciones técnicas estén en concordancia con lo que se encuentra construido, se hace necesario de disponer de los siguientes documentos: Estudio de suelos, memorias de cálculo de la estructura, planos estructurales, especificaciones de materiales, planos de arquitectura e instalaciones.

El propietario nos proporcionó la siguiente información para cada edificio:

#### **I. Edificio Casa Matriz (E-01)**

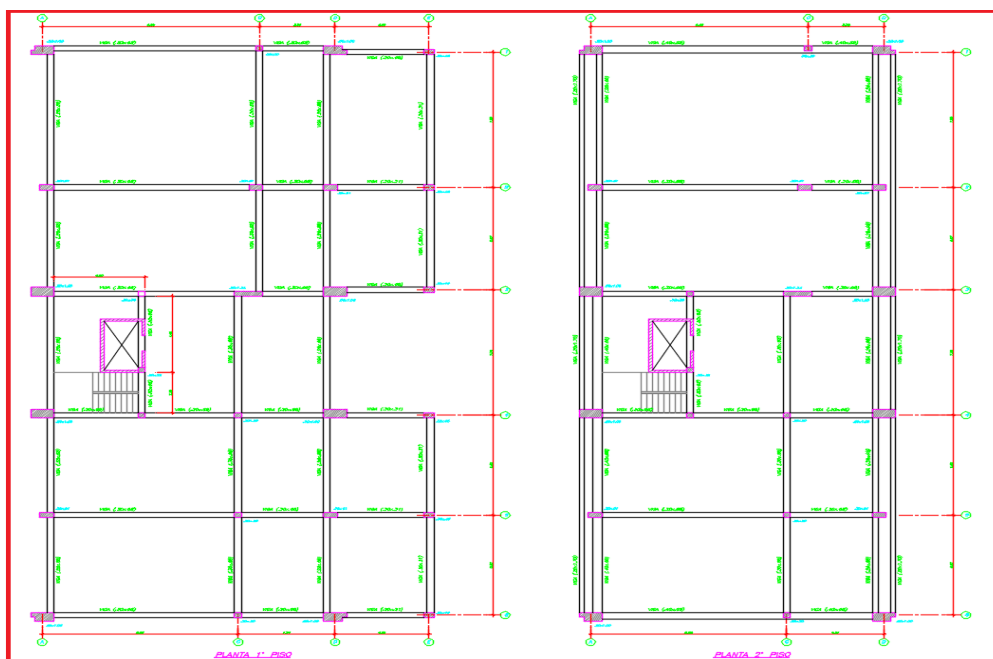
- Plano general de vista en planta (un nivel).



**Figura 6.** Plano general de vista en planta – Edificio Casa Matriz.

## II. Edificio Gimnasio (E-02)

- Plano general de vista en planta (un nivel).
- Planos de levantamiento estructural.

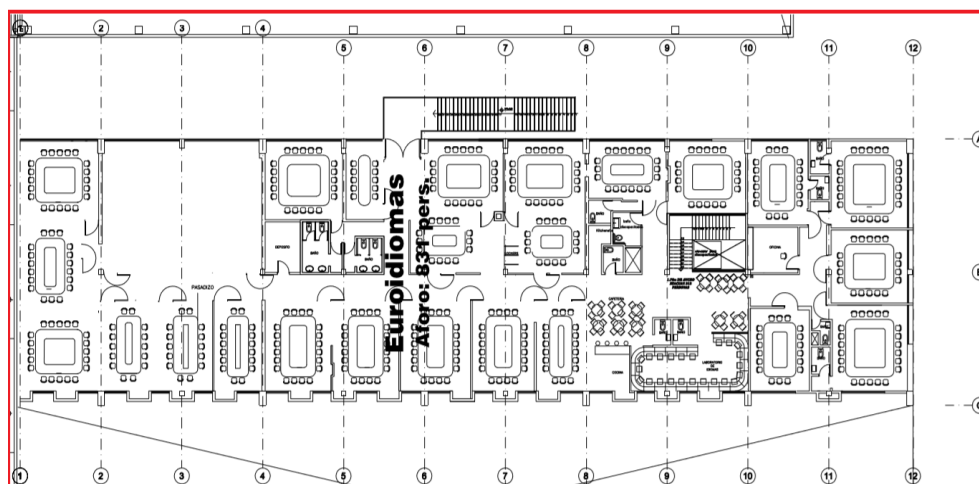


**Figura 7.** Plano de levantamiento estructural – Edificio Gimnasio.



### III. Edificio Euroidiomas (E-03)

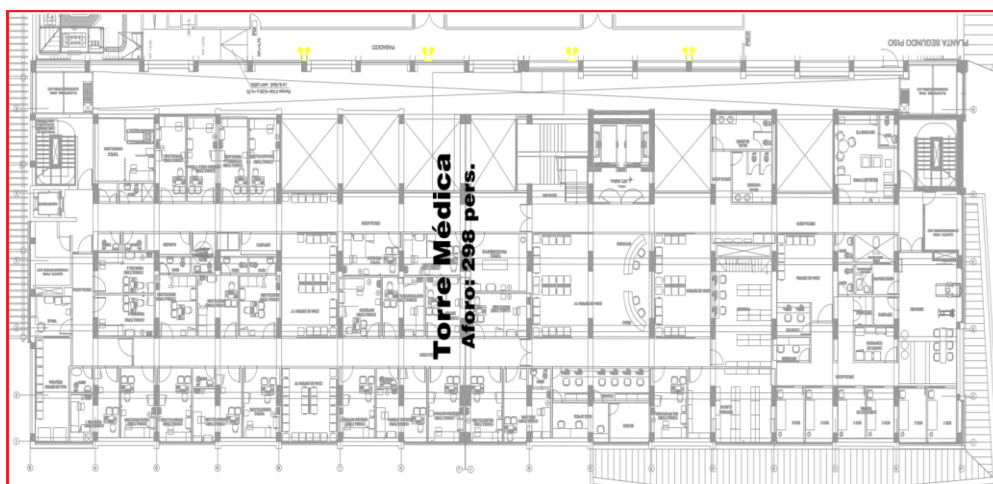
- Plano general de vista en planta (un nivel).



**Figura 8.** Plano general de vista en planta – Edificio Euroidiomas.

### IV. Edificio Euroidiomas (E-04)

- Plano general de vista en planta (un nivel).
- PUCP Informe 030-2016: Inspección, evaluación y diagnóstico de corrosión del refuerzo en estructuras de concreto armado.



**Figura 9.** Plano general de vista en planta – Edificio Torre Médica.

#### **5.2.4. Inspección visual de la estructura**

Se recomienda que la inspección visual de la estructura se lleve a cabo una vez hayan culminado las fases de revisión del proyecto e influencia del medio ambiente, pues la visita de inspección a la estructura debe basarse en la información recogida.

Como el objetivo principal de la inspección preliminar es determinar la naturaleza y extensión de los problemas observados, e identificar los miembros afectados, por lo tanto, mediante esta inspección visual se pretende hacer un registro lo más completo posible de daños, en los cuales se pueden identificar daños como los siguientes:


- Desplomes
- Desalineaciones,
- Fisuras estructurales y no estructurales
- Deflexiones
- Fracturas
- Delaminación de concreto
- Decoloración y manchado
- Eflorescencias
- Lixiviación
- Corrosión del acero de refuerzo y otros.

Para efectos de nuestra investigación se implementó el formato N°2 de recolección de datos para la inspección visual, en el cual se pueden identificar la descripción de los daños, su extensión y su calificación (0 al 5, desde muy bueno a pésimo).

## I. Edificio Casa Matriz (E-01)

### Cuadro 12

Cuadro de formato N°2 de recolección de datos – Edificio Casa Matriz.

FORMATO N°2					
RECOLECCION DE DATOS - INSPECCIÓN VISUAL					
Nombre de edificio: CASA MATRIZ			Número de pisos: 01 sotano + 03 pisos		
Provincia: Callao			Año de construcción: 70's - 80's		
Distrito: Bellavista			Fecha: 12-06-17		
CONDICIÓN DE LOS ELEMENTOS INSPECCIONADOS					
NRO.	DESCRIPCIÓN	METRADO	UND.	CALIFICACIÓN	OBSERVACIONES
1	Presencia de corrosión expuesta en parte inferior de columna - Sotano	0.80 x 0.50	m2	4	Columna exterior que no forma parte del casco estructural
2	Presencia de corrosión en parte inferior de columna - Sotano	0.50 x 0.50	m2	2	Columna C-1 de los elementos inspeccionados, el acero no ha perdido más del 10% de su sección.
3	Presencia de agentes agresivos debido a los residuos orgánicos de palomas (excremento de aves) - 3° Piso.	1.00	glb	2	El área abarca desde los ejes C-F/1-10, la cual se encuentra inhabilitada.
<b>COMENTARIOS:</b>				<b>CALIFICACIÓN:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>No se aprecian daños mayores en los elementos de concreto (agrietamiento, delaminaciones, corrosión severa en áreas considerables, etc.)</li> <li>Las barras corrugadas aún conservan su sección original.</li> <li>En el tercer nivel, hay zonas expuestas al medio ambiente, (brisa y humedad) en la cual además se ha convertido en refugio de palomas, los residuos de estas aves y el intemperismo son agentes muy agresivos, que deben ser mitigados.</li> <li>Por disposición del propietario, el acceso para el primer nivel del edificio "Casa Matriz" se mantuvo restringido durante toda la etapa de las labores en campo.</li> </ul>				Muy bueno: 0	
				Bueno: 1	
				Regular: 2	
				Malo: 3	
				Muy Malo: 4	
				Pesimo: 5	
<b>FECHA DE INSPECCIÓN:</b> 10/06/2017					
<b>INSPECTOR:</b> Jorge Antonio Mucching Toscano					
				<b>FIRMA</b>	

(\*) Fuente: Propia.



**Fotografía N°6.** Presencia de corrosión expuesta en parte inferior de columna Sótano – Casa Matriz.




**Fotografía N°7.** Presencia de residuos orgánicos en contacto permanente con columnas 3° Nivel – Casa Matriz.

## II. Edificio Gimnasio (E-02)

### Cuadro 13

Cuadro de formato N°2 de recolección de datos – Edificio Gimnasio.

FORMATO N°2					
RECOLECCION DE DATOS - INSPECCIÓN VISUAL					
Nombre de edificio: GIMNASIO			Número de pisos: 03 pisos		
Provincia: Callao			Año de construcción: 70's - 80's		
Distrito: Bellavista			Fecha: 16-06-17		
CONDICIÓN DE LOS ELEMENTOS INSPECCIONADOS					
NRO.	DESCRIPCIÓN	METRADO	UND.	CALIFICACIÓN	OBSERVACIONES
1	Presencia de fisuras con espesor menor a 0.4 mm en vigas - 1° Piso.	6.40	ml	2	Ocho fisuras de 0.80 m a lo largo de la viga V-5, producidas por contracción.
2	Presencia de fisuras con espesor menor a 0.4 mm en vigas - 1° Piso.	8.00	ml	2	Diez fisuras de 0.80 m a lo largo de la viga V-6, producidas por contracción.
3	Presencia de corrosión expuesta en parte inferior de columna - 1° piso	0.40 x 0.40	m2	2	Columna C-3 de los elementos inspeccionados, el acero no ha perdido mas del 10% de su sección.
<b>COMENTARIOS:</b>				<b>CALIFICACIÓN:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>No se aprecian daños mayores en los elementos de concreto (agrietamiento, delaminaciones, corrosión severa en áreas considerables, etc.)</li> <li>Existen elementos con corrosión moderada puntual.</li> <li>Las barras corrugadas aún conservan su sección original.</li> </ul>				Muy bueno: 0	
				Bueno: 1	
				Regular: 2	
				Malo: 3	
				Muy Malo: 4	
				Pesimo: 5	
<b>FECHA DE INSPECCIÓN:</b>		14/06/2017			
<b>INSPECTOR:</b>		Jorge Antonio Mucching Toscano		 <b>FIRMA</b>	

(\*) Fuente: Propia.




**Fotografía N°8.** Presencia de corrosión expuesta en parte inferior de columna Fachada – Gimnasio.

**Fotografía N°9.** Fisuras en vigas con espesor menor a 0.4 mm del 1º Nivel - Gimnasio.

### III. Edificio Euroidiomas (E-03)

#### Cuadro 14

Cuadro de formato N°2 de recolección de datos – Edificio Euroidiomas.

FORMATO N°2						
RECOLECCION DE DATOS - INSPECCIÓN VISUAL						
Nombre de edificio: EUROIDIOMAS				Número de pisos: 02 pisos		
Provincia: Callao				Año de construcción: 70's - 80's		
Distrito: Bellavista				Fecha: 20-06-17		
CONDICIÓN DE LOS ELEMENTOS INSPECCIONADOS						
NRO.	DESCRIPCIÓN	METRADO	UND.	CALIFICACIÓN	OBSERVACIONES	
1	Presencia de grietas con espesor mayor a 1 cm en columna - 1º Piso.	0.75	ml	3	Columna C-5 de los elementos inspeccionados, grieta debido a la corrosión del acero de refuerzo.	
<b>COMENTARIOS:</b>				<b>CALIFICACIÓN:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>No se aprecian daños mayores en los elementos de concreto (agrietamiento, delaminaciones, corrosión severa en áreas considerables, etc.)</li> <li>Existen elementos con agrietamiento por presunta corrosión.</li> <li>Las barras corrugadas aún conservan su sección original.</li> </ul>				Muy bueno: 0		
				Bueno: 1		
				Regular: 2		
				Malo: 3		
				Muy Malo: 4		
				Pesimo: 5		
<b>FECHA DE INSPECCIÓN:</b>		18/06/2018				
<b>INSPECTOR:</b>		Jorge Antonio Mucching Toscano				

(\*) Fuente: Propia.




**Fotografía N°10.** Agrietamiento con espesor mayor a 1cm en columna del 1° Nivel - Euroidiomas.

#### IV. Edificio Torre Medica (E-04)

##### Cuadro 15

Cuadro de formato N°2 de recolección de datos – Edificio Torre Medica.

FORMATO N°2					
RECOLECCION DE DATOS - INSPECCIÓN VISUAL					
Nombre de edificio: TORRE MEDICA			Número de pisos: 05 pisos		
Provincia: Callao			Año de construcción: 60's - 70's		
Distrito: Bellavista			Fecha: 26-06-17		
CONDICIÓN DE LOS ELEMENTOS INSPECCIONADOS					
NRO.	DESCRIPCIÓN	METRADO	UND.	CALIFICACIÓN	OBSERVACIONES
1	Presencia de corrosión expuesta localizada en losa maciza - 1° Piso.	1.20 x 1.40	m2	4	Losa Maciza L-9 de los elementos inspeccionados, el acero ha perdido más del 10%
2	Presencia de agentes agresivos debido a los residuos orgánicos de palomas (excremento de aves) - 1° Piso.	1.00	glb	2	El área abarca desde los ejes B-P/5-6, la cual se encuentra inhabilitada.
3	Presencia de fisuras con espesor menor a 0.4 mm en vigas - 2° Piso.	6.00	ml	2	Una fisura de 6.00 m a lo largo de la viga V-15, producida por una junta de vaciado.
4	Presencia de reparaciones deficientes en fondo de vigas - 2° Piso.	1.00	glb	3	El área abarca desde los ejes C-F/4-6, la cual está por encima de un falso cielo.
5	Presencia de fisuras con espesor menor a 0.4 mm en vigas - 3° Piso.	6.00	ml	2	Una fisura de 6.00 m a lo largo de la viga V-15, producida por una junta de vaciado.
6	Presencia de reparaciones deficientes en fondo de vigas - 3° Piso.	1.00	glb	3	El área abarca desde los ejes C-F/4-6, la cual está por encima de un falso cielo.

7	Presencia de corrosión expuesta localizada en losa maciza - 4° Piso.	1.50 x 1.80	m2	4	Losa Maciza L-1 de los elementos inspeccionados, el acero ha perdido mas del 10%
8	Presencia de corrosión expuesta localizada en losa maciza - 4° Piso.	1.65 x 2.00	m2	4	Losa Maciza L-3 de los elementos inspeccionados, el acero ha perdido mas del 10%
9	Presencia de corrosión expuesta localizada en columna - 4° Piso.	1.50 x 1.80	m2	4	Columna C-9 de los elementos inspeccionados, el acero ha perdido mas del 10% de su
10	Presencia de corrosión expuesta localizada en columna - 4° Piso.	1.65 x 2.00	m2	4	Columna C-10 de los elementos inspeccionados, el acero ha perdido mas del 10% de su
11	Presencia de agentes agresivos debido a los residuos organicos de palomas (excremento de aves) - 4° Piso.	1.00	glb	2	El area abarca desde los ejes A-Q/1-5, la cual se encuentra inhabilitada.
12	Presencia de reparaciones deficientes en fondo de vigas - 4° Piso.	1.00	glb	3	El area abarca desde los ejes A-Q/1, donde la mayoría presenta desprendimiento del concreto.
13	Presencia de agrietamiento critico (e>1.00 cm) y corrosión severa en vigas - 4° Piso.	1.00	glb	4	El area abarca desde los ejes A-Q/1, donde el 30% de su area se encuentra afectada.
<b>COMENTARIOS:</b>					<b>CALIFICACIÓN:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presencia de corrosión moderada en áreas considerables de losas macizas.</li> <li>• Existen elementos con intervenciones anteriores, los cuales ya empiezan a mostrar deficiencias.</li> <li>• Esta edificación fue parte de la zona de producción de la fábrica de cerveza, el concreto de las losas y vigas presentan señales de corrosión por los agentes contaminantes y corrosivos de esta antigua planta cervecera.</li> <li>• Se ha verificado que existen diferentes zonas con trabajos de rehabilitación previos, muchas losas se han demolido y han sido reemplazadas por el sistema de vigas de acero y losas colaborantes.</li> <li>• Presencia de agrietamiento critico en fondo de vigas.</li> <li>• Las barras corrugadas presentan oxidación moderada - avanzada, hay señales de pérdida de sección con respecto a la original.</li> <li>• Presencia de corrosión moderada en vigas reparadas en etapa anterior.</li> </ul>					Muy bueno: 0 Bueno: 1 Regular: 2 Malo: 3 Muy Malo: 4 Pesimo: 5
<b>FECHA DE INSPECCIÓN:</b> 24/06/2018					
<b>INSPECTOR:</b> Jorge Antonio Mucching Toscano					
					<b>FIRMA</b>

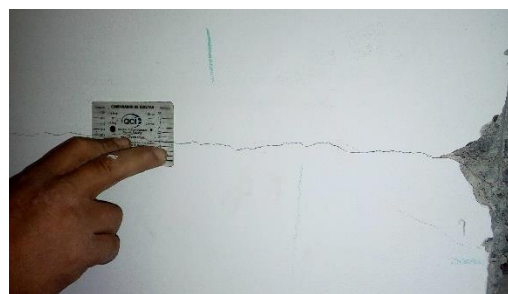
(\*) Fuente: Propia.



**Fotografía N°11.** Presencia de corrosión expuesta en losa maciza 4° nivel – Torre Medica.



**Fotografía N°12.** Presencia de corrosión expuesta en losa maciza 1° nivel – Torre Medica.



**Fotografía N°13.** Agrietamiento con  $e > 1\text{cm}$  en parte inferior de viga 4° nivel – Torre Medica.

**Fotografía N°14.** Fisuración con  $e < 0.4\text{ mm}$  en caja de ascensores 3° nivel – Torre Medica.




### 5.2.5. Muestreo de elementos inspeccionados

En el presente ítem se detalla el muestreo de los elementos inspeccionados en cada edificación.

#### I. Edificio Casa Matriz (E-01)

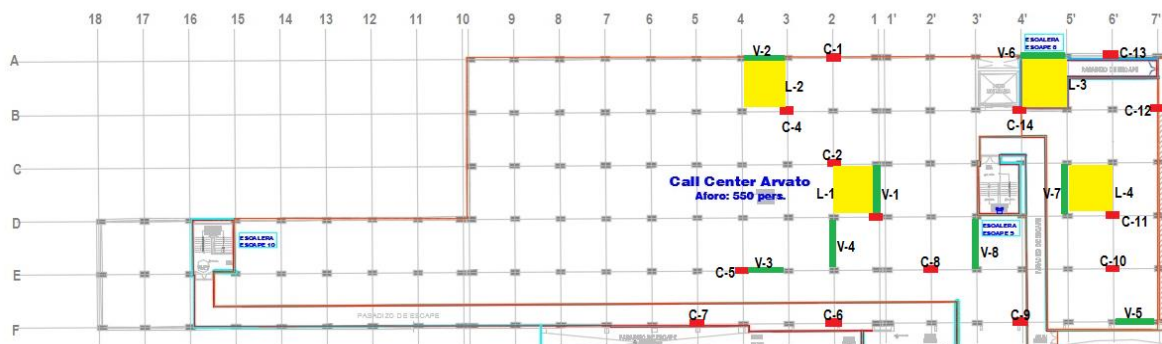
**Tabla 2**

*Tabla de distribución de elementos inspeccionados por nivel – Casa Matriz.*

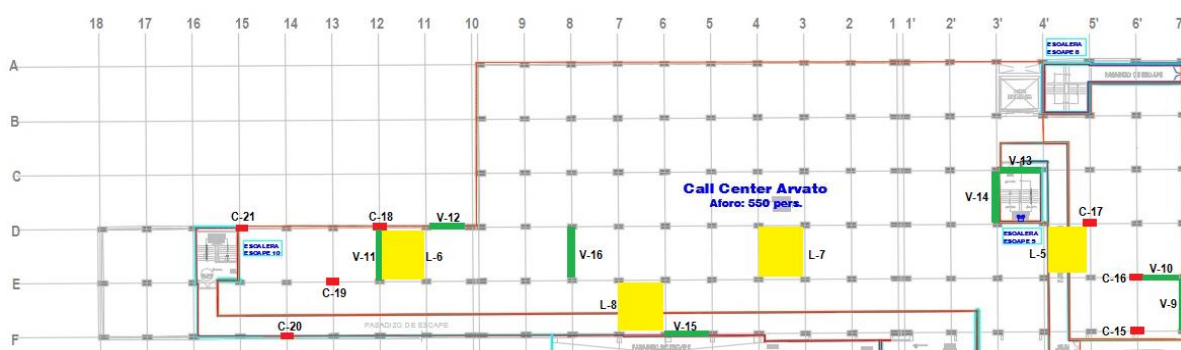
Nivel	Columnas 	Vigas 	Losas 	Total
Sótano	14	8	4	26
2° Piso	7	8	4	19
3° Piso	7	-	-	7
<b>Total</b>	<b>28</b>	<b>16</b>	<b>8</b>	<b>52</b>



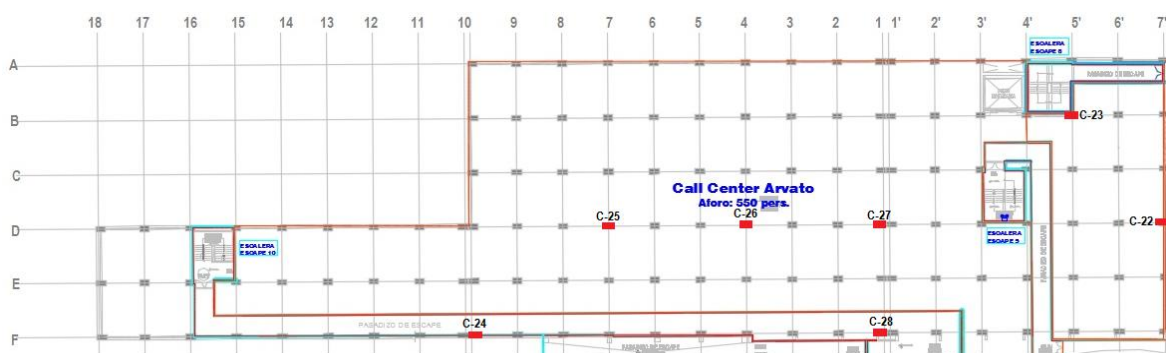
En las figuras 10, 11 y 12 se ubican los elementos inspeccionados por niveles en el edificio Casa Matriz.



**Figura 10.** Mapeo de elementos inspeccionados en Sótano - Casa Matriz.



**Figura 11.** Mapeo de elementos inspeccionados en 2º Nivel - Casa Matriz.



**Figura 12.** Mapeo de elementos inspeccionados en 3º Nivel - Casa Matriz.

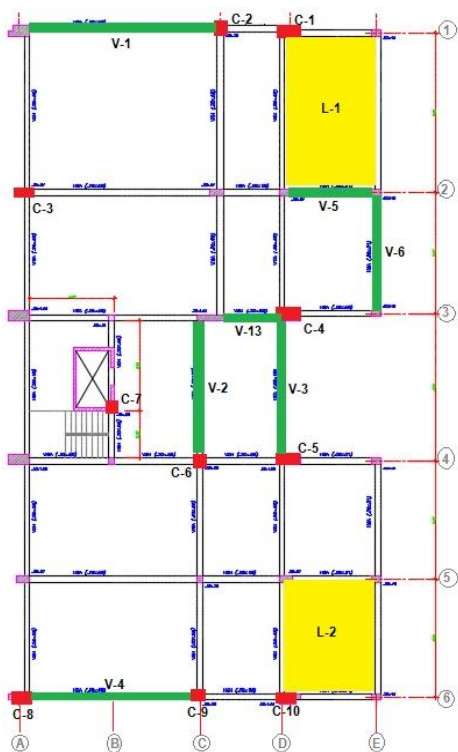
## II. Edificio Gimnasio (E-02)

**Tabla 3**

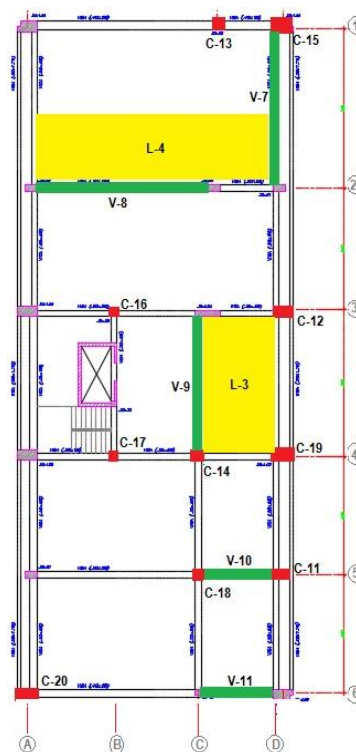
*Tabla de distribución de elementos inspeccionados por nivel – Gimnasio.*

Nivel	Columnas	Vigas	Losas	Total
1° Piso	10	7	2	19
2° Piso	10	5	2	17
3° Piso	1	1	-	2
<b>Total</b>	<b>21</b>	<b>13</b>	<b>4</b>	<b>38</b>

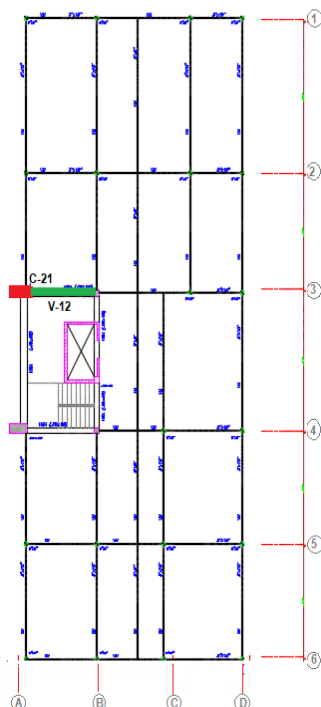
En las figuras 13, 14 y 15 se ubican los elementos inspeccionados por niveles en el edificio Gimnasio.



**Figura 13.** Mapeo de elementos inspeccionados en 1° Nivel -Gimnasio.



**Figura 14.** Mapeo de elementos inspeccionados en 2° Nivel -Gimnasio.



**Figura 15.** Mapeo de elementos inspeccionados en 3° Nivel -Gimnasio.

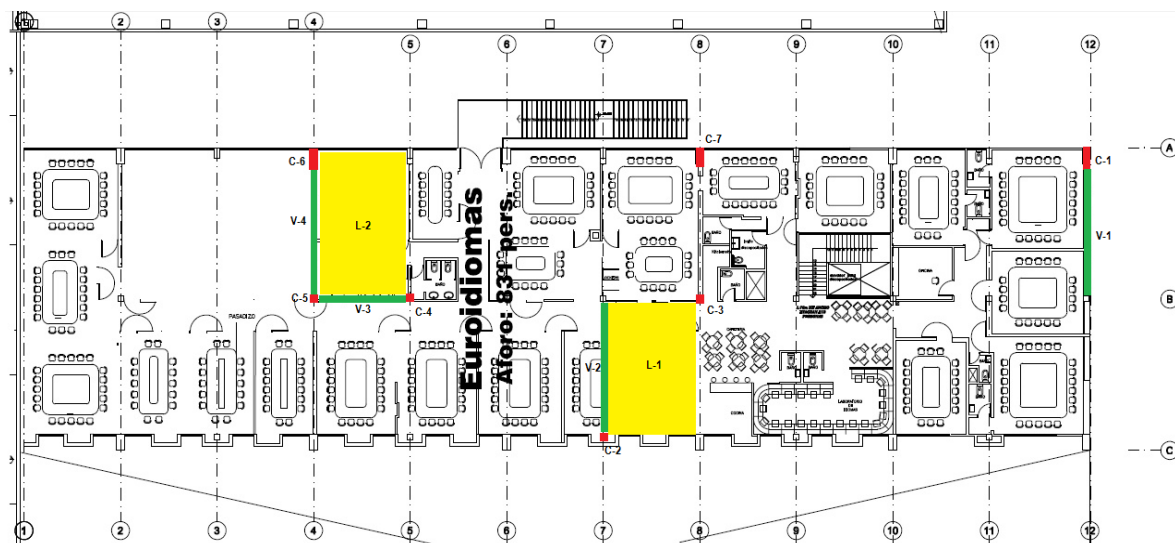
### III. Edificio Euroidiomas (E-03)

**Tabla 4**

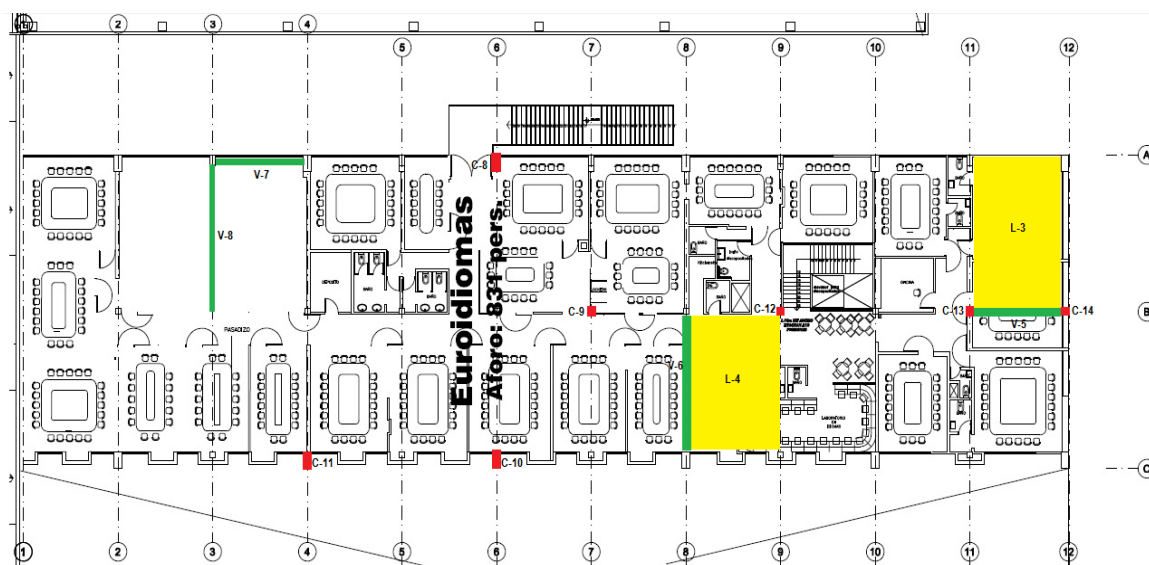
*Tabla de distribución de elementos inspeccionados por nivel – Euroidiomas.*

Nivel	Columnas <span style="color: red;">■</span>	Vigas <span style="color: green;">■</span>	Losas <span style="color: yellow;">■</span>	Total
1° Piso	7	4	2	13
2° Piso	7	4	2	13
<b>Total</b>	<b>14</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>26</b>

En las figuras 16 y 17 se ubican los elementos inspeccionados por niveles en el edificio Euroidiomas.



**Figura 16.** Mapeo de elementos inspeccionados en 1º Nivel -Euroidiomas.






**Figura 17.** Mapeo de elementos inspeccionados en 2º Nivel -Euroidiomas.

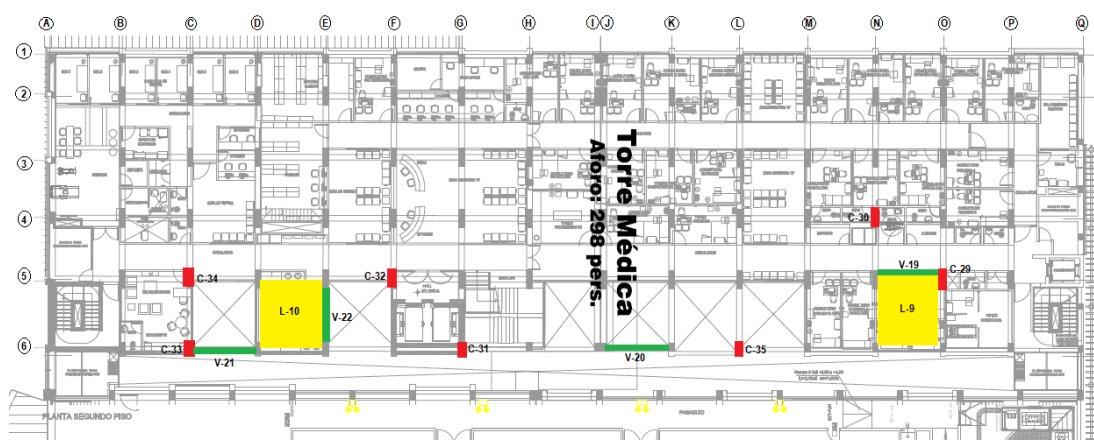
#### IV. Edificio Torre Medica (E-04)

**Tabla 5**

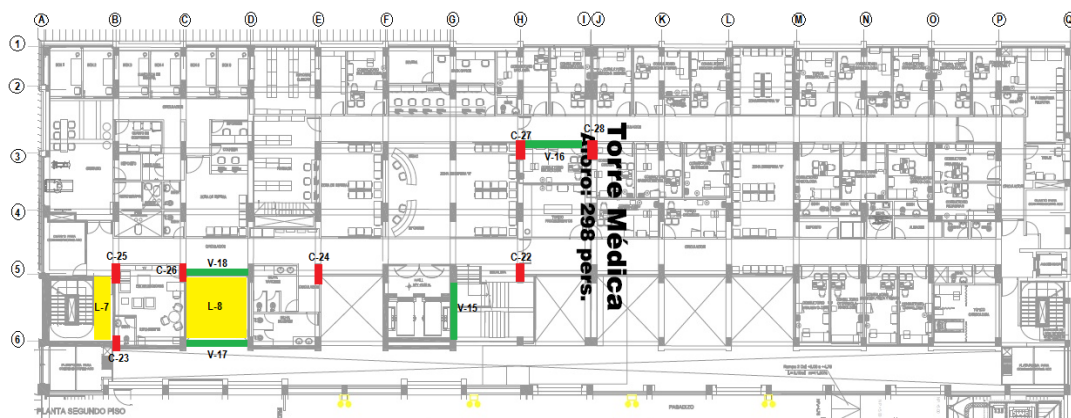
*Tabla de distribución de elementos inspeccionados por nivel –Torre Medica.*

Nivel	Columnas 	Vigas 	Losas 	Total
1° Piso	7	4	2	13
2° Piso	7	4	2	13
3° Piso	7	6	2	15
4° Piso	14	8	4	26
<b>Total</b>	<b>35</b>	<b>22</b>	<b>10</b>	<b>67</b>

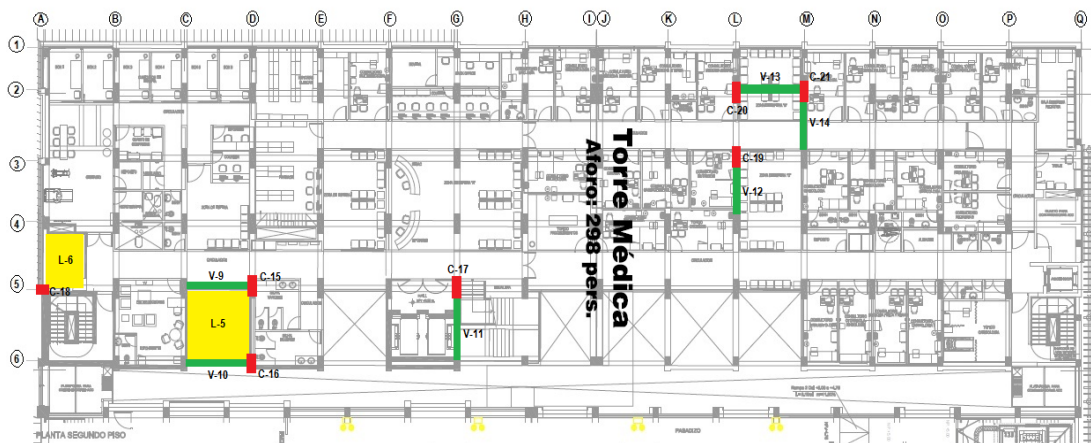
En las figuras 18, 19, 20 y 21 se ubican los elementos inspeccionados por niveles en el edificio Torre Medica.



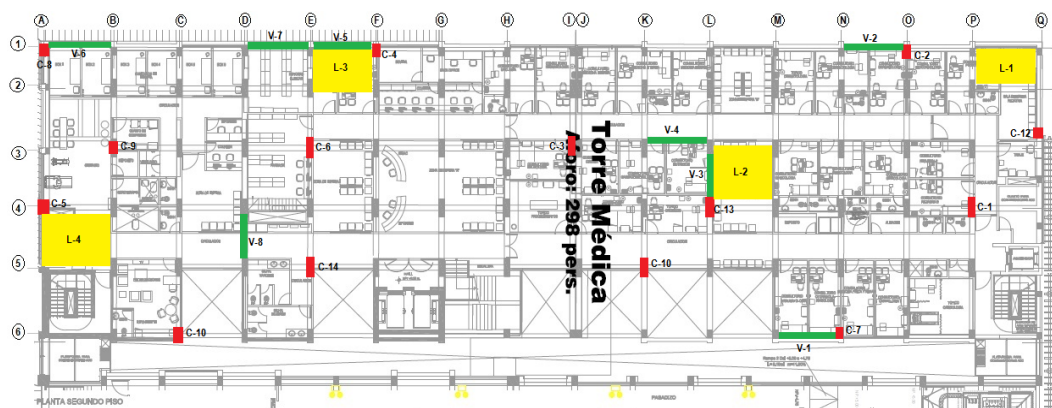
**Figura 18.** Mapeo de elementos inspeccionados en 1° Nivel -Torre Medica.



**Figura 19.** Mapeo de elementos inspeccionados en 2° Nivel -Torre Medica.



**Figura 20.** Mapeo de elementos inspeccionados en 3° Nivel -Torre Medica.



**Figura 21.** Mapeo de elementos inspeccionados en 4° Nivel -Torre Medica.

### 5.2.6. Auscultación de la estructura

Después de la inspección visual de la estructura, fue necesario realizar auscultaciones en los elementos seleccionados. Entre las cuales tenemos: medición del recubrimiento y calibración del acero.

**Recursos:** Escáner detector de armaduras (GSSI), Vernier digital, Flexómetro, Martillo demoledor, Tizas, Plumones, Pizarra.



**Figura 22.** Recursos a utilizar en la auscultación de las estructuras.

#### **Procedimiento:**

Se procede a delimitar el área de trabajo, y liberar de cualquier residuo externo al elemento estructural.

Se realiza el escaneo para verificar la distribución del acero de refuerzo, mediante el equipo detector de armaduras para lo cual debe ser calibrado antes de su utilización; se realiza el escaneo en sentido vertical para identificar el refuerzo transversal (estribos) luego en el sentido horizontal para identificar el refuerzo longitudinal y finalmente se emplantilla las lecturas.

**I. Edificio Casa Matriz (E-01)**

**Fotografía N°15.** Escaneo preliminar en columna de Sótano- Casa Matriz.

**II. Edificio Gimnasio (E-02)**

**Fotografía N°16.** Escaneo preliminar en viga de Fachada – Gimnasio.

**III. Edificio Euroidiomas (E-03)**

**Fotografía N°17.** Escaneo preliminar en columna de 1° Nivel- Euroidiomas.

**IV. Edificio Torre Medica (E-04)**

**Fotografía N°18.** Escaneo preliminar en columna de 4° Nivel-Torre Medica.

Se procede a realizar tres picados puntuales por elemento (inferior, central y superior) de aproximadamente una sección de 30x30 cm, el cual abarque la intersección del refuerzo longitudinal y transversal.



**I. Edificio Casa Matriz (E-01)**

**Fotografía N°19.** Picado puntual en parte central de columna del Sótano – Casa Matriz.

**II. Edificio Gimnasio (E-02)**

**Fotografía N°20.** Encapsulado para picado puntual en columna del 2° Nivel – Gimnasio.

**III. Edificio Euroidiomas (E-03)**

**Fotografía N°21.** Picado puntual en parte central de viga del 2° Nivel - Euroidiomas.

**IV. Edificio Torre Medica (E-04)**

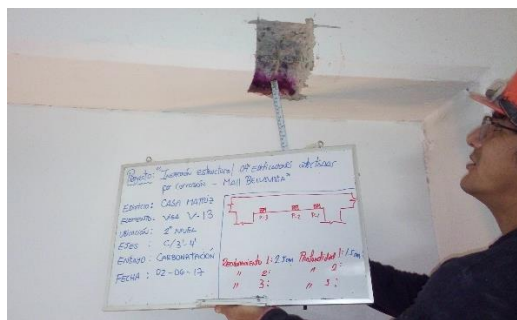
**Fotografía N°22.** Picado puntual en parte superior de columna del 4° Nivel – Torre Medica.

Se realiza la medición del espesor de recubrimiento in-situ mediante un flexómetro, desde el estribo hasta la superficie de concreto más cercana.

### I. Edificio Casa Matriz (E-01)

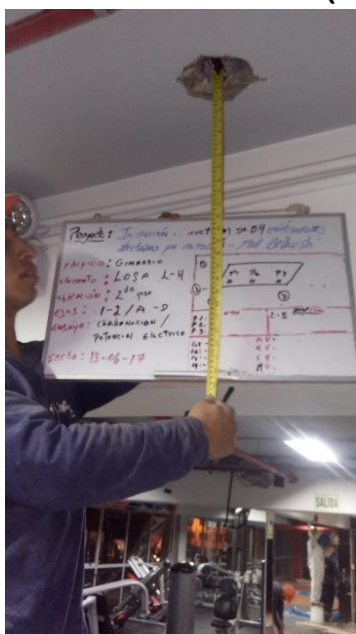


**Fotografía N°23.** Medición del recubrimiento en columna del 3° Piso – Casa Matriz.

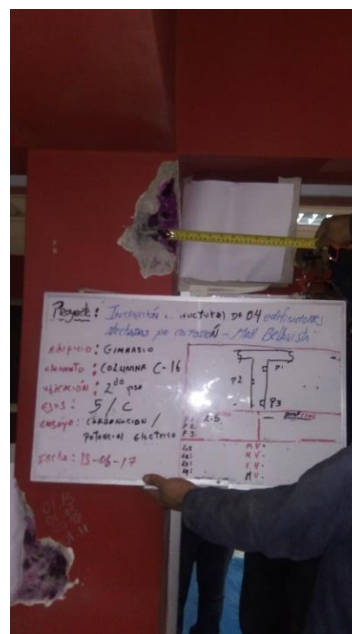


**Fotografía N°24.** Rotulación de valores en viga V-13 del 2° Piso – Casa Matriz.

### II. Edificio Gimnasio (E-02)



**Fotografía N°25.** Medición del recubrimiento en losa L-4 del 2° Piso – Gimnasio.

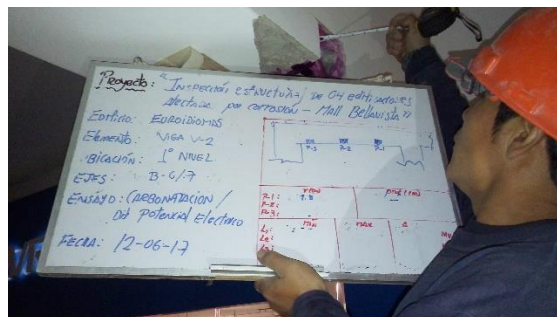


**Fotografía N°26.** Rotulación de valores en columna C-16 del 2° Piso – Gimnasio.

### III. Edificio Euroidiomas (E-03)



**Fotografía N°27.** Medición del recubrimiento en losa del 1° Piso - Euroidiomas.

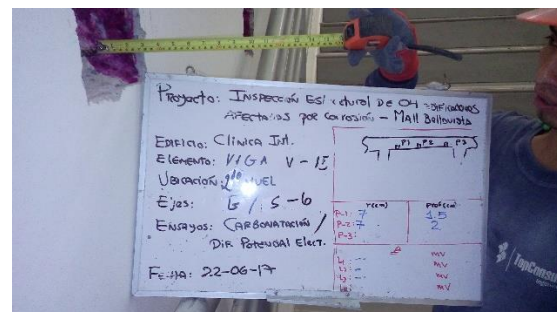


**Fotografía N°28.** Rotulación de valores en viga V-2 del 1° Piso - Euroidiomas.

### IV. Edificio Torre Medica (E-04)



**Fotografía N°29.** Medición del recubrimiento en viga del 4° Piso - Torre Medica.



**Fotografía N°30.** Rotulación de valores en viga V-15 del 2° Piso - Torre Medica.

Finalmente, se calibra el acero de refuerzo mediante un vernier digital (en mm) para verificar que no haya perdido sección y tomar las lecturas in-situ.

### I. Edificio Casa Matriz (E-01)



**Fotografía N°31.** Calibración del acero longitudinal en columna de Sótano – Casa Matriz.

### II. Edificio Gimnasio (E-02)



**Fotografía N°32.** Calibración del acero longitudinal en columna de 1° Piso – Gimnasio.

### III. Edificio Euroidiomas (E-03)



**Fotografía N°33.** Calibración del acero longitudinal en viga de 2° Piso - Euroidiomas.

### IV. Edificio Torre Medica (E-04)



**Fotografía N°34.** Calibración del acero longitudinal en losa de 3° Piso – Torre Medica.

A continuación, se muestra el resultado de las auscultaciones en los elementos estructurales inspeccionados de cada edificio:

## I. Edificio Casa Matriz (E-01)

**Tabla 6**

*Tabla de valores del recubrimiento del concreto in-situ - Casa Matriz.*

N°	Elemento	Descripción	Ubicación	Ejes	Recubrimiento (cm)		
					P-1	P-2	P-3
1	Columna	C-1	Sótano	A/2	7.00	4.50	6.00
2	Columna	C-2	Sótano	C/2	5.50	5.50	4.00
3	Columna	C-3	Sótano	D/1	5.50	6.00	4.50
4	Columna	C-4	Sótano	B/3	5.50	3.00	5.00
5	Columna	C-5	Sótano	E/4	3.20	3.00	3.00
6	Columna	C-6	Sótano	F/2	5.00	3.30	4.00
7	Columna	C-7	Sótano	F/5	5.00	4.00	4.00
8	Columna	C-8	Sótano	E/2'	3.50	4.50	4.00
9	Columna	C-9	Sótano	F/4'	3.50	3.50	3.50
10	Columna	C-10	Sótano	E/6'	2.50	5.50	3.50
11	Columna	C-11	Sótano	D/6'	4.00	3.00	4.50
12	Columna	C-12	Sótano	B/7'	3.00	3.50	3.00
13	Columna	C-13	Sótano	A/6'	4.00	5.00	3.50
14	Columna	C-14	Sótano	B/4'	2.50	2.00	2.50
15	Columna	C-15	2° Nivel	F/6'	3.30	5.00	5.00
16	Columna	C-16	2° Nivel	E/6'	4.00	3.50	2.50
17	Columna	C-17	2° Nivel	D/5'	4.50	4.50	5.70
18	Columna	C-18	2° Nivel	D/12	5.50	2.00	4.50
19	Columna	C-19	2° Nivel	E/13	5.50	4.00	4.50
20	Columna	C-20	2° Nivel	F/14	3.50	3.50	4.00
21	Columna	C-21	2° Nivel	D/15	3.50	2.50	2.50
22	Columna	C-22	3° Nivel	D/7'	4.20	4.00	4.00
23	Columna	C-23	3° Nivel	B/5'	3.50	5.00	4.50
24	Columna	C-24	3° Nivel	F/10	1.50	3.00	4.50
25	Columna	C-25	3° Nivel	D/7	4.00	3.70	4.50
26	Columna	C-26	3° Nivel	D/4	3.50	2.00	3.50
27	Columna	C-27	3° Nivel	D/1	3.30	3.50	3.50
28	Columna	C-28	3° Nivel	F/1	2.50	4.00	6.50

N°	Elemento	Descripción	Ubicación	Ejes	Recubrimiento (cm)		
					P-1	P-2	P-3
28	Columna	C-28	3° Nivel	F/1	2.50	4.00	6.50
29	Viga	V-1	Sótano	C-D/1	4.00	4.50	4.00
30	Viga	V-2	Sótano	A/3-4	4.00	3.50	2.50
31	Viga	V-3	Sótano	E/3-4	2.80	2.20	5.00
32	Viga	V-4	Sótano	D-E/2	3.50	3.50	2.00
33	Viga	V-5	Sótano	F/6'-7'	5.50	5.00	5.20
34	Viga	V-6	Sótano	A/5'-6'	4.00	2.50	3.50
35	Viga	V-7	Sótano	C-D/5'	3.00	3.50	3.50
36	Viga	V-8	Sótano	D-E/3'	4.00	4.00	3.50
37	Viga	V-9	2° Nivel	E-F/7'	4.00	3.50	3.50
38	Viga	V-10	2° Nivel	E/6'-7'	3.50	2.50	4.00
39	Viga	V-11	2° Nivel	D-E/12	3.50	6.50	5.00
40	Viga	V-12	2° Nivel	D/10-11	4.00	3.80	2.00
41	Viga	V-13	2° Nivel	C/3'-4'	2.50	2.50	4.50
42	Viga	V-14	2° Nivel	C-D/3'	2.20	1.50	1.80
43	Viga	V-15	2° Nivel	F/5-6	4.50	3.50	3.50
44	Viga	V-16	2° Nivel	D-E/8	4.00	4.50	5.00
45	Losa Maciza	L-1	Sótano	C-D/1-2	2.50	2.50	2.00
46	Losa Maciza	L-2	Sótano	A-B/3-4	4.00	4.00	6.00
47	Losa Maciza	L-3	Sótano	A-B/4'-5'	3.00	2.20	2.50
48	Losa Maciza	L-4	Sótano	C-D/5'-6'	3.00	2.00	2.50
49	Losa Maciza	L-5	2° Nivel	D-E/4'-5'	1.50	2.50	2.00
50	Losa Maciza	L-6	2° Nivel	D-E/11-12	2.50	2.00	2.00
51	Losa Maciza	L-7	2° Nivel	D-E/3-4	4.00	5.50	3.50
52	Losa Maciza	L-8	2° Nivel	E-F/6-7	3.00	4.50	3.00

**Tabla 7***Tabla de valores de la calibración del refuerzo - Casa Matriz.*

N°	Elemento	Descripción	Ubicación	Ejes	Calibración (mm)			
					Tipo de refuerzo	Øinicial	Øreal	
1	Columna	C-1	Sótano	A/2	Longitudinal	1 -3/8"	34.925	33.68
2	Columna	C-2	Sótano	C/2	Longitudinal	1- 3/8"	34.925	32.58
3	Columna	C-3	Sótano	D/1	Longitudinal	1- 3/8"	34.925	32.76
4	Columna	C-4	Sótano	B/3	Longitudinal	1- 3/8"	34.925	33.67
5	Columna	C-5	Sótano	E/4	Longitudinal	1- 3/8"	34.925	33.87
6	Columna	C-6	Sótano	F/2	Longitudinal	1- 3/8"	34.925	33.42
7	Columna	C-7	Sótano	F/5	Longitudinal	1- 3/8"	34.925	33.98
8	Columna	C-8	Sótano	E/2'	Longitudinal	1- 3/8"	34.925	34.42
9	Columna	C-9	Sótano	F/4'	Longitudinal	1- 3/8"	34.925	35.13
10	Columna	C-10	Sótano	E/6'	Longitudinal	1- 3/8"	34.925	34.55
11	Columna	C-11	Sótano	D/6'	Longitudinal	1- 3/8"	34.925	35.05
12	Columna	C-12	Sótano	B/7'	Longitudinal	1- 3/8"	34.925	35.2
13	Columna	C-13	Sótano	A/6'	Longitudinal	1- 3/8"	34.925	35.72
14	Columna	C-14	Sótano	B/4'	Longitudinal	1- 3/8"	34.925	33.5
15	Columna	C-15	2° Nivel	F/6'	Longitudinal	1"	25.4	24.78
16	Columna	C-16	2° Nivel	E/6'	Longitudinal	1"	25.4	23.85
17	Columna	C-17	2° Nivel	D/5'	Longitudinal	1"	25.4	26.09
18	Columna	C-18	2° Nivel	D/12	Longitudinal	1"	25.4	24.9
19	Columna	C-19	2° Nivel	E/13	Longitudinal	1"	25.4	24.33
20	Columna	C-20	2° Nivel	F/14	Longitudinal	1"	25.4	23.98
21	Columna	C-21	2° Nivel	D/15	Longitudinal	1"	25.4	24.82
22	Columna	C-22	3° Nivel	D/7'	Longitudinal	1"	25.4	24.06
23	Columna	C-23	3° Nivel	B/5'	Longitudinal	3/4"	19.05	18.87
24	Columna	C-24	3° Nivel	F/10	Longitudinal	3/4"	19.05	19.75
25	Columna	C-25	3° Nivel	D/7	Longitudinal	1"	25.4	24.41
26	Columna	C-26	3° Nivel	D/4	Longitudinal	1"	25.4	24.26
27	Columna	C-27	3° Nivel	D/1	Longitudinal	1"	25.4	24.07
28	Columna	C-28	3° Nivel	F/1	Longitudinal	3/4"	19.05	21.58

N°	Elemento	Descripción	Ubicación	Ejes	Calibración (mm)			
					Tipo de refuerzo	Øinicial	Øreal	
29	Viga	V-1	Sótano	C-D/1	Longitudinal	1"	25.4	24.02
30	Viga	V-2	Sótano	A/3-4	Longitudinal	3/4"	19.05	19.07
31	Viga	V-3	Sótano	E/3-4	Longitudinal	3/4"	19.05	18.89
32	Viga	V-4	Sótano	D-E/2	Longitudinal	3/4"	19.05	18.65
33	Viga	V-5	Sótano	F/6'-7'	Longitudinal	3/4"	19.05	18.72
34	Viga	V-6	Sótano	A/5'-6'	Longitudinal	3/4"	19.05	19.5
35	Viga	V-7	Sótano	C-D/5'	Longitudinal	1"	25.4	24.83
36	Viga	V-8	Sótano	D-E/3'	Longitudinal	1"	25.4	24.67
37	Viga	V-9	2° Nivel	E-F/7'	Longitudinal	3/4"	19.05	19.44
38	Viga	V-10	2° Nivel	E/6'-7'	Longitudinal	3/4"	19.05	19.18
39	Viga	V-11	2° Nivel	D-E/12	Longitudinal	3/4"	19.05	19.29
40	Viga	V-12	2° Nivel	D/10-11	Longitudinal	3/4"	19.05	18.51
41	Viga	V-13	2° Nivel	C/3'-4'	Longitudinal	3/4"	19.05	19.44
42	Viga	V-14	2° Nivel	C-D/3'	Longitudinal	3/4"	19.05	17.94
43	Viga	V-15	2° Nivel	F/5-6	Longitudinal	3/4"	19.05	20.09
44	Viga	V-16	2° Nivel	D-E/8	Longitudinal	3/4"	19.05	18.64
45	Losa Maciza	L-1	Sótano	C-D/1-2	Malla Inferior	3/8"	9.525	9.98
46	Losa Maciza	L-2	Sótano	A-B/3-4	Malla Inferior	5/8"	15.875	15.99
47	Losa Maciza	L-3	Sótano	A-B/4'-5'	Malla Inferior	3/8"	9.525	9.96
48	Losa Maciza	L-4	Sótano	C-D/5'-6'	Malla Inferior	3/8"	9.525	9.99
49	Losa Maciza	L-5	2° Nivel	D-E/4'-5'	Malla Inferior	1/2"	12.7	12.59
50	Losa Maciza	L-6	2° Nivel	D-E/11-12	Malla Inferior	1/2"	12.7	11.96
51	Losa Maciza	L-7	2° Nivel	D-E/3-4	Malla Superior	5/8"	15.875	16.07
52	Losa Maciza	L-8	2° Nivel	E-F/6-7	Malla Superior	1/2"	12.7	12.8



## II. Edificio Gimnasio (E-02)

**Tabla 8**

*Tabla de valores del recubrimiento del concreto in-situ - Gimnasio.*

N°	Elemento	Descripción	Ubicación	Ejes	Recubrimiento (cm)		
					P-1	P-2	P-3
1	Columna	C-1	1° Nivel	D/1	1.50	2.00	3.40
2	Columna	C-2	1° Nivel	C/1	5.50	3.50	3.00
3	Columna	C-3	1° Nivel	A/2	1.00	2.50	3.00
4	Columna	C-4	1° Nivel	D/3	6.00	4.20	4.50
5	Columna	C-5	1° Nivel	D/4	4.50	3.50	4.00
6	Columna	C-6	1° Nivel	C/4	2.50	3.00	3.00
7	Columna	C-7	1° Nivel	B/3'	1.50	3.00	3.50
8	Columna	C-8	1° Nivel	A/6	3.00	2.50	4.00
9	Columna	C-9	1° Nivel	C/6	3.00	3.50	3.50
10	Columna	C-10	1° Nivel	D/6	2.50	2.00	4.00
11	Columna	C-11	2° Nivel	D/5	6.00	4.50	3.50
12	Columna	C-12	2° Nivel	D/3	6.00	5.50	5.00
13	Columna	C-13	2° Nivel	C/1	2.00	2.00	2.00
14	Columna	C-14	2° Nivel	C/4	3.00	4.00	4.00
15	Columna	C-15	2° Nivel	D/1	3.00	4.00	3.50
16	Columna	C-16	2° Nivel	B/3	4.50	3.00	4.00
17	Columna	C-17	2° Nivel	B/4	3.50	4.50	4.00
18	Columna	C-18	2° Nivel	C/5	2.50	4.00	3.00
19	Columna	C-19	2° Nivel	D/4	3.00	2.75	3.50
20	Columna	C-20	2° Nivel	D/2	5.00	2.50	3.00
21	Columna	C-21	3° Nivel	A/3	3.00	4.50	6.00
22	Viga	V-1	1° Nivel	A-C/1	3.00	2.50	5.50
23	Viga	V-2	1° Nivel	C/3-4	3.50	3.00	5.00
24	Viga	V-3	1° Nivel	D/3-4	4.00	3.50	3.00
25	Viga	V-4	1° Nivel	A-C/6	1.50	2.00	4.50
26	Viga	V-5	1° Nivel	D-E/2	3.50	4.00	3.00
27	Viga	V-6	1° Nivel	E/2-3	3.50	3.50	3.50

N°	Elemento	Descripción	Ubicación	Ejes	Recubrimiento (cm)		
					P-1	P-2	P-3
28	Viga	V-7	2° Nivel	D/1-2	3.00	1.50	2.50
29	Viga	V-8	2° Nivel	A-C/2	3.00	2.50	1.50
30	Viga	V-9	2° Nivel	C/3-4	1.50	3.00	2.00
31	Viga	V-10	2° Nivel	C-D/5	4.00	3.00	3.00
32	Viga	V-11	2° Nivel	C-D/6	1.50	1.50	3.00
33	Viga	V-12	3° Nivel	A-B/3	3.00	3.00	2.50
34	Viga	V-13	1° Nivel	C-D/3	4.00	3.00	4.00
35	Losa Aligerada	L-1	1° Nivel	D-E/1-2	2.50	4.00	2.50
36	Losa Aligerada	L-2	1° Nivel	D-E/5-6	2.00	2.00	2.00
37	Losa Aligerada	L-3	2° Nivel	C-D/3-4	4.50	5.00	3.00
38	Losa Aligerada	L-4	2° Nivel	A-D/1-2	3.00	3.50	3.50

**Tabla 9**

*Tabla de valores de la calibración del refuerzo - Gimnasio.*

N°	Elemento	Descripción	Ubicación	Ejes	Calibración (mm)			
					Tipo de refuerzo	Øinicial	Øreal	
1	Columna	C-1	1° Nivel	D/1	Longitudinal	3/4"	19.05	18.14
2	Columna	C-2	1° Nivel	C/1	Longitudinal	1"	25.4	24.55
3	Columna	C-3	1° Nivel	A/2	Longitudinal	1"	25.4	21.8
4	Columna	C-4	1° Nivel	D/3	Longitudinal	3/4"	19.05	18.81
5	Columna	C-5	1° Nivel	D/4	Longitudinal	3/4"	19.05	18.19
6	Columna	C-6	1° Nivel	C/4	Longitudinal	5/8"	15.875	16.11
7	Columna	C-7	1° Nivel	B/3'	Longitudinal	5/8"	15.875	16.83
8	Columna	C-8	1° Nivel	A/6	Longitudinal	3/4"	19.05	18.98
9	Columna	C-9	1° Nivel	C/6	Longitudinal	3/4"	19.05	18.23
10	Columna	C-10	1° Nivel	D/6	Longitudinal	3/4"	19.05	19.02

N°	Elemento	Descripción	Ubicación	Ejes	Calibración (mm)			
					Tipo de refuerzo	Øinicial	Øreal	
11	Columna	C-11	2° Nivel	D/5	Longitudinal	5/8"	15.875	15.79
12	Columna	C-12	2° Nivel	D/3	Longitudinal	3/4"	19.05	20.17
13	Columna	C-13	2° Nivel	C/1	Longitudinal	3/4"	19.05	19.25
14	Columna	C-14	2° Nivel	C/4	Longitudinal	5/8"	15.875	15.54
15	Columna	C-15	2° Nivel	D/1	Longitudinal	3/4"	19.05	20.51
16	Columna	C-16	2° Nivel	B/3	Longitudinal	3/4"	19.05	18.41
17	Columna	C-17	2° Nivel	B/4	Longitudinal	5/8"	15.875	15.52
18	Columna	C-18	2° Nivel	C/5	Longitudinal	1"	25.4	24.82
19	Columna	C-19	2° Nivel	D/4	Longitudinal	3/4"	19.05	19.03
20	Columna	C-20	2° Nivel	D/2	Longitudinal	5/8"	15.875	15.11
21	Columna	C-21	3° Nivel	A/3	Longitudinal	3/4"	19.05	18.32
22	Viga	V-1	1° Nivel	A-C/1	Longitudinal	5/8"	15.875	15.88
23	Viga	V-2	1° Nivel	C/3-4	Longitudinal	5/8"	15.875	15.68
24	Viga	V-3	1° Nivel	D/3-4	Longitudinal	5/8"	15.875	15.42
25	Viga	V-4	1° Nivel	A-C/6	Longitudinal	5/8"	15.875	15.35
26	Viga	V-5	1° Nivel	D-E/2	Longitudinal	1/2"	12.7	12.44
27	Viga	V-6	1° Nivel	E/2-3	Longitudinal	1/2"	12.7	12.58
28	Viga	V-7	2° Nivel	D/1-2	Longitudinal	3/4"	19.05	19.8
29	Viga	V-8	2° Nivel	A-C/2	Longitudinal	1"	25.4	24.77
30	Viga	V-9	2° Nivel	C/3-4	Longitudinal	5/8"	15.875	16
31	Viga	V-10	2° Nivel	C-D/5	Longitudinal	5/8"	15.875	15.24
32	Viga	V-11	2° Nivel	C-D/6	Longitudinal	5/8"	15.875	15.76
33	Viga	V-12	3° Nivel	A-B/3	Longitudinal	5/8"	15.875	16.41
34	Viga	V-13	1° Nivel	C-D/3	Longitudinal	5/8"	15.875	14.66
35	Losa Aligerada	L-1	1° Nivel	D-E/1-2	Vigueta	1/2"	12.7	13.56
36	Losa Aligerada	L-2	1° Nivel	D-E/5-6	Vigueta	1/2"	12.7	12.77
37	Losa Aligerada	L-3	2° Nivel	C-D/3-4	Vigueta	1/2"	12.7	11.7
38	Losa Aligerada	L-4	2° Nivel	A-D/1-2	Vigueta	5/8"	15.875	16.09

### III. Edificio Euroidiomas (E-03)

**Tabla 10**

*Tabla de valores del recubrimiento del concreto in-situ - Euroidiomas.*

N°	Elemento	Descripción	Ubicación	Ejes	Recubrimiento (cm)		
					P-1	P-2	P-3
1	Columna	C-1	1° Nivel	A/12	4.50	1.50	2.00
2	Columna	C-2	1° Nivel	C/7	2.00	2.50	2.50
3	Columna	C-3	1° Nivel	B/8	2.50	2.50	4.00
4	Columna	C-4	1° Nivel	B/5	1.00	0.50	0.30
5	Columna	C-5	1° Nivel	B/4	1.50	0.50	1.50
6	Columna	C-6	1° Nivel	A/4	0.50	1.50	2.00
7	Columna	C-7	1° Nivel	A/8	3.00	0.50	4.50
8	Columna	C-8	2° Nivel	A/6	3.00	2.50	2.50
9	Columna	C-9	2° Nivel	B/7	1.50	1.50	3.00
10	Columna	C-10	2° Nivel	C/6	3.00	4.50	4.00
11	Columna	C-11	2° Nivel	C/4	4.00	4.00	2.00
12	Columna	C-12	2° Nivel	B/9	2.00	1.50	1.00
13	Columna	C-13	2° Nivel	B/11	2.50	1.50	1.50
14	Columna	C-14	2° Nivel	B/12	2.50	2.00	5.00
15	Viga	V-1	1° Nivel	A-B/12	2.50	0.80	1.50
16	Viga	V-2	1° Nivel	B-C/7	1.80	0.75	0.40
17	Viga	V-3	1° Nivel	B/4-5	2.00	3.00	3.00
18	Viga	V-4	1° Nivel	A-B/4	2.00	2.30	2.50
19	Viga	V-5	2° Nivel	B/11-12	6.00	7.00	6.00
20	Viga	V-6	2° Nivel	B-C/8	3.00	2.00	4.00
21	Viga	V-7	2° Nivel	A/3-4	1.50	2.50	3.50
22	Viga	V-8	2° Nivel	A-B/3	3.00	3.00	2.50
23	Losa Aligerada	L-1	1° Nivel	B-C/7-8	3.00	4.00	4.00
24	Losa Aligerada	L-2	1° Nivel	A-B/4-5	2.00	3.00	2.50
25	Losa Aligerada	L-3	2° Nivel	A-B/11-12	5.00	5.00	6.00
26	Losa Aligerada	L-4	2° Nivel	B-C/8-10	2.00	1.50	2.50

**Tabla 11***Tabla de valores de la calibración del refuerzo - Euroidiomas.*

N°	Elemento	Descripción	Ubicación	Ejes	Calibración (mm)			
					Tipo de refuerzo	Øinicial	Øreal	
1	Columna	C-1	1° Nivel	A/12	Longitudinal	3/4"	19.05	19.19
2	Columna	C-2	1° Nivel	C/7	Longitudinal	7/8"	22.225	21.95
3	Columna	C-3	1° Nivel	B/8	Longitudinal	3/4"	19.05	20.69
4	Columna	C-4	1° Nivel	B/5	Longitudinal	7/8"	22.225	21.62
5	Columna	C-5	1° Nivel	B/4	Longitudinal	7/8"	22.225	22.31
6	Columna	C-6	1° Nivel	A/4	Longitudinal	5/8"	15.875	15.92
7	Columna	C-7	1° Nivel	A/8	Longitudinal	5/8"	15.875	16.15
8	Columna	C-8	2° Nivel	A/6	Longitudinal	5/8"	15.875	15.75
9	Columna	C-9	2° Nivel	B/7	Longitudinal	5/8"	15.875	15.36
10	Columna	C-10	2° Nivel	C/6	Longitudinal	5/8"	15.875	15.24
11	Columna	C-11	2° Nivel	C/4	Longitudinal	5/8"	15.875	16
12	Columna	C-12	2° Nivel	B/9	Longitudinal	5/8"	15.875	15.92
13	Columna	C-13	2° Nivel	B/11	Longitudinal	5/8"	15.875	15.84
14	Columna	C-14	2° Nivel	B/12	Longitudinal	5/8"	15.875	16.01
15	Viga	V-1	1° Nivel	A-B/12	Longitudinal	1"	25.4	24.62
16	Viga	V-2	1° Nivel	B-C/7	Longitudinal	3/4"	19.05	19.31
17	Viga	V-3	1° Nivel	B/4-5	Longitudinal	5/8"	15.875	15.77
18	Viga	V-4	1° Nivel	A-B/4	Longitudinal	3/4"	19.05	19.62
19	Viga	V-5	2° Nivel	B/11-12	Longitudinal	5/8"	15.875	15.13
20	Viga	V-6	2° Nivel	B-C/8	Longitudinal	3/4"	19.05	18.55
21	Viga	V-7	2° Nivel	A/3-4	Longitudinal	5/8"	15.875	15.55
22	Viga	V-8	2° Nivel	A-B/3	Longitudinal	3/4"	19.05	19.03
23	Losa Aligerada	L-1	1° Nivel	B-C/7-8	Vigueta	1/2"	12.7	13.1
24	Losa Aligerada	L-2	1° Nivel	A-B/4-5	Vigueta	1/2"	12.7	12.57
25	Losa Aligerada	L-3	2° Nivel	A-B/11-12	Vigueta	3/8"	9.525	10.43
26	Losa Aligerada	L-4	2° Nivel	B-C/8-10	Vigueta	5/8"	15.875	16.42

#### IV. Edificio Torre Medica (E-04)

**Tabla 12**

*Tabla de valores del recubrimiento del concreto in-situ - Torre Medica.*

N°	Elemento	Descripción	Ubicación	Ejes	Recubrimiento (cm)		
					P-1	P-2	P-3
1	Columna	C-1	4° Nivel	P/4	3.00	3.20	3.50
2	Columna	C-2	4° Nivel	O/1	2.00	3.50	4.50
3	Columna	C-3	4° Nivel	I/3	2.00	4.50	3.00
4	Columna	C-4	4° Nivel	F/1	1.50	2.00	3.00
5	Columna	C-5	4° Nivel	A/4	2.50	3.00	3.00
6	Columna	C-6	4° Nivel	E/3	2.50	3.00	3.50
7	Columna	C-7	4° Nivel	N/6	2.50	5.00	4.00
8	Columna	C-8	4° Nivel	A/1	3.50	3.50	3.00
9	Columna	C-9	4° Nivel	A/3	3.50	3.00	4.00
10	Columna	C-10	4° Nivel	C/6	5.00	2.50	3.00
11	Columna	C-11	4° Nivel	K/5	3.00	4.50	3.00
12	Columna	C-12	4° Nivel	O/3	5.00	3.00	3.50
13	Columna	C-13	4° Nivel	L/4	2.00	6.50	3.00
14	Columna	C-14	4° Nivel	E/5	3.00	1.50	4.50
15	Columna	C-15	3° Nivel	D/5	5.50	4.50	4.00
16	Columna	C-16	3° Nivel	D/6	3.00	2.50	2.00
17	Columna	C-17	3° Nivel	G/5	5.00	5.00	5.00
18	Columna	C-18	3° Nivel	A/5	4.50	4.50	3.50
19	Columna	C-19	3° Nivel	L/3	3.00	2.00	3.00
20	Columna	C-20	3° Nivel	L/2	3.00	1.50	4.00
21	Columna	C-21	3° Nivel	M/2	5.00	4.50	3.00
22	Columna	C-22	2° Nivel	H/5	4.00	3.00	4.50
23	Columna	C-23	2° Nivel	B/6	2.00	4.00	6.00
24	Columna	C-24	2° Nivel	E/5	6.50	7.00	6.50
25	Columna	C-25	2° Nivel	B/5	4.00	4.00	5.50
26	Columna	C-26	2° Nivel	C/5	6.00	7.00	3.50
27	Columna	C-27	2° Nivel	H/3	4.00	5.00	3.50

N°	Elemento	Descripción	Ubicación	Ejes	Recubrimiento (cm)		
					P-1	P-2	P-3
28	Columna	C-28	2° Nivel	I/3	5.00	5.00	3.50
29	Columna	C-29	1° Nivel	O/5	3.00	2.50	5.00
30	Columna	C-30	1° Nivel	N/4	3.00	3.50	3.00
31	Columna	C-31	1° Nivel	G/6	3.50	5.00	5.00
32	Columna	C-32	1° Nivel	F/5	4.00	5.00	2.50
33	Columna	C-33	1° Nivel	C/6	3.00	2.50	2.50
34	Columna	C-34	1° Nivel	C/5	4.50	3.50	4.50
35	Columna	C-35	1° Nivel	L/6	3.00	3.50	3.50
36	Viga	V-1	4° Nivel	M-N/6	6.00	6.00	3.50
37	Viga	V-2	4° Nivel	N-O/1	5.50	5.50	5.50
38	Viga	V-3	4° Nivel	L/3-4	4.00	4.50	5.50
39	Viga	V-4	4° Nivel	K-L/3	3.00	4.50	4.00
40	Viga	V-5	4° Nivel	E-F/1	0.50	0.20	0.50
41	Viga	V-6	4° Nivel	A-B/1	6.00	6.00	4.00
42	Viga	V-7	4° Nivel	D-E/1	0.50	1.50	0.50
43	Viga	V-8	4° Nivel	D/4-5	3.00	3.00	2.50
44	Viga	V-9	3° Nivel	C-D/5	4.00	3.00	3.50
45	Viga	V-10	3° Nivel	C-D/6	2.50	2.50	2.00
46	Viga	V-11	3° Nivel	G/5-6	4.00	4.50	4.00
47	Viga	V-12	3° Nivel	L/3-4	5.00	5.50	5.00
48	Viga	V-13	3° Nivel	L-M/2	4.50	2.50	4.00
49	Viga	V-14	3° Nivel	M/2-3	4.50	5.50	3.00
50	Viga	V-15	2° Nivel	G/5-6	7.00	7.00	7.00
51	Viga	V-16	2° Nivel	I-H/3	3.50	3.50	4.50
52	Viga	V-17	2° Nivel	C-D/6	4.00	3.50	1.50
53	Viga	V-18	2° Nivel	C-D/5	2.50	3.00	2.50
54	Viga	V-19	1° Nivel	N-O/5	6.00	2.00	2.00
55	Viga	V-20	1° Nivel	J-K/6	1.00	2.50	2.50
56	Viga	V-21	1° Nivel	C-D/6	1.00	4.50	5.00

N°	Elemento	Descripción	Ubicación	Ejes	Recubrimiento (cm)		
					P-1	P-2	P-3
57	Viga	V-22	1° Nivel	E/5-6	4.00	4.00	2.00
58	Losa Maciza	L-1	4° Nivel	P-Q/1-2	1.50	1.50	2.50
59	Losa Maciza	L-2	4° Nivel	M-L/3-4	3.00	3.00	3.00
60	Losa Maciza	L-3	4° Nivel	E-F/1-2	2.00	3.50	3.00
61	Losa Maciza	L-4	4° Nivel	A-B/4-5	3.50	3.00	3.00
62	Losa Maciza	L-5	3° Nivel	C-D/5-6	3.00	3.00	3.00
63	Losa Maciza	L-6	3° Nivel	A-B/4-5	3.00	3.00	2.00
64	Losa Maciza	L-7	2° Nivel	A-B/5-6	3.50	3.00	3.00
65	Losa Maciza	L-8	2° Nivel	C-D/5-6	4.00	2.50	2.50
66	Losa Maciza	L-9	1° Nivel	N-O/5-6	5.00	3.00	3.00
67	Losa Maciza	L-10	1° Nivel	D-E/5-6	2.50	2.50	2.50

**Tabla 13**

*Tabla de valores de la calibración del refuerzo - Torre Medica.*

N°	Elemento	Descripción	Ubicación	Ejes	Calibración (mm)			
					Tipo de refuerzo	Øinicial	Øreal	
1	Columna	C-1	4° Nivel	P/4	Longitudinal	1"	25.4	25.06
2	Columna	C-2	4° Nivel	O/1	Longitudinal	3/4"	19.05	19.33
3	Columna	C-3	4° Nivel	I/3	Longitudinal	5/8"	15.875	16.57
4	Columna	C-4	4° Nivel	F/1	Longitudinal	5/8"	15.875	15.16
5	Columna	C-5	4° Nivel	A/4	Longitudinal	5/8"	15.875	16.54
6	Columna	C-6	4° Nivel	E/3	Longitudinal	3/4"	19.05	18.76



N°	Elemento	Descripción	Ubicación	Ejes	Calibración (mm)			
					Tipo de refuerzo	Øinicial	Øreal	
7	Columna	C-7	4° Nivel	N/6	Longitudinal	3/4"	19.05	18.89
8	Columna	C-8	4° Nivel	A/1	Longitudinal	5/8"	15.875	15.79
9	Columna	C-9	4° Nivel	A/3	Longitudinal	3/4"	19.05	18.1
10	Columna	C-10	4° Nivel	C/6	Longitudinal	5/8"	15.875	15.24
11	Columna	C-11	4° Nivel	K/5	Longitudinal	3/4"	19.05	18.65
12	Columna	C-12	4° Nivel	O/3	Longitudinal	3/4"	19.05	18.1
13	Columna	C-13	4° Nivel	L/4	Longitudinal	5/8"	15.875	15.15
14	Columna	C-14	4° Nivel	E/5	Longitudinal	3/4"	19.05	18.38
15	Columna	C-15	3° Nivel	D/5	Longitudinal	3/4"	19.05	20,04
16	Columna	C-16	3° Nivel	D/6	Longitudinal	5/8"	15.875	16.21
17	Columna	C-17	3° Nivel	G/5	Longitudinal	3/4"	19.05	18.18
18	Columna	C-18	3° Nivel	A/5	Longitudinal	5/8"	15.875	15.66
19	Columna	C-19	3° Nivel	L/3	Longitudinal	3/4"	19.05	18.84
20	Columna	C-20	3° Nivel	L/2	Longitudinal	3/4"	19.05	19.65
21	Columna	C-21	3° Nivel	M/2	Longitudinal	3/4"	19.05	18.35
22	Columna	C-22	2° Nivel	H/5	Longitudinal	1"	25.4	25.84
23	Columna	C-23	2° Nivel	B/6	Longitudinal	3/4"	19.05	18.6
24	Columna	C-24	2° Nivel	E/5	Longitudinal	3/4"	19.05	21.57
25	Columna	C-25	2° Nivel	B/5	Longitudinal	3/4"	19.05	19.15
26	Columna	C-26	2° Nivel	C/5	Longitudinal	1"	25.4	24.31
27	Columna	C-27	2° Nivel	H/3	Longitudinal	1"	25.4	24.52
28	Columna	C-28	2° Nivel	I/3	Longitudinal	3/4"	19.05	18.21
29	Columna	C-29	1° Nivel	O/5	Longitudinal	3/4"	19.05	19.54
30	Columna	C-30	1° Nivel	N/4	Longitudinal	1"	25.4	25.23
31	Columna	C-31	1° Nivel	G/6	Longitudinal	1"	25.4	23.99
32	Columna	C-32	1° Nivel	F/5	Longitudinal	1"	25.4	24.3
33	Columna	C-33	1° Nivel	C/6	Longitudinal	3/4"	19.05	18.86
34	Columna	C-34	1° Nivel	C/5	Longitudinal	3/4"	19.05	19.65
35	Columna	C-35	1° Nivel	L/6	Longitudinal	1"	25.4	24.6
36	Viga	V-1	4° Nivel	M-N/6	Longitudinal	5/8"	15.875	15.55

N°	Elemento	Descripción	Ubicación	Ejes	Calibración (mm)			
					Tipo de refuerzo	Øinicial	Øreal	
37	Viga	V-2	4° Nivel	N-O/1	Longitudinal	3/4"	19.05	18.89
38	Viga	V-3	4° Nivel	L/3-4	Longitudinal	3/4"	19.05	18.46
39	Viga	V-4	4° Nivel	K-L/3	Longitudinal	3/4"	19.05	18.91
40	Viga	V-5	4° Nivel	E-F/1	Longitudinal	3/4"	19.05	17.95
41	Viga	V-6	4° Nivel	A-B/1	Longitudinal	5/8"	15.875	15.4
42	Viga	V-7	4° Nivel	D-E/1	Longitudinal	5/8"	15.875	14.99
43	Viga	V-8	4° Nivel	D/4-5	Longitudinal	1"	25.4	24.77
44	Viga	V-9	3° Nivel	C-D/5	Longitudinal	3/4"	19.05	20.44
45	Viga	V-10	3° Nivel	C-D/6	Longitudinal	5/8"	15.875	15.81
46	Viga	V-11	3° Nivel	G/5-6	Longitudinal	5/8"	15.875	15.78
47	Viga	V-12	3° Nivel	L/3-4	Longitudinal	3/4"	19.05	18.75
48	Viga	V-13	3° Nivel	L-M/2	Longitudinal	3/4"	19.05	18.56
49	Viga	V-14	3° Nivel	M/2-3	Longitudinal	3/4"	19.05	18.58
50	Viga	V-15	2° Nivel	G/5-6	Longitudinal	3/4"	19.05	18.61
51	Viga	V-16	2° Nivel	I-H/3	Longitudinal	3/4"	19.05	19.28
52	Viga	V-17	2° Nivel	C-D/6	Longitudinal	5/8"	15.875	15.42
53	Viga	V-18	2° Nivel	C-D/5	Longitudinal	3/4"	19.05	18.44
54	Viga	V-19	1° Nivel	N-O/5	Longitudinal	5/8"	15.875	15.13
55	Viga	V-20	1° Nivel	J-K/6	Longitudinal	5/8"	15.875	15.04
56	Viga	V-21	1° Nivel	C-D/6	Longitudinal	5/8"	15.875	16.2
57	Viga	V-22	1° Nivel	E/5-6	Longitudinal	3/4"	19.05	20.4
58	Losa Maciza	L-1	4° Nivel	P-Q/1-2	Malla Inferior	1/2"	12.7	9.98
59	Losa Maciza	L-2	4° Nivel	M-L/3-4	Malla Inferior	1/2"	12.7	11.9
60	Losa Maciza	L-3	4° Nivel	E-F/1-2	Malla Inferior	1/2"	12.7	8.47
61	Losa Maciza	L-4	4° Nivel	A-B/4-5	Malla Inferior	5/8"	15.875	15.28
62	Losa Maciza	L-5	3° Nivel	C-D/5-6	Malla Inferior	3/8"	9.525	9.36
63	Losa Maciza	L-6	3° Nivel	A-B/4-5	Malla Inferior	5/8"	15.875	15.36

N°	Elemento	Descripción	Ubicación	Ejes	Calibración (mm)			
					Tipo de refuerzo	Øinicial	Øreal	
64	Losa Maciza	L-7	2° Nivel	A-B/5-6	Malla Inferior	1/2"	12.7	12.96
65	Losa Maciza	L-8	2° Nivel	C-D/5-6	Malla Inferior	3/8"	9.525	9.13
66	Losa Maciza	L-9	1° Nivel	N-O/5-6	Malla Inferior	1/2"	12.7	8.89
67	Losa Maciza	L-10	1° Nivel	D-E/5-6	Malla Inferior	1/2"	12.7	11.5

### 5.2.7. Fenómeno de degradación predominante

Se necesita identificar en fenómeno de degradación principal para el inicio de la corrosión en el presente edificio, por tal motivo se realizará los ensayos y/o pruebas correspondientes:

#### 5.2.7.1 Prueba cualitativa de carbonatación

La siguiente prueba busca determinar la profundidad de carbonatación en concretos endurecidos y puestos en servicio. La medida de la profundidad de la capa carbonatada en los concretos se basa en la determinación de la reducción de la alcalinidad que supone la carbonatación, la cual puede ponerse en manifiesto mediante un indicador pH, que la hace visible por cambios de coloración.

**Recursos:** Disolución de fenolftaleína al 1% disuelta en alcohol etílico al 70%, mini frasco en spray, flexómetro, pizarra acrílica, plumones y tizas.



**Figura 23.** Recursos a utilizar en la prueba cualitativa de carbonatación.

**Procedimiento:**

Finalizada la auscultación de la estructura (medición de recubrimiento y calibración de la barra de acero corrugado), se aprovecha esta fractura fresca para la ejecución de la prueba. La medición debe realizarse sobre una superficie limpia de partículas, se aplica el indicador (fenolftaleína al 1%) inmediatamente después de realizar la limpieza ya que el tiempo de espera no puede exceder las 24 horas.

(\* La prueba in-situ debe realizarse en seco y las fracturas se harán en zonas libres de fisuras u otros daños.

**I. Edificio Casa Matriz (E-01)**



**Fotografía N°35.** Aplicación de la fenolftaleína sobre una fractura fresca columna de Sótano – Casa Matriz.

**II. Edificio Gimnasio (E-02)**



**Fotografía N°36.** Aplicación del indicador de pH sobre una fractura fresca en columna de 1° Piso – Gimnasio.

**III. Edificio Euroidiomas (E-03)****IV. Edificio Torre Medica (E-04)**

**Fotografía N°37.** Aplicación del indicador de pH (fenolftaleína) en viga del 1° Piso - Euroidiomas.

**Fotografía N°38.** Aplicación del indicador de pH (fenolftaleína) en viga del 4° Piso – Torre Medica.

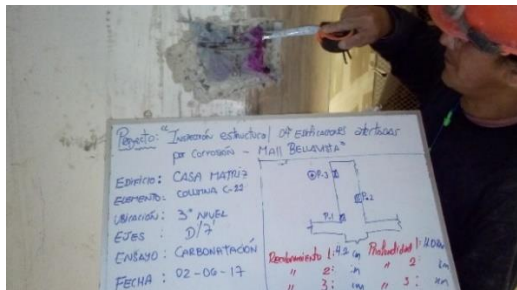
Se aplicará directamente sobre la fractura reciente y con la superficie de aplicación del indicador hacia arriba, luego se procede a realizar la lectura de medidas entre 15 y 30 minutos después de aplicar el indicador.

Debe tomarse en cuenta que al aplicar el indicador (fenolftaleína al 1%), el concreto se torna de un color rojo-purpura para valores de  $pH > 9.5$  y se vuelve incoloro para valores inferiores a 8, el caso del concreto carbonatado. Para valores entre 8 y 9.5 este se torna entre rosa y rojo-purpura.

### I. Edificio Casa Matriz (E-01)



**Fotografía N°39.** Prueba de carbonatación en columna de 3° nivel – Casa Matriz.

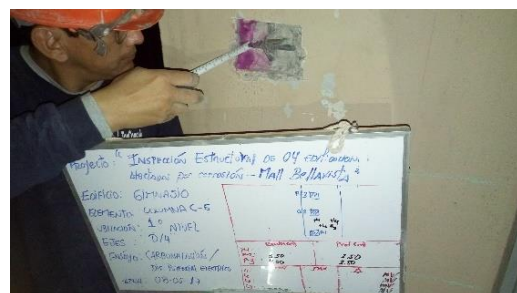


**Fotografía N°40.** Rotulación de prueba en columna C-22 de 3° nivel – Casa Matriz.

### II. Edificio Gimnasio (E-02)



**Fotografía N°41.** Prueba de carbonatación en columna de 2° nivel - Gimnasio.

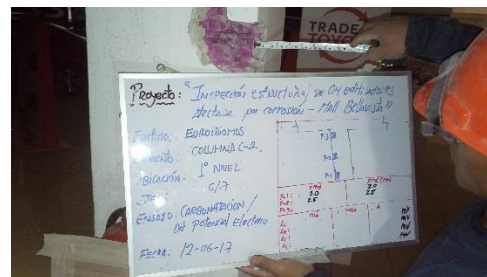


**Fotografía N°42.** Rotulación de prueba en columna C-5 de 1° nivel - Gimnasio.

### III. Edificio Euroidiomas (E-03)



**Fotografía N°43.** Prueba de carbonatación en columna de 2° nivel - Euroidiomas.



**Fotografía N°44.** Rotulación de prueba en columna C-7 de 1° nivel - Euroidiomas.

## I. Edificio Torre Medica (E-04)



**Fotografía N°45.** Prueba de **Fotografía N°46.** Rotulación de prueba de carbonatación en columna de 4° nivel – en viga V-19 de 1° nivel – Torre Medica. Torre Medica.

Las pruebas de carbonatación fueron obtenidas en 03 puntos de cada elemento estructural en estudio, en zonas aparentemente no atacadas por corrosión.

A continuación, se muestra el resultado de las pruebas de carbonatación en los elementos estructurales inspeccionados para cada edificio.

## I. Edificio Casa Matriz (E-01)

**Tabla 14**

*Tabla de valores de prueba de carbonatación – Casa Matriz.*

N°	Elemento	Descripción	Ubicación	Ejes	Carbonatación (cm)		
					P-1	P-2	P-3
1	Columna	C-1	Sótano	A/2	2.00	2.00	2.00
2	Columna	C-2	Sótano	C/2	1.50	1.50	2.00
3	Columna	C-3	Sótano	D/1	2.00	2.50	3.00
4	Columna	C-4	Sótano	B/3	2.50	2.50	2.50
5	Columna	C-5	Sótano	E/4	1.80	2.50	2.00
6	Columna	C-6	Sótano	F/2	2.00	2.00	1.50
7	Columna	C-7	Sótano	F/5	1.50	1.50	2.00
8	Columna	C-8	Sótano	E/2'	2.50	2.00	2.50
9	Columna	C-9	Sótano	F/4'	1.00	2.00	2.50
10	Columna	C-10	Sótano	E/6'	1.50	2.50	3.50

N°	Elemento	Descripción	Ubicación	Ejes	Carbonatación (cm)		
					P-1	P-2	P-3
11	Columna	C-11	Sótano	D/6'	2.50	1.60	3.00
12	Columna	C-12	Sótano	B/7'	2.00	4.50	2.50
13	Columna	C-13	Sótano	A/6'	2.50	3.00	3.50
14	Columna	C-14	Sótano	B/4'	2.00	2.00	3.00
15	Columna	C-15	2° Nivel	F/6'	2.50	4.00	1.50
16	Columna	C-16	2° Nivel	E/6'	3.50	3.50	2.50
17	Columna	C-17	2° Nivel	D/5'	3.50	3.00	3.00
18	Columna	C-18	2° Nivel	D/12	2.50	2.00	3.00
19	Columna	C-19	2° Nivel	E/13	2.50	2.75	3.00
20	Columna	C-20	2° Nivel	F/14	2.50	3.25	3.50
21	Columna	C-21	2° Nivel	D/15	3.00	2.30	3.00
22	Columna	C-22	3° Nivel	D/7'	4.00	5.00	5.00
23	Columna	C-23	3° Nivel	B/5'	4.00	4.00	5.50
24	Columna	C-24	3° Nivel	F/10	3.50	4.00	5.00
25	Columna	C-25	3° Nivel	D/7	5.00	5.00	5.00
26	Columna	C-26	3° Nivel	D/4	2.00	4.00	6.00
27	Columna	C-27	3° Nivel	D/1	2.50	4.00	4.00
28	Columna	C-28	3° Nivel	F/1	2.00	3.00	3.00
29	Viga	V-1	Sótano	C-D/1	1.50	1.50	1.50
30	Viga	V-2	Sótano	A/3-4	2.50	2.00	2.00
31	Viga	V-3	Sótano	E/3-4	1.50	2.00	1.00
32	Viga	V-4	Sótano	D-E/2	2.00	2.00	1.50
33	Viga	V-5	Sótano	F/6'-7'	2.00	2.00	2.00
34	Viga	V-6	Sótano	A/5'-6'	3.00	2.00	2.00
35	Viga	V-7	Sótano	C-D/5'	1.50	2.00	2.00
36	Viga	V-8	Sótano	D-E/3'	2.00	1.75	2.00
37	Viga	V-9	2° Nivel	E-F/7'	2.50	1.50	2.00
38	Viga	V-10	2° Nivel	E/6'-7'	0.00	1.50	2.00
39	Viga	V-11	2° Nivel	D-E/12	2.30	2.00	2.00



N°	Elemento	Descripción	Ubicación	Ejes	Carbonatación (cm)		
					P-1	P-2	P-3
40	Viga	V-12	2° Nivel	D/10-11	2.00	2.00	1.50
41	Viga	V-13	2° Nivel	C/3'-4'	1.50	2.00	2.00
42	Viga	V-14	2° Nivel	C-D/3'	2.00	2.00	1.80
43	Viga	V-15	2° Nivel	F/5-6	0.00	0.00	0.00
44	Viga	V-16	2° Nivel	D-E/8	0.00	0.50	0.00
45	Losa Maciza	L-1	Sótano	C-D/1-2	2.00	1.00	1.50
46	Losa Maciza	L-2	Sótano	A-B/3-4	2.00	2.00	2.50
47	Losa Maciza	L-3	Sótano	A-B/4'-5'	1.25	1.75	1.00
48	Losa Maciza	L-4	Sótano	C-D/5'-6'	2.00	1.50	1.50
49	Losa Maciza	L-5	2° Nivel	D-E/4'-5'	1.50	2.00	2.00
50	Losa Maciza	L-6	2° Nivel	D-E/11-12	2.00	1.50	1.50
51	Losa Maciza	L-7	2° Nivel	D-E/3-4	0.60	0.60	0.90
52	Losa Maciza	L-8	2° Nivel	E-F/6-7	1.00	0.75	0.50

## II. Edificio Gimnasio (E-02)

**Tabla 15**

*Tabla de valores de prueba de carbonatación – Gimnasio.*

N°	Elemento	Descripción	Ubicación	Ejes	Carbonatación (cm)		
					P-1	P-2	P-3
1	Columna	C-1	1° Nivel	D/1	0.00	0.80	1.00
2	Columna	C-2	1° Nivel	C/1	2.20	0.85	3.00
3	Columna	C-3	1° Nivel	A/2	TC	2.50	2.70
4	Columna	C-4	1° Nivel	D/3	1.20	1.50	0.00
5	Columna	C-5	1° Nivel	D/4	1.50	2.50	2.50
6	Columna	C-6	1° Nivel	C/4	1.50	2.30	1.50

N°	Elemento	Descripción	Ubicación	Ejes	Carbonatación (cm)		
					P-1	P-2	P-3
7	Columna	C-7	1° Nivel	B/3'	1.00	1.00	1.00
8	Columna	C-8	1° Nivel	A/6	1.50	2.00	3.00
9	Columna	C-9	1° Nivel	C/6	1.00	0.50	0.50
10	Columna	C-10	1° Nivel	D/6	1.50	1.00	2.00
11	Columna	C-11	2° Nivel	D/5	3.00	0.50	0.50
12	Columna	C-12	2° Nivel	D/3	0.00	0.00	0.00
13	Columna	C-13	2° Nivel	C/1	0.00	1.00	2.00
14	Columna	C-14	2° Nivel	C/4	2.00	2.00	2.00
15	Columna	C-15	2° Nivel	D/1	2.50	3.50	2.00
16	Columna	C-16	2° Nivel	B/3	2.00	1.00	2.00
17	Columna	C-17	2° Nivel	B/4	0.00	0.00	0.00
18	Columna	C-18	2° Nivel	C/5	0.00	0.00	0.00
19	Columna	C-19	2° Nivel	D/4	1.50	2.00	1.00
20	Columna	C-20	2° Nivel	D/2	2.00	1.50	2.50
21	Columna	C-21	3° Nivel	A/3	0.50	0.00	0.00
22	Viga	V-1	1° Nivel	A-C/1	2.50	2.00	0.60
23	Viga	V-2	1° Nivel	C/3-4	1.50	2.00	2.50
24	Viga	V-3	1° Nivel	D/3-4	3.50	2.50	2.00
25	Viga	V-4	1° Nivel	A-C/6	0.50	0.80	2.50
26	Viga	V-5	1° Nivel	D-E/2	0.00	0.00	0.00
27	Viga	V-6	1° Nivel	E/2-3	0.00	0.00	0.00
28	Viga	V-7	2° Nivel	D/1-2	3.50	4.00	2.00
29	Viga	V-8	2° Nivel	A-C/2	3.50	3.50	2.00
30	Viga	V-9	2° Nivel	C/3-4	1.00	2.50	2.50
31	Viga	V-10	2° Nivel	C-D/5	1.00	1.50	1.50
32	Viga	V-11	2° Nivel	C-D/6	1.00	1.00	1.00
33	Viga	V-12	3° Nivel	A-B/3	0.00	0.00	0.00
34	Viga	V-13	1° Nivel	C-D/3	2.00	1.50	2.00

N°	Elemento	Descripción	Ubicación	Ejes	Carbonatación (cm)		
					P-1	P-2	P-3
35	Losa Aligerada	L-1	1° Nivel	D-E/1-2	0.00	0.00	0.00
36	Losa Aligerada	L-2	1° Nivel	D-E/5-6	4.00	4.00	4.00
37	Losa Aligerada	L-3	2° Nivel	C-D/3-4	0.00	1.50	0.00
38	Losa Aligerada	L-4	2° Nivel	A-D/1-2	2.50	4.00	4.50

### III. Edificio Euroidiomas (E-03)

**Tabla 16**

*Tabla de valores de prueba de carbonatación – Euroidiomas.*

N°	Elemento	Descripción	Ubicación	Ejes	Carbonatación (cm)		
					P-1	P-2	P-3
1	Columna	C-1	1° Nivel	A/12	2.00	3.50	4.00
2	Columna	C-2	1° Nivel	C/7	2.00	2.50	1.50
3	Columna	C-3	1° Nivel	B/8	2.00	1.00	1.50
4	Columna	C-4	1° Nivel	B/5	1.50	1.00	1.00
5	Columna	C-5	1° Nivel	B/4	2.00	1.00	2.00
6	Columna	C-6	1° Nivel	A/4	1.00	1.50	2.50
7	Columna	C-7	1° Nivel	A/8	1.20	0.00	TC
8	Columna	C-8	2° Nivel	A/6	0.50	1.50	1.50
9	Columna	C-9	2° Nivel	B/7	2.50	1.00	1.00
10	Columna	C-10	2° Nivel	C/6	1.50	2.00	0.90
11	Columna	C-11	2° Nivel	C/4	2.00	2.00	2.00
12	Columna	C-12	2° Nivel	B/9	0.50	1.00	1.50
13	Columna	C-13	2° Nivel	B/11	2.00	1.50	1.80
14	Columna	C-14	2° Nivel	B/12	4.00	3.50	2.50
15	Viga	V-1	1° Nivel	A-B/12	2.00	2.50	2.50
16	Viga	V-2	1° Nivel	B-C/7	0.00	0.30	0.00

N°	Elemento	Descripción	Ubicación	Ejes	Carbonatación (cm)		
					P-1	P-2	P-3
17	Viga	V-3	1° Nivel	B/4-5	1.5	2.5	2.2
18	Viga	V-4	1° Nivel	A-B/4	2	1.5	2.2
19	Viga	V-5	2° Nivel	B/11-12	4	5	5.5
20	Viga	V-6	2° Nivel	B-C/8	TC	TC	TC
21	Viga	V-7	2° Nivel	A/3-4	3	3	3
22	Viga	V-8	2° Nivel	A-B/3	2.5	2.5	1.5
23	Losa Aligerada	L-1	1° Nivel	B-C/7-8	2.5	TC	TC
24	Losa Aligerada	L-2	1° Nivel	A-B/4-5	1.5	1.5	2
25	Losa Aligerada	L-3	2° Nivel	A-B/11-12	TC	TC	TC
26	Losa Aligerada	L-4	2° Nivel	B-C/8-10	TC	TC	TC

#### IV. Edificio Torre Medica (E-04)

**Tabla 17**

*Tabla de valores de prueba de carbonatación – Torre Medica.*

N°	Elemento	Descripción	Ubicación	Ejes	Carbonatación (cm)		
					P-1	P-2	P-3
1	Columna	C-1	4° Nivel	P/4	2.00	TC	TC
2	Columna	C-2	4° Nivel	O/1	2.00	2.00	3.00
3	Columna	C-3	4° Nivel	I/3	3.50	4.00	TC
4	Columna	C-4	4° Nivel	F/1	2.00	2.00	2.00
5	Columna	C-5	4° Nivel	A/4	2.00	2.00	2.00
6	Columna	C-6	4° Nivel	E/3	2.00	TC	TC
7	Columna	C-7	4° Nivel	N/6	0.50	1.00	2.50
8	Columna	C-8	4° Nivel	A/1	3.00	1.70	3.20
9	Columna	C-9	4° Nivel	A/3	TC	TC	TC
10	Columna	C-10	4° Nivel	C/6	2.00	1.50	2.00
11	Columna	C-11	4° Nivel	K/5	6.00	6.00	2.00

N°	Elemento	Descripción	Ubicación	Ejes	Carbonatación (cm)		
					P-1	P-2	P-3
12	Columna	C-12	4° Nivel	O/3	0.00	1.00	2.00
13	Columna	C-13	4° Nivel	L/4	TC	5.00	1.00
14	Columna	C-14	4° Nivel	E/5	2.00	TC	1.00
15	Columna	C-15	3° Nivel	D/5	TC	TC	2.50
16	Columna	C-16	3° Nivel	D/6	1.50	2.00	2.00
17	Columna	C-17	3° Nivel	G/5	2.00	TC	TC
18	Columna	C-18	3° Nivel	A/5	3.00	1.50	3.00
19	Columna	C-19	3° Nivel	L/3	4.00	TC	TC
20	Columna	C-20	3° Nivel	L/2	2.00	TC	3.00
21	Columna	C-21	3° Nivel	M/2	3.50	TC	2.50
22	Columna	C-22	2° Nivel	H/5	3.00	TC	2.50
23	Columna	C-23	2° Nivel	B/6	2.00	2.00	2.00
24	Columna	C-24	2° Nivel	E/5	4.00	TC	1.00
25	Columna	C-25	2° Nivel	B/5	1.00	1.00	4.00
26	Columna	C-26	2° Nivel	C/5	1.00	TC	2.00
27	Columna	C-27	2° Nivel	H/3	TC	4.00	TC
28	Columna	C-28	2° Nivel	I/3	4.50	TC	TC
29	Columna	C-29	1° Nivel	O/5	TC	TC	TC
30	Columna	C-30	1° Nivel	N/4	TC	TC	TC
31	Columna	C-31	1° Nivel	G/6	TC	1.00	2.00
32	Columna	C-32	1° Nivel	F/5	TC	TC	TC
33	Columna	C-33	1° Nivel	C/6	2.50	TC	TC
34	Columna	C-34	1° Nivel	C/5	TC	TC	TC
35	Columna	C-35	1° Nivel	L/6	2.00	2.00	TC
36	Viga	V-1	4° Nivel	M-N/6	0.00	0.50	1.50
37	Viga	V-2	4° Nivel	N-O/1	1.00	2.00	1.50
38	Viga	V-3	4° Nivel	L/3-4	3.00	2.00	2.00
39	Viga	V-4	4° Nivel	K-L/3	2.00	1.50	2.00
40	Viga	V-5	4° Nivel	E-F/1	3.50	5.00	3.50

N°	Elemento	Descripción	Ubicación	Ejes	Carbonatación (cm)		
					P-1	P-2	P-3
41	Viga	V-6	4° Nivel	A-B/1	2.00	1.00	2.00
42	Viga	V-7	4° Nivel	D-E/1	2.00	0.00	2.50
43	Viga	V-8	4° Nivel	D/4-5	1.50	2.50	2.00
44	Viga	V-9	3° Nivel	C-D/5	1.50	2.00	2.50
45	Viga	V-10	3° Nivel	C-D/6	1.00	1.00	1.00
46	Viga	V-11	3° Nivel	G/5-6	2.00	2.50	2.30
47	Viga	V-12	3° Nivel	L/3-4	6.00	5.00	4.50
48	Viga	V-13	3° Nivel	L-M/2	2.00	TC	3.00
49	Viga	V-14	3° Nivel	M/2-3	2.00	TC	TC
50	Viga	V-15	2° Nivel	G/5-6	1.50	2.00	1.50
51	Viga	V-16	2° Nivel	I-H/3	3.00	5.00	3.00
52	Viga	V-17	2° Nivel	C-D/6	2.50	1.50	2.00
53	Viga	V-18	2° Nivel	C-D/5	2.00	5.00	1.50
54	Viga	V-19	1° Nivel	N-O/5	3.00	TC	1.50
55	Viga	V-20	1° Nivel	J-K/6	TC	TC	TC
56	Viga	V-21	1° Nivel	C-D/6	1.00	2.50	2.00
57	Viga	V-22	1° Nivel	E/5-6	1.00	2.00	2.00
58	Losa Maciza	L-1	4° Nivel	P-Q/1-2	TC	1.00	1.00
59	Losa Maciza	L-2	4° Nivel	M-L/3-4	0.50	0.50	1.00
60	Losa Maciza	L-3	4° Nivel	E-F/1-2	TC	0.00	1.00
61	Losa Maciza	L-4	4° Nivel	A-B/4-5	5.00	2.50	2.00
62	Losa Maciza	L-5	3° Nivel	C-D/5-6	1.00	1.00	1.00
63	Losa Maciza	L-6	3° Nivel	A-B/4-5	1.00	0.00	1.00
64	Losa Maciza	L-7	2° Nivel	A-B/5-6	1.00	2.00	1.00
65	Losa Maciza	L-8	2° Nivel	C-D/5-6	1.00	1.50	TC
66	Losa Maciza	L-9	1° Nivel	N-O/5-6	3.00	1.00	TC
67	Losa Maciza	L-10	1° Nivel	D-E/5-6	TC	1.00	TC

### 5.2.7.2 Ensayo de Contenido de cloruros

El siguiente ensayo consiste en determinar los cloruros totales, solubles o no, de un concreto endurecido y puesto en servicio.

**Recursos:** Martillo demoledor, bolsa de polipropileno, plumones y tizas.



**Figura 24.** Recursos a utilizar para extracción de muestras de concreto.

#### **Procedimiento:**

La extracción de la muestra debe tomarse directamente del elemento objeto de estudio y debe de ser representativa. Se procede a realizar un picado puntual en una zona libre de residuos y sin presencia de daños aparente.

Se recolecta aproximadamente unos 500gr de material para su posterior envío al laboratorio, donde se le realizara un análisis químico.

A continuación, se muestran en las figuras 25, 26, 27 y 28, la ubicación de los puntos de extracción de las muestras para ensayo de contenido de cloruros.

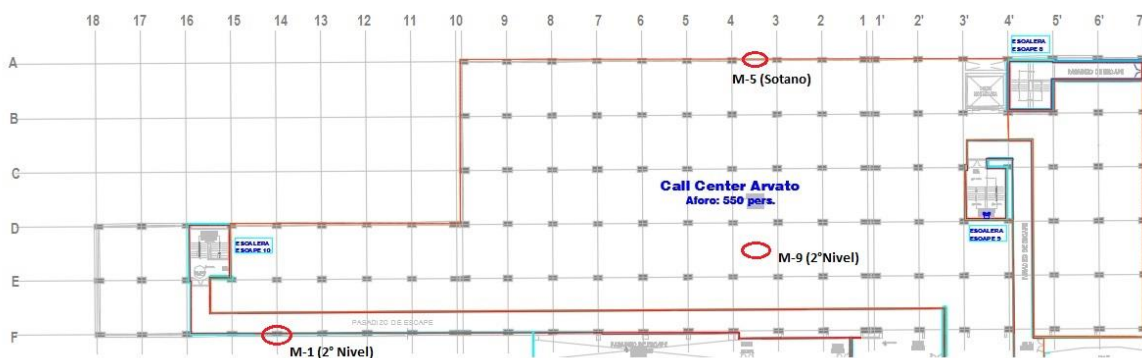
## I. Edificio Casa Matriz (E-01)



**Fotografía N°47.** Extracción de muestra en columna del 2° nivel – Casa Matriz.



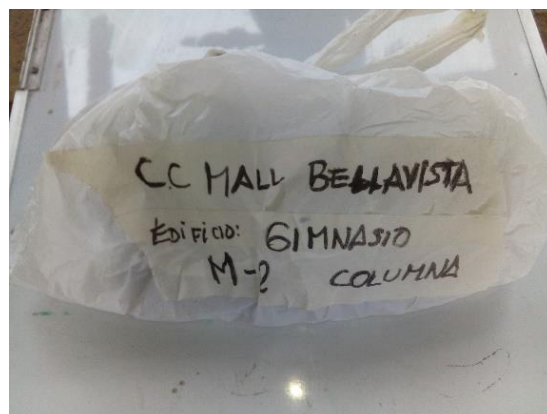
**Fotografía N°48.** Rotulación de prueba en columna M-1 del 2° nivel – Casa Matriz.



**Figura 25.** Ubicación de muestras para el ensayo de contenido de cloruros - Casa Matriz.

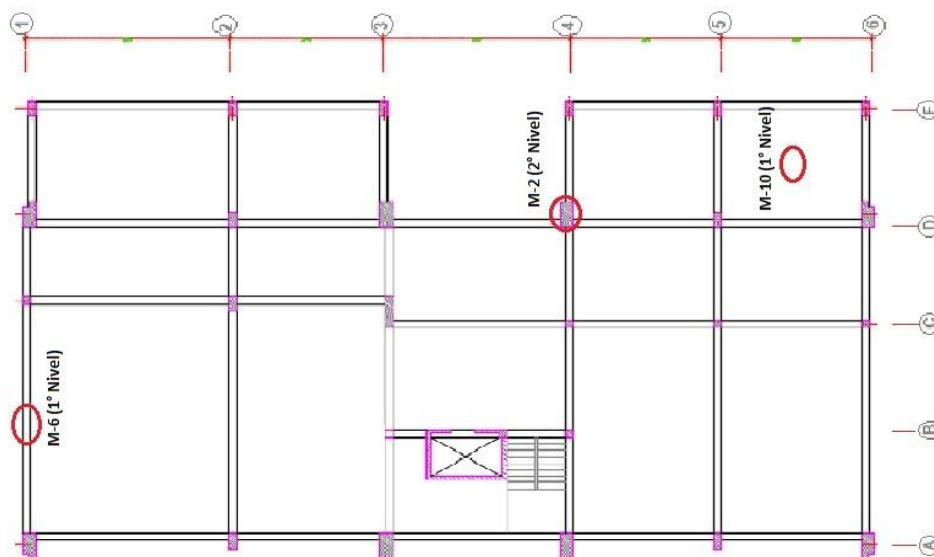


## II. Edificio Gimnasio (E-02)



**Fotografía N°49.** Extracción de muestra en columna del 2° nivel – Gimnasio.

**Fotografía N°50.** Rotulación de prueba en columna M-2 del 2° nivel - Gimnasio.

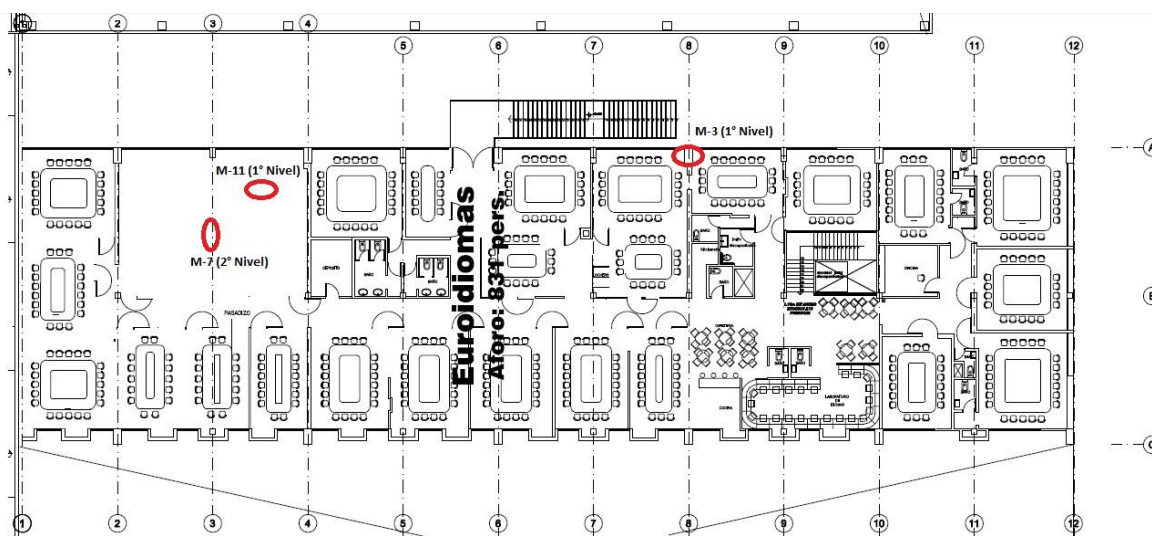


**Figura 26.** Ubicación de muestras para el ensayo de contenido de cloruros-Gimnasio.

### III. Edificio Eurodiomas (E-03)



**Fotografía N°51.** Extracción de muestra en columna del 1° nivel – Eurodiomas. **Fotografía N°52.** Rotulación de prueba en losa M-11 del 1° nivel - Eurodiomas.



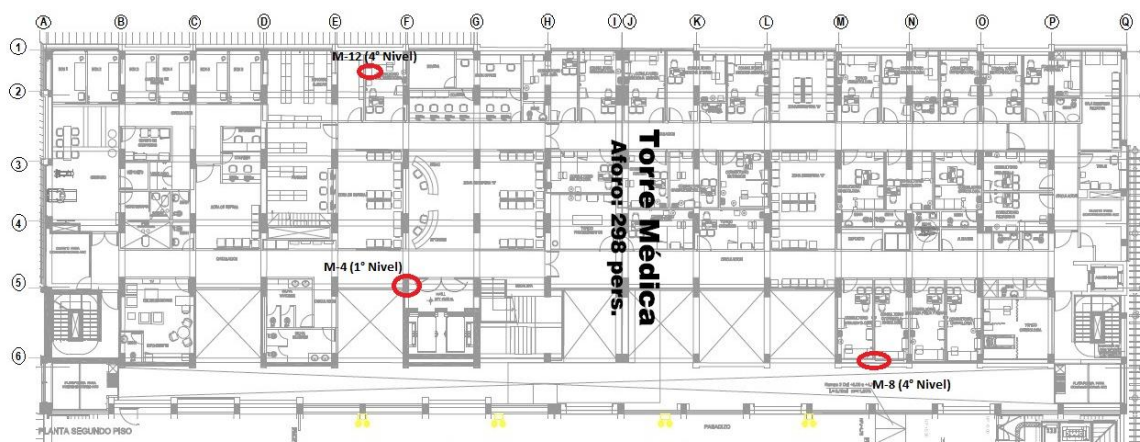
**Figura 27.** Ubicación de muestras para el ensayo de contenido de cloruros - Eurodiomas.

## II. Edificio Torre Medica (E-04)



**Fotografía N°53.** Extracción de muestra en losa del 4° nivel – Torre Medica.

**Fotografía N°54.** Rotulación de prueba en losa M-12 del 4° nivel – Torre Medica.



**Figura 28.** Ubicación de muestras para el ensayo de contenido de cloruros - Torre Medica.

De las muestras obtenidas en campo se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 18**

*Tabla de valores del análisis químico obtenidos en el laboratorio*

ID	Edificio	Descripción	Ubicación	Ejes	Contenido de cloruros $Cl^-$ (ppm)
1	Casa Matriz	Columna M-1	2° Nivel	F/14	133
2	Gimnasio	Columna M-2	2° Nivel	D/4	111
3	Eurodiomas	Columna M-3	1° Nivel	A/8	111
4	Torre Medica	Columna M-4	1° Nivel	F/5	133
5	Casa Matriz	Viga M-5	Sótano	A/3-4	127
6	Gimnasio	Viga M-6	1° Nivel	A-C/1	115
7	Eurodiomas	Viga M-7	2° Nivel	A-B/3	119
8	Torre Medica	Viga M-8	4° Nivel	M-N/6	138
9	Casa Matriz	Losa M-9	2° Nivel	D-E/3-4	130
10	Gimnasio	Losa M-10	1° Nivel	D-E/5-6	107
11	Eurodiomas	Losa M-11	1° Nivel	A-B/3-4	118
12	Torre Medica	Losa M-12	4° Nivel	E-F/1-2	140

Se procede calcular el contenido de cloruros en % del peso de cemento mediante la siguiente expresión:

$$C_c(\% \text{ peso de cemento}) = C_s(\% \text{ peso de concreto}) * (2300 / \text{Contenido de cemento})$$

Donde:

$C_c$ : Concentración de cloruros en la superficie del concreto, expresada en % en peso de cemento.

$C_s$ : Concentración de cloruros en la superficie del concreto, expresada en % en peso de cemento.

**(\*) Se consideran 9 bolsas de cemento por metro cubico de concreto (1 bolsa= 42.5 kg).**

La concentración crítica de cloruros ( $C_{th}$ ) debe ser establecida según las consideraciones específicas de la estructura en estudio, sin embargo, para condiciones normales se podrá utilizar un valor de 0.21% del peso del cemento para realizar las comprobaciones.

### 5.2.8. Calidad del concreto

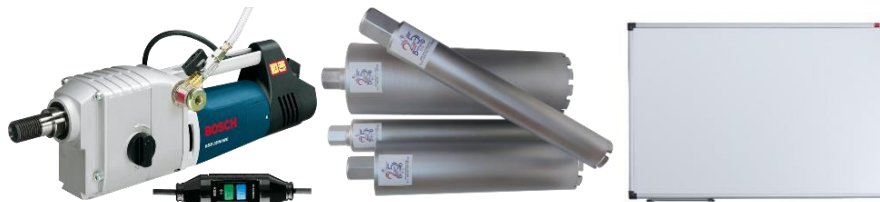
Se busca determinar la calidad del concreto endurecido y puesto en servicio, para lo cual se recurre a la obtención de la resistencia a la compresión mediante dos ensayos: extracción de corazones diamantinos y compresión de corazones diamantinos.

#### 5.2.8.1 Extracción de corazones diamantinos

El siguiente ensayo lo que busca es extraer una muestra de concreto endurecido para así poder verificar sus propiedades mecánicas, principalmente su resistencia a la compresión.

**Aparatos:** Equipo perforador de diamantinas, Escáner detector de armaduras, Bomba de agua, taladro, broca diamantada para concreto, taco de expansión, pizarra acrílica, tizas, plumones.

**Procedimiento:** Se realiza el escaneo preliminar para verificar la distribución del acero de refuerzo y tener la certeza de no impactar con el mismo al momento de la extracción, mediante el equipo detector de armaduras para lo cual debe ser calibrado antes de su utilización; se realiza el escaneo en sentido vertical para identificar el refuerzo transversal (estribos) luego en el sentido horizontal para identificar el refuerzo longitudinal y finalmente se emplantilla las lecturas.



**Figura 29.** Recursos a utilizar en la extracción de diamantinas.

**I. Edificio Casa Matriz (E-01)**



**Fotografía N°55.** Escaneo preliminar en columna para extracción del Sótano – Casa Matriz.

**II. Edificio Gimnasio (E-02)**



**Fotografía N°56.** Escaneo preliminar en viga para extracción del 1° Piso - Gimnasio.

**III. Edificio Euroidiomas (E-03)**



**Fotografía N°57.** Escaneo preliminar en viga para extracción del 1° Piso - Euroidiomas.

**IV. Edificio Torre Medica (E-04)**



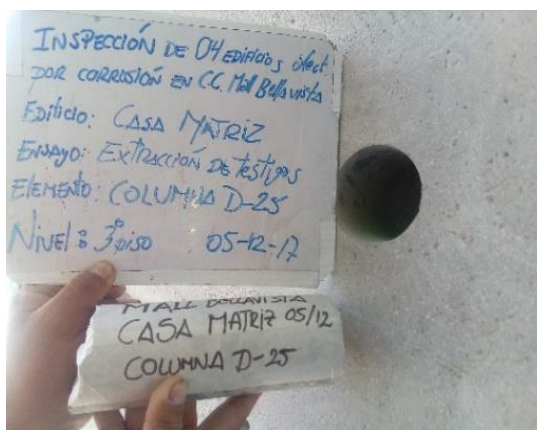
**Fotografía N°58.** Escaneo preliminar en columna para extracción del 2° Piso – Torre Medica.

El testigo debe ser extraído de forma perpendicular a la superficie horizontal de vaciado y no cerca de juntas formadas por límites obvios de vaciado (ni juntas frías ni a los extremos del elemento) según la NTP 339.034.

El diámetro de los testigos para la determinación de la resistencia a la compresión en elementos estructurales será al menos de 94mm (3.70 pulg), sin embargo, no está prohibido utilizar diámetros menores a 94mm. Solo que los testigos diamantinos menores parecen ser más sensibles al efecto de la relación longitud/diámetro (L/D). Para los edificios inspeccionados, las muestras extraídas fueron de un diámetro de 65mm con una broca diamantada de 2-3/4".

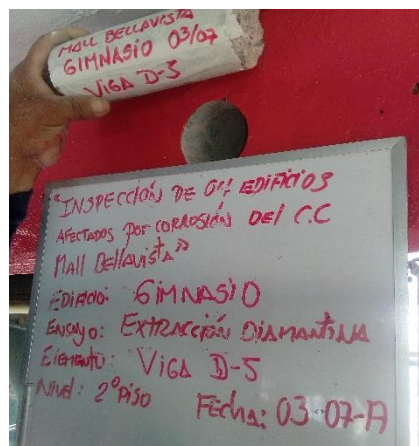
Se procede a realizar la perforación para la fijación del perno de expansión, luego se fija el equipo perforador de diamantinas al elemento estructural. Se coloca la broca diamantada de 2-3/4" y se extrae el testigo diamantino.

#### I. Edificio Casa Matriz (E-01)



**Fotografía N°59.** Testigo diamantino de columna D-25 de 3° Piso – Casa Matriz.

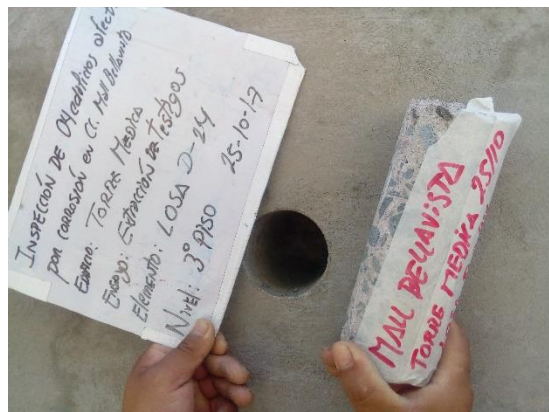
#### II. Edificio Gimnasio (E-02)



**Fotografía N°60.** Testigo diamantino de viga D-5 del 2° Piso - Gimnasio.

### III. Edificio Euroidiomas (E-03)

### IV. Edificio Torre Medica (E-04)



**Fotografía N°61.** Testigo diamantino de viga D-20 del 2° Piso - Euroidiomas.

**Fotografía N°62.** Testigo diamantino de losa D-24 del 3° Piso – Torre Medica.

Luego que los testigos diamantinos han sido extraídos, secar el agua de la superficie del testigo. Cuando las superficies parecen estar secas, pero no en más de 1 hora de extraídas, colocar los testigos en bolsas de plástico o polipropileno separadas y selladas para prevenir la perdida de humedad. Conservar los testigos diamantinos en las bolsas de plástico o recipientes no absorbentes por al menos 5 días antes de ser ensayadas.



**Fotografía N°63.** Almacenamiento de los testigos diamantinos del D-1 al D-36.



## I. Edificio Casa Matriz (E-01)

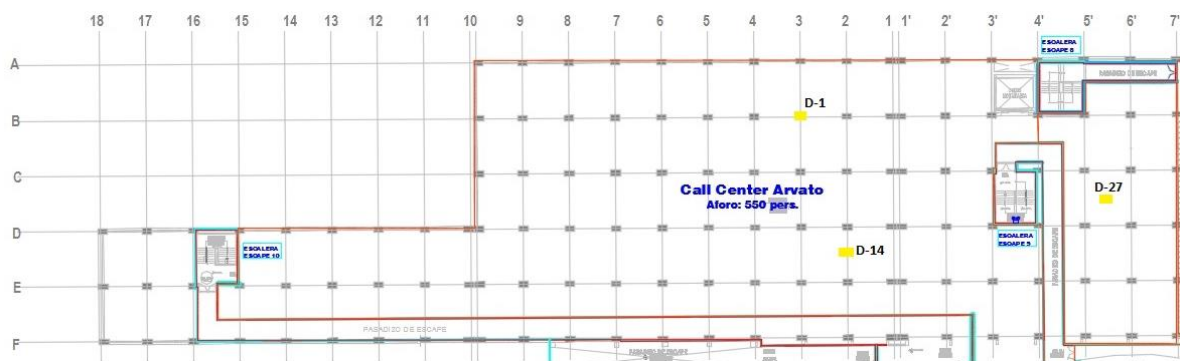
En el **Tabla 19**, se muestra la identificación de las muestras extraídas y sus características.

**Tabla 19**

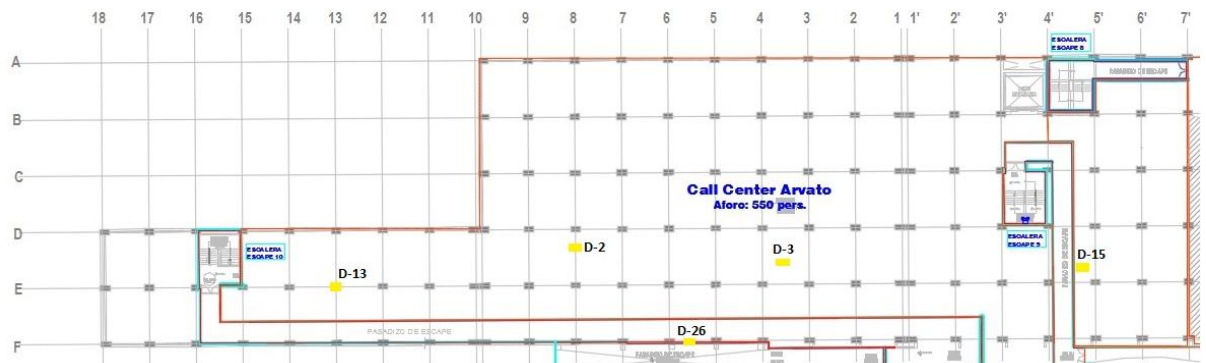
*Tabla de características de la extracción de corazones diamantinos en edificio Casa Matriz.*

ID	EDIFICIO	CODIGO	ELEMENTO	UBICACIÓN	EJE	LONGITUD (cm)	FECHA DE EXTRACCION
1	Casa Matriz	D-1	Columna	Sotano	B/3	19.00	3/07/2018
2	Casa Matriz	D-2	Viga	Nivel 2	D-E/8	19.00	3/07/2018
3	Casa Matriz	D-3	Losa Maciza	Nivel 2	D-E/3-4	19.00	3/07/2018
4	Casa Matriz	D-13	Columna	Nivel 2	E/13	19.00	25/10/2018
5	Casa Matriz	D-14	Viga	Sotano	D-E/2	18.00	25/10/2018
6	Casa Matriz	D-15	Losa Maciza	Nivel 2	D-E/4'-5'	19.00	25/10/2018
7	Casa Matriz	D-25	Columna	Nivel 3	D/7	19.00	5/12/2018
8	Casa Matriz	D-26	Viga	Nivel 2	F/5-6	14.00	5/12/2018
9	Casa Matriz	D-27	Losa Maciza	Sotano	C-D/5'-6'	19.00	5/12/2018

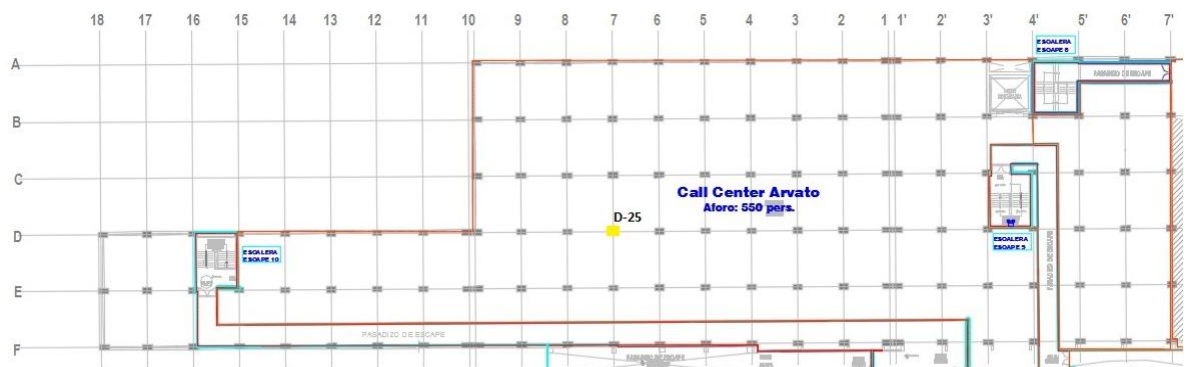
En las figuras 30, 31 y 32 se ubican los puntos de extracción por niveles en el edificio Casa Matriz.



**Figura 30.** Ubicación de los puntos de extracción en 1° Nivel - Casa Matriz.



**Figura 31.** Ubicación de los puntos de extracción en 2° Nivel - Casa Matriz.



**Figura 32.** Ubicación de los puntos de extracción en 3° Nivel - Casa Matriz.

## II. Edificio Gimnasio (E-02)

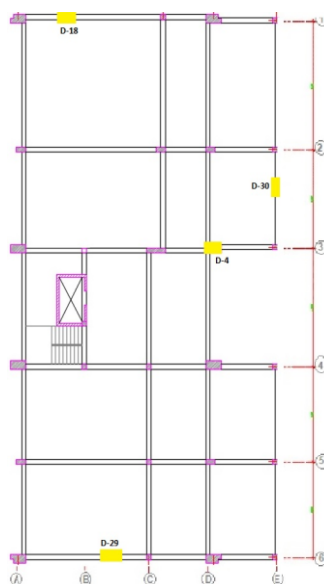
En el **Tabla 20**, se muestra la identificación de las muestras extraídas y sus características.

**Tabla 20**

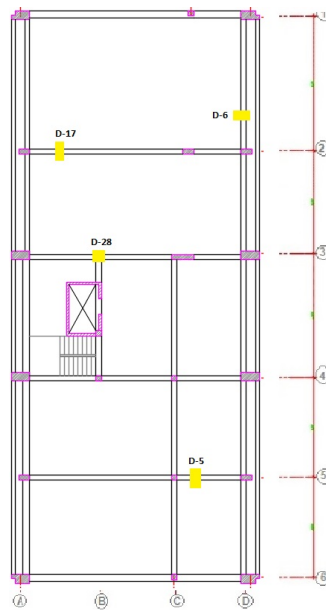
*Tabla de características de la extracción de corazones diamantinos en edificio Gimnasio.*

ID	EDIFICIO	CODIGO	ELEMENTO	UBICACIÓN	EJE	LONGITUD (cm)	FECHA DE EXTRACCION
1	Gimnasio	D-4	Columna	Nivel 1	D/3	19.00	3/07/2018
2	Gimnasio	D-5	Viga	Nivel 2	C-D/5	19.00	3/07/2018
3	Gimnasio	D-6	Viga	Nivel 2	D/1-2	19.00	3/07/2018
4	Gimnasio	D-16	Columna	Nivel 3	A/3	18.00	25/10/2018
5	Gimnasio	D-17	Viga	Nivel 2	A-C/2	18.00	25/10/2018
6	Gimnasio	D-18	Viga	Nivel 1	A-C/1	19.00	25/10/2018
7	Gimnasio	D-28	Columna	Nivel 2	B/3	19.00	5/12/2018
8	Gimnasio	D-29	Viga	Nivel 1	A-C/6	19.00	5/12/2018
9	Gimnasio	D-30	Viga	Nivel 1	E/2-3	18.00	5/12/2018

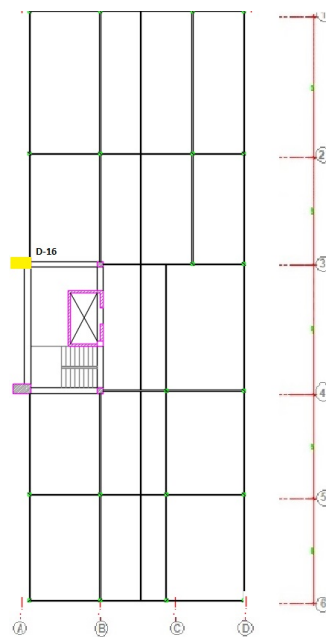
En las figuras 33, 34 y 35 se ubican los puntos de extracción por niveles en el edificio Gimnasio.



**Figura 33.** Ubicación de los puntos de extracción en 1° Nivel - Gimnasio.



**Figura 34.** Ubicación de los puntos de extracción en 2° Nivel - Gimnasio.



**Figura 35.** Ubicación de los puntos de extracción en 3° Nivel - Gimnasio.

### III. Edificio Eurodiomas (E-03)

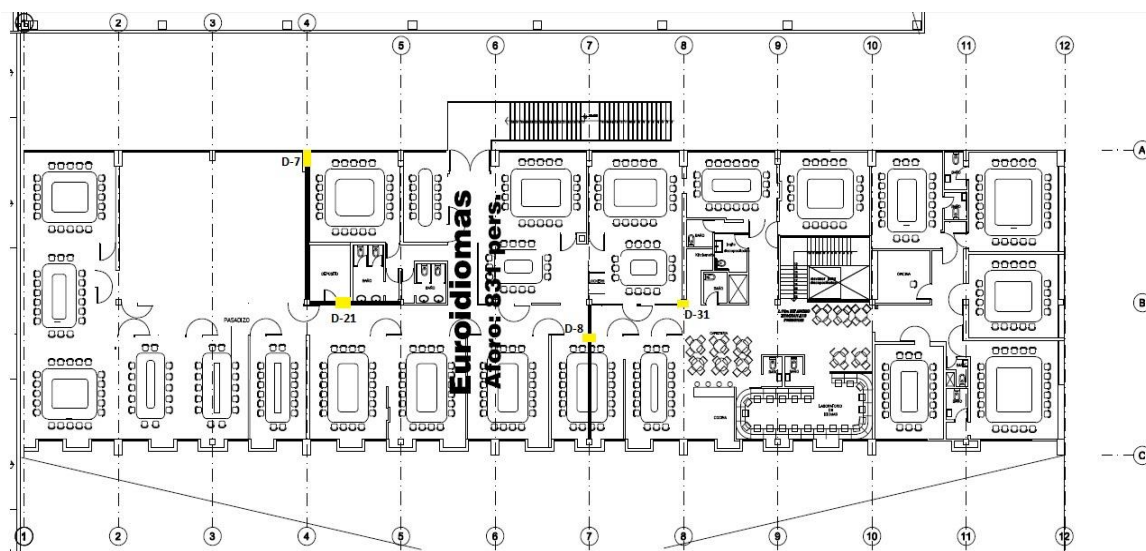
En el **Tabla 21**, se muestra la identificación de las muestras extraídas y sus características.

**Tabla 21**

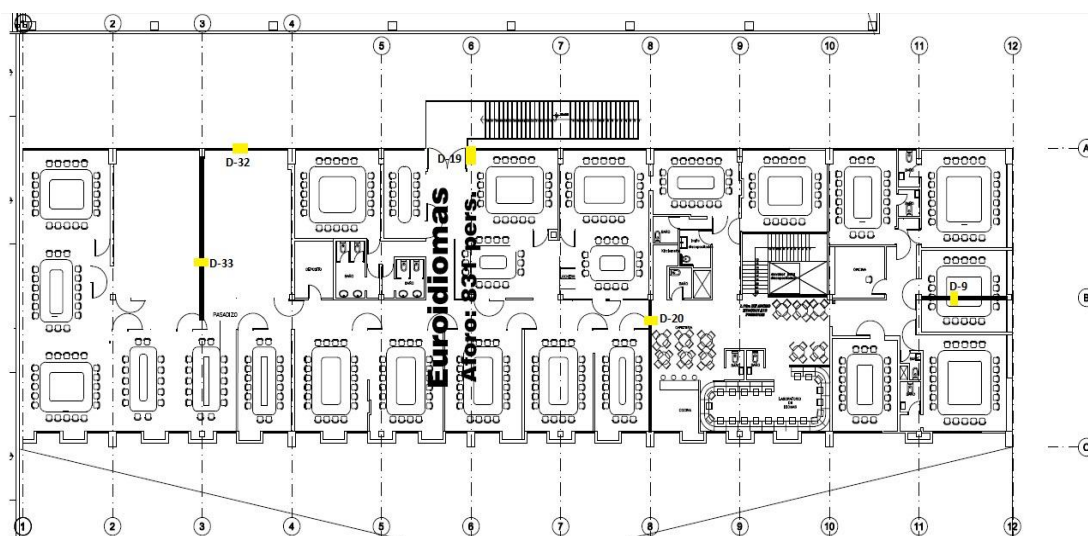
*Tabla de características de la extracción de corazones diamantinos en edificio Eurodiomas.*

ID	EDIFICIO	CODIGO	ELEMENTO	UBICACIÓN	EJE	LONGITUD (cm)	FECHA DE EXTRACCION
1	Eurodiomas	D-7	Columna	Nivel 1	A/4	19.00	3/07/2018
2	Eurodiomas	D-8	Viga	Nivel 1	B-C/7	19.00	3/07/2018
3	Eurodiomas	D-9	Viga	Nivel 2	B/11-12	19.00	3/07/2018
4	Eurodiomas	D-19	Columna	Nivel 2	A/6	19.00	25/10/2018
5	Eurodiomas	D-20	Viga	Nivel 2	B-C/8	18.00	25/10/2018
6	Eurodiomas	D-21	Viga	Nivel 1	B/4-5	15.00	25/10/2018
7	Eurodiomas	D-31	Columna	Nivel 1	B/8	14.00	5/12/2018
8	Eurodiomas	D-32	Viga	Nivel 2	A/3-4	13.50	5/12/2018
9	Eurodiomas	D-33	Viga	Nivel 2	A-B/3	16.00	5/12/2018

En las figuras 36 y 37 se ubican los puntos de extracción por niveles en el edificio Eurodiomas.



**Figura 36.** Ubicación de los puntos de extracción en 1° Nivel - Eurodiomas.



**Figura 37.** Ubicación de los puntos de extracción en 2° Nivel - Euroidiomas.

#### IV. Edificio Torre Medica (E-04)

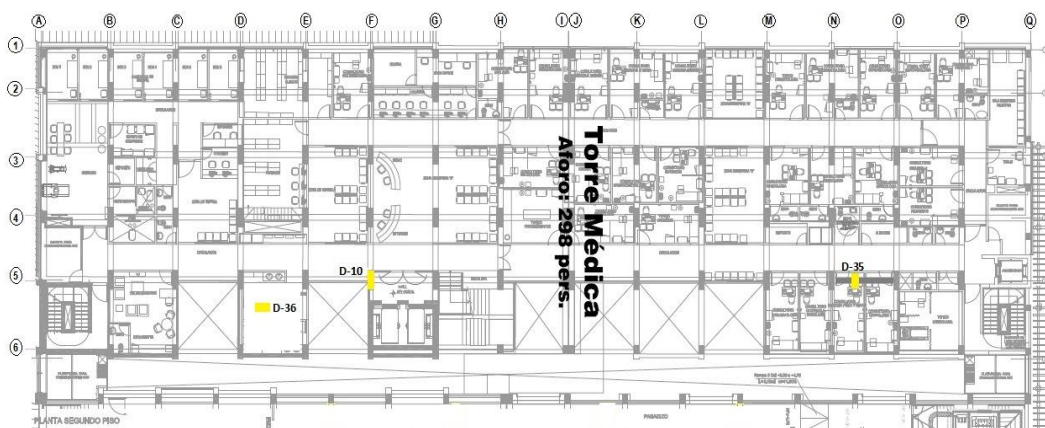
En el **Tabla 22**, se muestra la identificación de las muestras extraídas y sus características.

**Tabla 22**

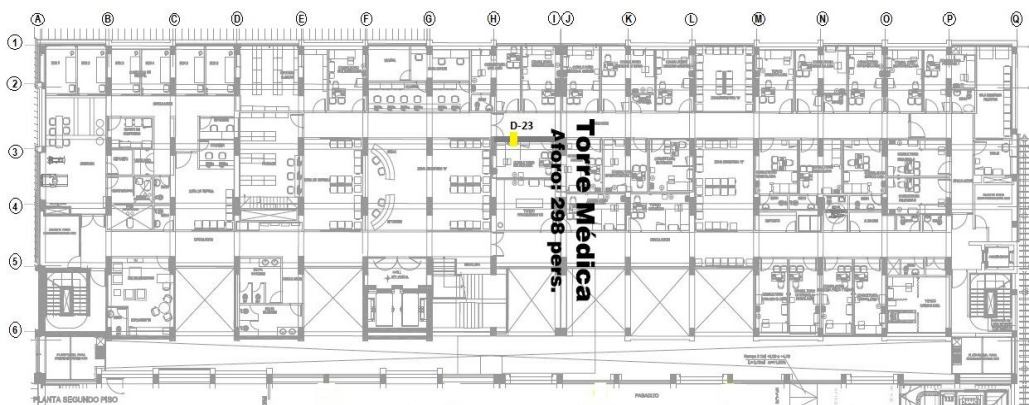
*Tabla de características de la extracción de corazones diamantinos en edificio Torre Medica.*

ID	EDIFICIO	CODIGO	ELEMENTO	UBICACIÓN	EJE	LONGITUD (cm)	FECHA DE EXTRACCION
1	Torre Medica	D-10	Columna	Nivel 1	F/5	19.00	3/07/2018
2	Torre Medica	D-11	Viga	Nivel 3	C-D/5	19.00	3/07/2018
3	Torre Medica	D-12	Losa Maciza	Nivel 4	A-B/4-5	18.00	3/07/2018
4	Torre Medica	D-22	Columna	Nivel 4	F/1	15.00	25/10/2018
5	Torre Medica	D-23	Viga	Nivel 2	H-I/3	19.00	25/10/2018
6	Torre Medica	D-24	Losa Maciza	Nivel 3	C-D/5-6	19.00	25/10/2018
7	Torre Medica	D-34	Columna	Nivel 3	G/5	16.00	5/12/2018
8	Torre Medica	D-35	Viga	Nivel 1	N-O/5	19.00	5/12/2018
9	Torre Medica	D-36	Losa Maciza	Nivel 1	D-E/5-6	19.00	5/12/2018

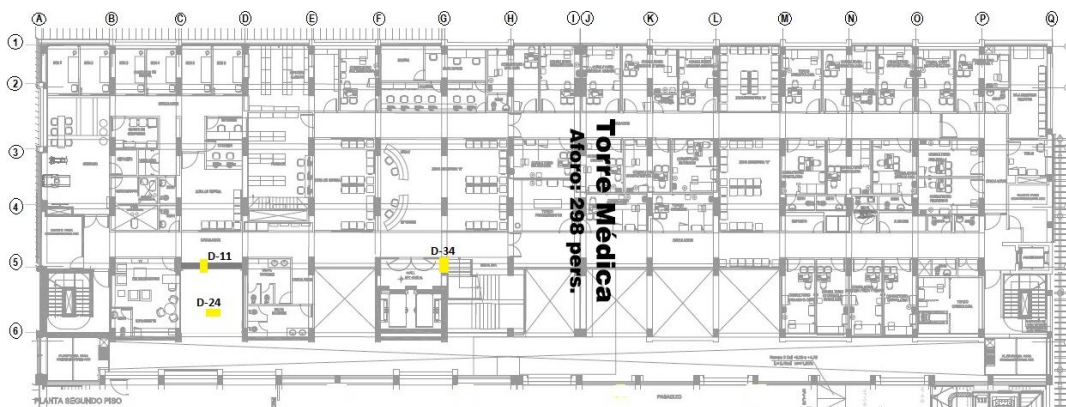
En las figuras 38, 39, 40 y 41 se ubican los puntos de extracción por niveles en el edificio Torre Medica.



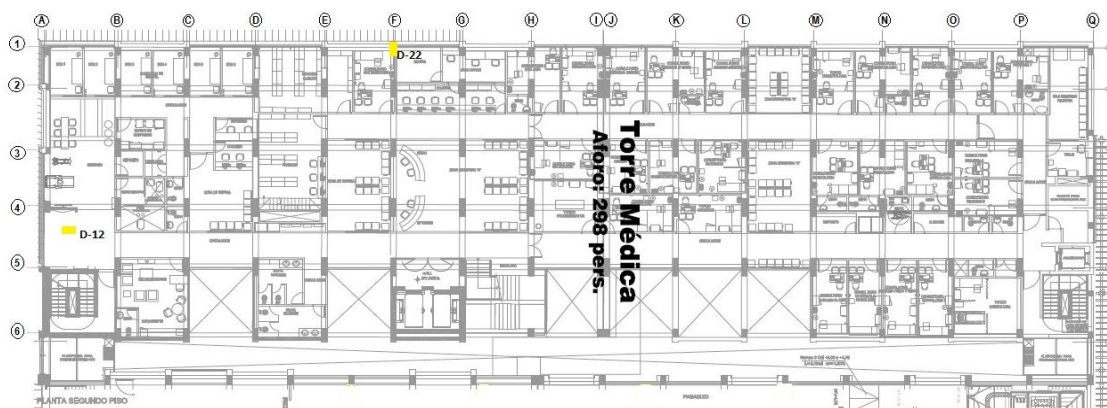
**Figura 38.** Ubicación de los puntos de extracción en 1° Nivel - Torre Medica.



**Figura 39.** Ubicación de los puntos de extracción en 2° Nivel - Torre Medica.



**Figura 40.** Ubicación de los puntos de extracción en 3° Nivel - Torre Medica.



**Figura 41.** Ubicación de los puntos de extracción en 4° Nivel - Torre Médica.

#### 5.2.8.2 Compresión de testigos diamantinos

El siguiente ensayo lo que busca es determinar la resistencia a la compresión ( $f'_c$ ) en extracciones diamantinas de concreto.

El método consiste en aplicar una carga de compresión axial a las extracciones diamantinas a una velocidad normalizada en un rango prescrito mientras ocurre la falla, la resistencia a la compresión se obtiene al dividir la carga máxima alcanzada durante el ensayo, entre el área de la sección recta de la probeta.

Los criterios para determinar que los resultados de las pruebas en compresión cumplen con cierta resistencia dada  $f'_c$ , están indicados en la Norma E.060, capítulo 4, ítem 5.6.5.4, que indica:

*“El concreto de la zona representada por los núcleos se considera estructuralmente adecuado si el promedio de tres núcleos es por lo menos igual al 85% de  $f'_c$  y ningún núcleo tiene una resistencia menor del 75% de  $f'_c$ ”.*



Los resultados obtenidos se han promediado y se ha aplicado el criterio indicado en la norma técnica peruana vigente, con el fin de aceptar los valores indicados en la especificación técnica del proyecto original y/o en caso contrario que no se cuente con la calidad del concreto especificada en el proyecto original, proponer el valor  $f'c$  actual del elemento investigado para lo cual los edificios construidos entre los años 60's y 80's se asume un  $f'c \geq 21$  MPa.

#### **5.2.9. Aplicación del método semi-probabilístico**

Según el Anejo 9° de la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE), es posible realizar los cálculos necesarios para la estimación de la vida útil residual basado en el estado límite de la durabilidad, cuando no se alcanza la vida útil de la estructura, como consecuencia de los procesos de degradación (fenómeno de carbonatación y/o penetración de ion cloruro).

Se procede a realiza realizar el cálculo de la vida útil residual de los elementos en relación al modelo de degradación por carbonatación. Para encontrar el tiempo de vida residual de los elementos de concreto armado, necesitamos calcular los tiempos de incubación residual y propagación:

$$t_L^* = t_i^* + t_p$$

$t_i^*$ : Período de incubación residual de la corrosión, entendido como el tiempo restante donde el fenómeno agresivo logra alcanzar la armadura provocando el inicio de la corrosión.

$t_p$ : Período de propagación, que es el tiempo de propagación de la corrosión hasta que se produzca una degradación significativa del elemento estructural.

### 5.2.9.1 Cálculo del tiempo de incubación residual

El modelo establece que el periodo de tiempo necesario para que se produzca la carbonatación a una distancia “d” respecto a la superficie del concreto puede estimarse, por lo tanto, para una profundidad no carbonatada “d\*” la expresión sería:

$$d^* = \text{recubrimiento} - d \quad t_i^* = (d^*/K_c)^2$$

Donde:

*d*: Profundidad de carbonatación en mm

*d\**: Profundidad no carbonatada en mm

*t<sub>i</sub>\**: Tiempo de incubación de recubrimiento restante en años

*K<sub>c</sub>*: Coeficiente de carbonatación  $\implies K_c = C_{env} * C_{air} * a * f_{cm}^b$

*C<sub>env</sub>*: Coeficiente ambiental (Cuadro 3)

*C<sub>air</sub>*: Coeficiente en función del contenido de aire (Cuadro 4)

*a, b*: Parámetros dependientes del tipo de conglomerantes (Cuadro 5)

*f<sub>cm</sub>*: Resistencia media del concreto a compresión (*Mpa*) = *f'<sub>c</sub>* + 8

### 5.2.9.2 Cálculo del tiempo de propagación

El modelo propone una ecuación para el cálculo del tiempo de propagación de la corrosión a partir de la siguiente expresión.

$$t_p = \frac{80}{\emptyset} * \frac{d}{V_{corr}}$$

Donde:

*d*: Recubrimiento en mm

$\emptyset$ : Diámetro de la barra

$V_{corr}$ : Velocidad de corrosión en  $\mu\text{m/año}$  (Cuadro 6)

### 5.2.9.3 *Calculo de la estimación de vida útil residual*

La vida útil residual de una estructura afectada por corrosión, donde el fenómeno de degradación predominante es la carbonatación; será igual a la suma del periodo de incubación residual y el periodo de propagación de la corrosión.

$$t_L^* = t_i^* + t_p \rightarrow (d^*/K_c)^2 + \frac{80}{\emptyset} \cdot \frac{d}{V_{corr}}$$

## **CAPÍTULO VI**

### **RESULTADOS**

En el siguiente capítulo se mostrarán los resultados obtenidos a partir de la estadística descriptiva mediante la técnica de Datos Agrupados y No Agrupados, y se visualizarán de forma más organizada mediante histogramas y gráficos de barras o circulares.

#### **6.1 DESCRIPCION DE RESULTADOS**

##### **6.1.1 Fenómeno de degradación predominante**

Se analizarán los resultados obtenidos en campo según las pruebas de carbonatación y contenido de cloruros; para así identificar el fenómeno de degradación predominante el cual es vital para estimar la vida útil residual de las estructuras.

## 6.1.1.1 Prueba cualitativa de carbonatación

## I. Edificio Casa Matriz (E-01)

En el **Tabla 23**, se muestran los valores obtenidos en las mediciones in-situ del recubrimiento del concreto y la profundidad de carbonatación.

**Tabla 23**

*Tabla de resultados de recubrimiento del concreto y profundidad de carbonatación en edificio Casa Matriz.*

N°	Elemento	Descripción	Ubicación	Ejes	Recubrimiento (cm)			Carbonatación (cm)		
					P-1	P-2	P-3	P-1	P-2	P-3
1	Columna	C-1	Sótano	A/2	7.00	4.50	6.00	2.00	2.00	2.00
2	Columna	C-2	Sótano	C/2	5.50	5.50	4.00	1.50	1.50	2.00
3	Columna	C-3	Sótano	D/1	5.50	6.00	4.50	2.00	2.50	3.00
4	Columna	C-4	Sótano	B/3	5.50	<b>3.00</b>	5.00	2.50	2.50	2.50
5	Columna	C-5	Sótano	E/4	3.20	<b>3.00</b>	<b>3.00</b>	1.80	2.50	2.00
6	Columna	C-6	Sótano	F/2	5.00	<b>3.30</b>	4.00	2.00	2.00	1.50
7	Columna	C-7	Sótano	F/5	5.00	4.00	4.00	1.50	1.50	2.00
8	Columna	C-8	Sótano	E/2'	3.50	4.50	4.00	2.50	2.00	2.50
9	Columna	C-9	Sótano	F/4'	3.50	3.50	3.50	1.00	2.00	2.50
10	Columna	C-10	Sótano	E/6'	<b>2.50</b>	5.50	3.50	1.50	2.50	3.50
11	Columna	C-11	Sótano	D/6'	4.00	<b>3.00</b>	4.50	2.50	1.60	3.00
12	Columna	C-12	Sótano	B/7'	<b>3.00</b>	3.50	<b>3.00</b>	2.00	<b>4.50</b>	2.50
13	Columna	C-13	Sótano	A/6'	4.00	5.00	3.50	2.50	3.00	3.50
14	Columna	C-14	Sótano	B/4'	<b>2.50</b>	<b>2.00</b>	<b>2.50</b>	2.00	2.00	3.00
15	Columna	C-15	2° Nivel	F/6'	<b>3.30</b>	5.00	5.00	2.50	4.00	1.50
16	Columna	C-16	2° Nivel	E/6'	4.00	3.50	<b>2.50</b>	3.50	3.50	2.50
17	Columna	C-17	2° Nivel	D/5'	4.50	4.50	5.70	3.50	3.00	3.00
18	Columna	C-18	2° Nivel	D/12	5.50	<b>2.00</b>	4.50	2.50	<b>2.00</b>	3.00
19	Columna	C-19	2° Nivel	E/13	5.50	4.00	4.50	2.50	2.75	3.00
20	Columna	C-20	2° Nivel	F/14	3.50	3.50	4.00	2.50	3.25	3.50

N°	Elemento	Descripción	Ubicación	Ejes	Recubrimiento (cm)			Carbonatación (cm)		
					P-1	P-2	P-3	P-1	P-2	P-3
21	Columna	C-21	2° Nivel	D/15	3.50	<b>2.50</b>	<b>2.50</b>	3.00	2.30	<b>3.00</b>
22	Columna	C-22	3° Nivel	D/7'	4.20	4.00	4.00	4.00	<b>5.00</b>	<b>5.00</b>
23	Columna	C-23	3° Nivel	B/5'	3.50	5.00	4.50	<b>4.00</b>	4.00	<b>5.50</b>
24	Columna	C-24	3° Nivel	F/10	<b>1.50</b>	<b>3.00</b>	4.50	<b>3.50</b>	<b>4.00</b>	<b>5.00</b>
25	Columna	C-25	3° Nivel	D/7	4.00	3.70	4.50	<b>5.00</b>	<b>5.00</b>	<b>5.00</b>
26	Columna	C-26	3° Nivel	D/4	3.50	<b>2.00</b>	3.50	2.00	<b>4.00</b>	<b>6.00</b>
27	Columna	C-27	3° Nivel	D/1	<b>3.30</b>	3.50	3.50	2.50	<b>4.00</b>	<b>4.00</b>
28	Columna	C-28	3° Nivel	F/1	<b>2.50</b>	4.00	6.50	2.00	3.00	3.00
29	Viga	V-1	Sótano	C-D/1	4.00	4.50	4.00	1.50	1.50	1.50
30	Viga	V-2	Sótano	A/3-4	4.00	3.50	<b>2.50</b>	2.50	2.00	2.00
31	Viga	V-3	Sótano	E/3-4	<b>2.80</b>	<b>2.20</b>	5.00	1.50	2.00	1.00
32	Viga	V-4	Sótano	D-E/2	3.50	3.50	<b>2.00</b>	2.00	2.00	1.50
33	Viga	V-5	Sótano	F/6'-7'	5.50	5.00	5.20	2.00	2.00	2.00
34	Viga	V-6	Sótano	A/5'-6'	4.00	<b>2.50</b>	3.50	3.00	2.00	2.00
35	Viga	V-7	Sótano	C-D/5'	<b>3.00</b>	3.50	3.50	1.50	2.00	2.00
36	Viga	V-8	Sótano	D-E/3'	4.00	4.00	3.50	2.00	1.75	2.00
37	Viga	V-9	2° Nivel	E-F/7'	4.00	3.50	3.50	2.50	1.50	2.00
38	Viga	V-10	2° Nivel	E/6'-7'	3.50	<b>2.50</b>	4.00	<b>0.00</b>	1.50	2.00
39	Viga	V-11	2° Nivel	D-E/12	3.50	6.50	5.00	2.30	2.00	2.00
40	Viga	V-12	2° Nivel	D/10-11	4.00	3.80	<b>2.00</b>	2.00	2.00	1.50
41	Viga	V-13	2° Nivel	C/3'-4'	<b>2.50</b>	<b>2.50</b>	4.50	1.50	2.00	2.00
42	Viga	V-14	2° Nivel	C-D/3'	<b>2.20</b>	<b>1.50</b>	<b>1.80</b>	2.00	<b>2.00</b>	<b>1.80</b>
43	Viga	V-15	2° Nivel	F/5-6	4.50	3.50	3.50	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
44	Viga	V-16	2° Nivel	D-E/8	4.00	4.50	5.00	<b>0.00</b>	0.50	<b>0.00</b>
45	Losa Maciza	L-1	Sótano	C-D/1-2	2.50	2.50	2.00	2.00	1.00	1.50
46	Losa Maciza	L-2	Sótano	A-B/3-4	4.00	4.00	6.00	2.00	2.00	2.50
47	Losa Maciza	L-3	Sótano	A-B/4'-5'	3.00	2.20	2.50	1.25	1.75	1.00

N°	Elemento	Descripción	Ubicación	Ejes	Recubrimiento (cm)			Carbonatación (cm)		
					P-1	P-2	P-3	P-1	P-2	P-3
48	Losa Maciza	L-4	Sótano	C-D/5'-6'	3.00	2.00	2.50	2.00	1.50	1.50
49	Losa Maciza	L-5	2° Nivel	D-E/4'-5'	1.50	2.50	2.00	1.50	2.00	2.00
50	Losa Maciza	L-6	2° Nivel	D-E/11-12	2.50	2.00	2.00	2.00	1.50	1.50
51	Losa Maciza	L-7	2° Nivel	D-E/3-4	4.00	5.50	3.50	0.60	0.60	0.90
52	Losa Maciza	L-8	2° Nivel	E-F/6-7	3.00	4.50	3.00	1.00	0.75	0.50

**Negro:** Concreto totalmente carbonatado. **Verde:** No presenta profundidad de carbonatación. **Azul:** Recubrimiento inadecuado para la estructura inspeccionada (columna, viga o losa). **Rojo:** Profundidad de carbonatación que alcanzo o sobrepaso al refuerzo de acero.

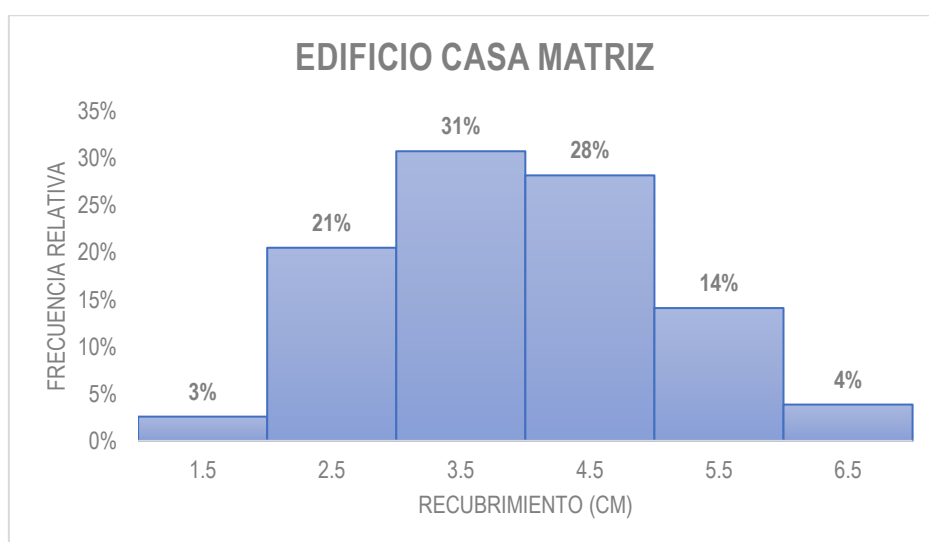
### A) Recubrimiento del concreto:

De las mediciones en campo mostradas en la Tabla 23, podemos obtener los siguientes datos, donde:

**Tabla 24**

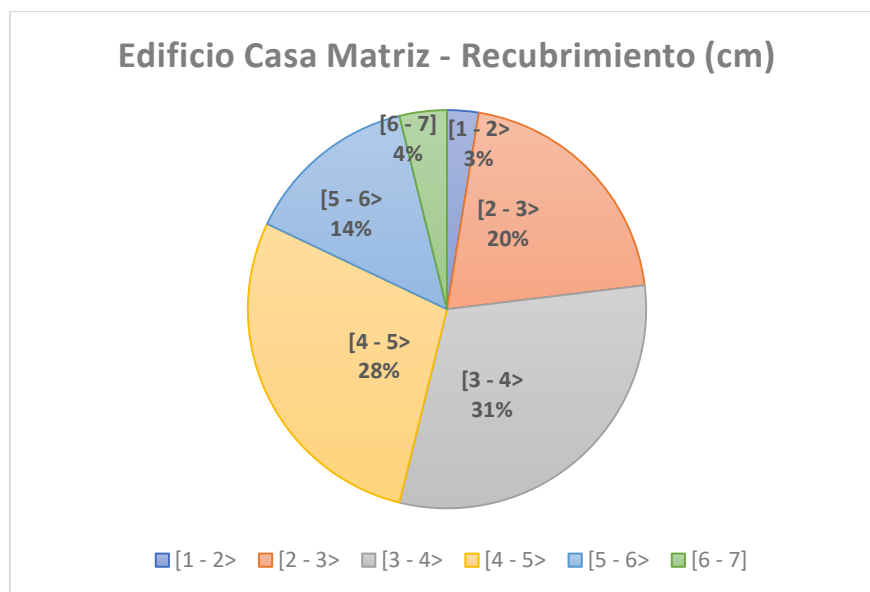
*Tabla de frecuencias de recubrimientos medidos en Casa Matriz.*

Intervalos (cm)	$x_i$	$f_i$	$F_i$	$h_i$	$H_i$	$x_i f_i$
[1 - 2>	1.5	4	4	3%	3%	6
[2 - 3>	2.5	32	36	21%	23%	80
[3 - 4>	3.5	48	84	31%	54%	168
[4 - 5>	4.5	44	128	28%	82%	198
[5 - 6>	5.5	22	150	14%	96%	121
[6 - 7]	6.5	6	156	4%	100%	39
<b>Total</b>		156			$\Sigma$	612
<b>Media <math>\bar{x}</math></b>		3.92	cm		<b>Mínimo</b>	1.5
<b>Recubrimiento promedio</b>		3.9	cm		<b>Máximo</b>	7



**Gráfico 1.** Gráfico de barras para recubrimiento del concreto –Casa Matriz.





**Gráfico 2.** Gráfico circular para recubrimiento del concreto – Casa Matriz.

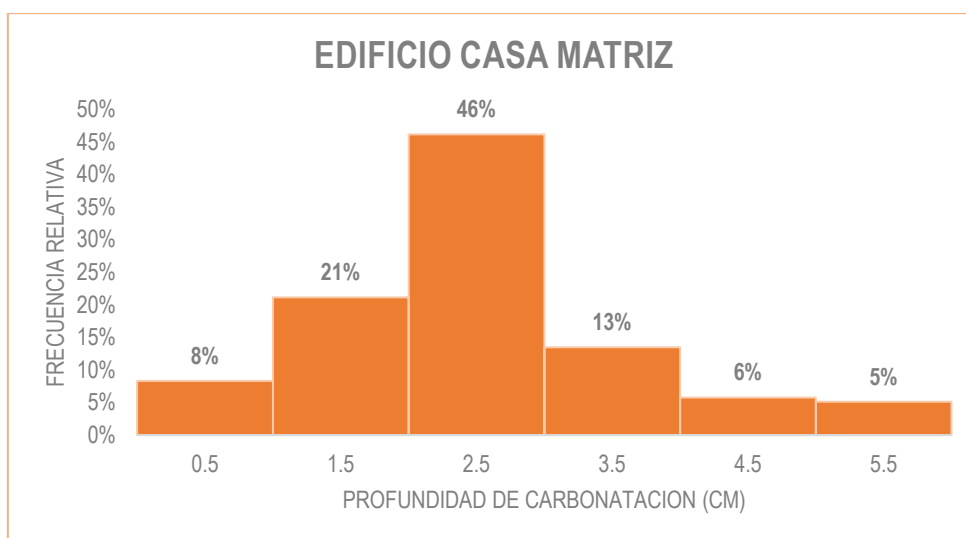
### B) Profundidad de Carbonatación:

De las mediciones en campo mostradas en la Tabla 23, podemos obtener los siguientes datos, donde:

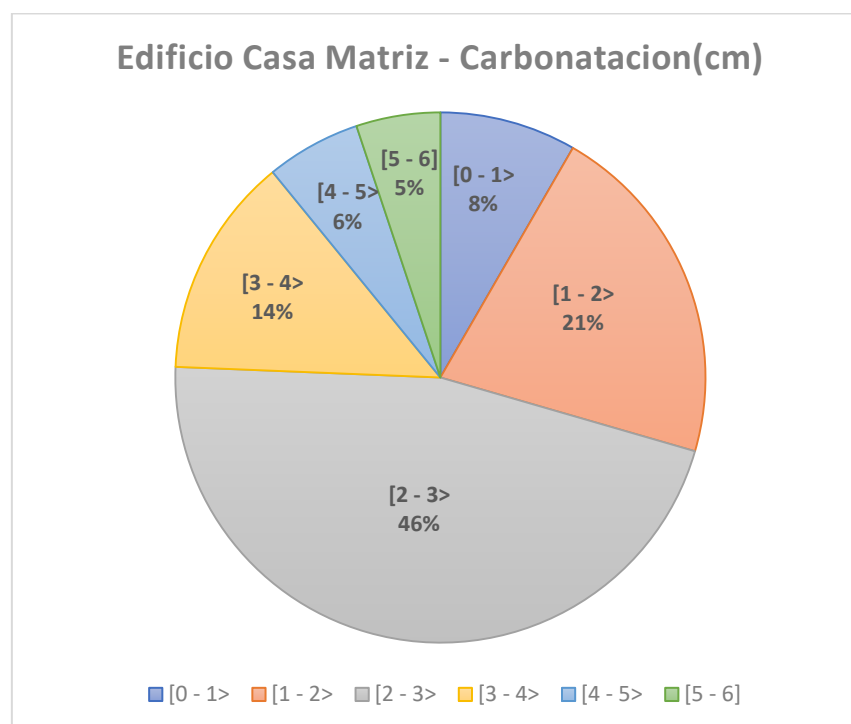
**Tabla 25**

*Tabla de frecuencias de profundidad de carbonatación in-situ -Casa Matriz.*

Intervalos (cm)	$x_i$	$f_i$	$F_i$	$h_i$	$H_i$	$x_i f_i$
[0 - 1>	0.5	13	13	8%	8%	6.5
[1 - 2>	1.5	33	46	21%	29%	49.5
[2 - 3>	2.5	72	118	46%	76%	180
[3 - 4>	3.5	21	139	13%	89%	73.5
[4 - 5>	4.5	9	148	6%	95%	40.5
[5 - 6]	6.5	8	156	5%	100%	52
<b>Total</b>		156			$\Sigma$	402
<b>Media <math>\bar{x}</math></b>		2.58	cm		Mínimo	0
<b>Carbonatación promedio</b>		2.6	cm		Máximo	6



**Gráfico 3.** Gráfico de barras para profundidad de carbonatación – Casa Matriz.



**Gráfico 4.** Gráfico circular para profundidad de carbonatación – Casa Matriz.

## II. Edificio Gimnasio (E-02)

En el **Tabla 26**, se muestran los valores obtenidos en las mediciones in-situ del recubrimiento del concreto y la profundidad de carbonatación.

**Tabla 26**

*Tabla de resultados de recubrimiento del concreto y profundidad de carbonatación en edificio Gimnasio.*

N°	Elemento	Descripción	Ubicación	Ejes	Recubrimiento (cm)			Carbonatación (cm)		
					P-1	P-2	P-3	P-1	P-2	P-3
1	Columna	C-1	1° Nivel	D/1	1.50	2.00	3.40	0.00	0.80	1.00
2	Columna	C-2	1° Nivel	C/1	5.50	3.50	3.00	2.20	0.85	3.00
3	Columna	C-3	1° Nivel	A/2	1.00	2.50	3.00	5.00	2.50	2.70
4	Columna	C-4	1° Nivel	D/3	6.00	4.20	4.50	1.20	1.50	0.00
5	Columna	C-5	1° Nivel	D/4	4.50	3.50	4.00	1.50	2.50	2.50
6	Columna	C-6	1° Nivel	C/4	2.50	3.00	3.00	1.50	2.30	1.50
7	Columna	C-7	1° Nivel	B/3'	1.50	3.00	3.50	1.00	1.00	1.00
8	Columna	C-8	1° Nivel	A/6	3.00	2.50	4.00	1.50	2.00	3.00
9	Columna	C-9	1° Nivel	C/6	3.00	3.50	3.50	1.00	0.50	0.50
10	Columna	C-10	1° Nivel	D/6	2.50	2.00	4.00	1.50	1.00	2.00
11	Columna	C-11	2° Nivel	D/5	6.00	4.50	3.50	3.00	0.50	0.50
12	Columna	C-12	2° Nivel	D/3	6.00	5.50	5.00	0.00	0.00	0.00
13	Columna	C-13	2° Nivel	C/1	2.00	2.00	2.00	0.00	1.00	2.00
14	Columna	C-14	2° Nivel	C/4	3.00	4.00	4.00	2.00	2.00	2.00
15	Columna	C-15	2° Nivel	D/1	3.00	4.00	3.50	2.50	3.50	2.00
16	Columna	C-16	2° Nivel	B/3	4.50	3.00	4.00	2.00	1.00	2.00
17	Columna	C-17	2° Nivel	B/4	3.50	4.50	4.00	0.00	0.00	0.00
18	Columna	C-18	2° Nivel	C/5	2.50	4.00	3.00	0.00	0.00	0.00
19	Columna	C-19	2° Nivel	D/4	3.00	2.75	3.50	1.50	2.00	1.00
20	Columna	C-20	2° Nivel	D/2	5.00	2.50	3.00	2.00	1.50	2.50
21	Columna	C-21	3° Nivel	A/3	3.00	4.50	6.00	0.50	0.00	0.00
22	Viga	V-1	1° Nivel	A-C/1	3.00	2.50	5.50	2.50	2.00	0.60
23	Viga	V-2	1° Nivel	C/3-4	3.50	3.00	5.00	1.50	2.00	2.50
24	Viga	V-3	1° Nivel	D/3-4	4.00	3.50	3.00	3.50	2.50	2.00

N°	Elemento	Descripción	Ubicación	Ejes	Recubrimiento (cm)			Carbonatación (cm)		
					P-1	P-2	P-3	P-1	P-2	P-3
25	Viga	V-4	1° Nivel	A-C/6	1.50	2.00	4.50	0.50	0.80	2.50
26	Viga	V-5	1° Nivel	D-E/2	3.50	4.00	3.00	0.00	0.00	0.00
27	Viga	V-6	1° Nivel	E/2-3	3.50	3.50	3.50	0.00	0.00	0.00
28	Viga	V-7	2° Nivel	D/1-2	3.00	1.50	2.50	3.50	4.00	2.00
29	Viga	V-8	2° Nivel	A-C/2	3.00	2.50	1.50	3.50	3.50	2.00
30	Viga	V-9	2° Nivel	C/3-4	1.50	3.00	2.00	1.00	2.50	2.50
31	Viga	V-10	2° Nivel	C-D/5	4.00	3.00	3.00	1.00	1.50	1.50
32	Viga	V-11	2° Nivel	C-D/6	1.50	1.50	3.00	1.00	1.00	1.00
33	Viga	V-12	3° Nivel	A-B/3	3.00	3.00	2.50	0.00	0.00	0.00
34	Viga	V-13	1° Nivel	C-D/3	4.00	3.00	4.00	2.00	1.50	2.00
35	Losa Aligerada	L-1	1° Nivel	D-E/1-2	2.50	4.00	2.50	0.00	0.00	0.00
36	Losa Aligerada	L-2	1° Nivel	D-E/5-6	2.00	2.00	2.00	4.00	4.00	4.00
37	Losa Aligerada	L-3	2° Nivel	C-D/3-4	4.50	5.00	3.00	0.00	1.50	0.00
38	Losa Aligerada	L-4	2° Nivel	A-D/1-2	3.00	3.50	3.50	2.50	4.00	4.50

**Negro:** Concreto totalmente carbonatado. **Verde:** No presenta profundidad de carbonatación. **Azul:** Recubrimiento inadecuado para la estructura inspeccionada (columna, viga o losa). **Rojo:** Profundidad de carbonatación que alcanzo o sobrepaso al refuerzo de acero.

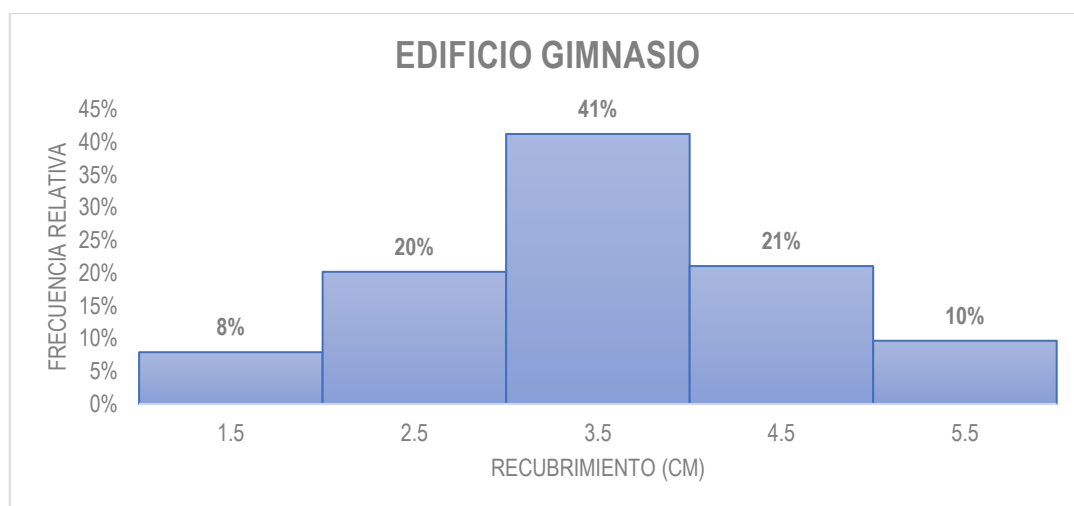
### A) Recubrimiento del concreto:

De las mediciones en campo mostradas en la Tabla 26, podemos obtener los siguientes datos, donde:

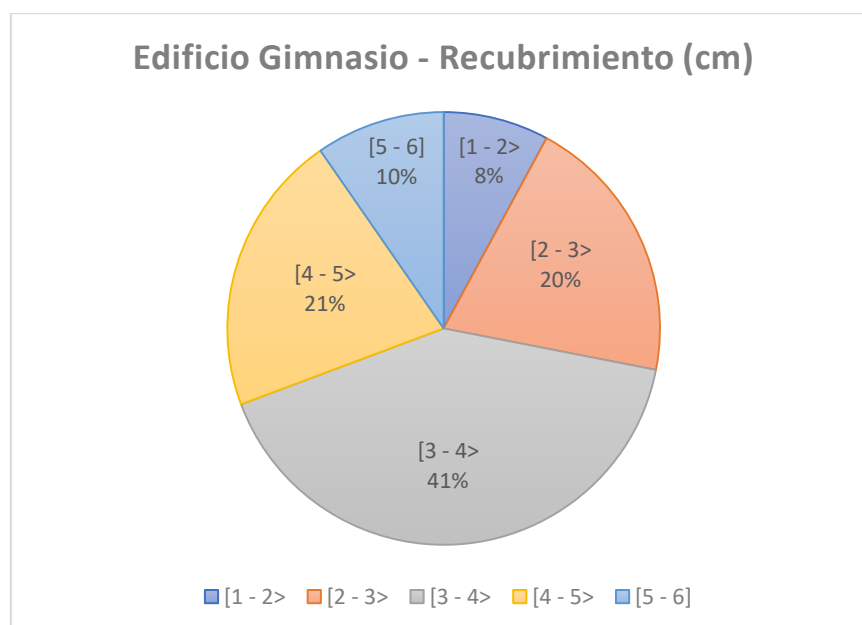
**Tabla 27**

*Tabla de frecuencias de recubrimientos medidos en Gimnasio.*

Intervalos (cm)	$x_i$	$f_i$	$F_i$	$h_i$	$H_i$	$x_i f_i$
[1 - 2>	1.5	9	9	8%	8%	13.5
[2 - 3>	2.5	23	32	20%	28%	57.5
[3 - 4>	3.5	47	79	41%	69%	164.5
[4 - 5>	4.5	24	103	21%	90%	108
[5 - 6]	5.5	11	114	10%	100%	60.5
<b>Total</b>		114			$\Sigma$	404
<b>Media <math>\bar{x}</math></b>		3.54	cm		<b>Mínimo</b>	1
<b>Recubrimiento promedio</b>		3.5	cm		<b>Máximo</b>	5



**Gráfico 5.** Gráfico de barras para recubrimiento del concreto –Gimnasio.



**Gráfico 6.** Gráfico circular para recubrimiento del concreto – Gimnasio.

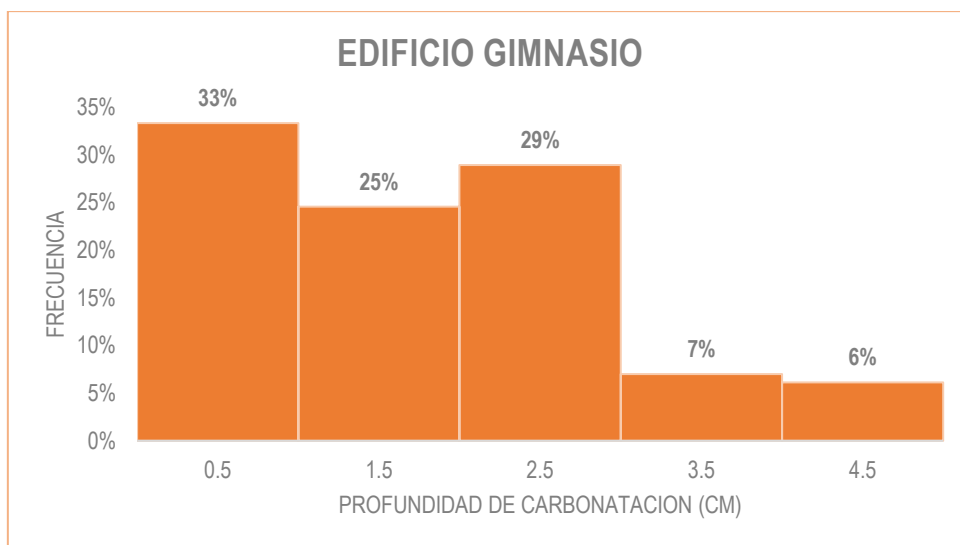
### B) Profundidad de Carbonatación:

De las mediciones en campo mostradas en la Tabla 26, podemos obtener los siguientes datos, donde:

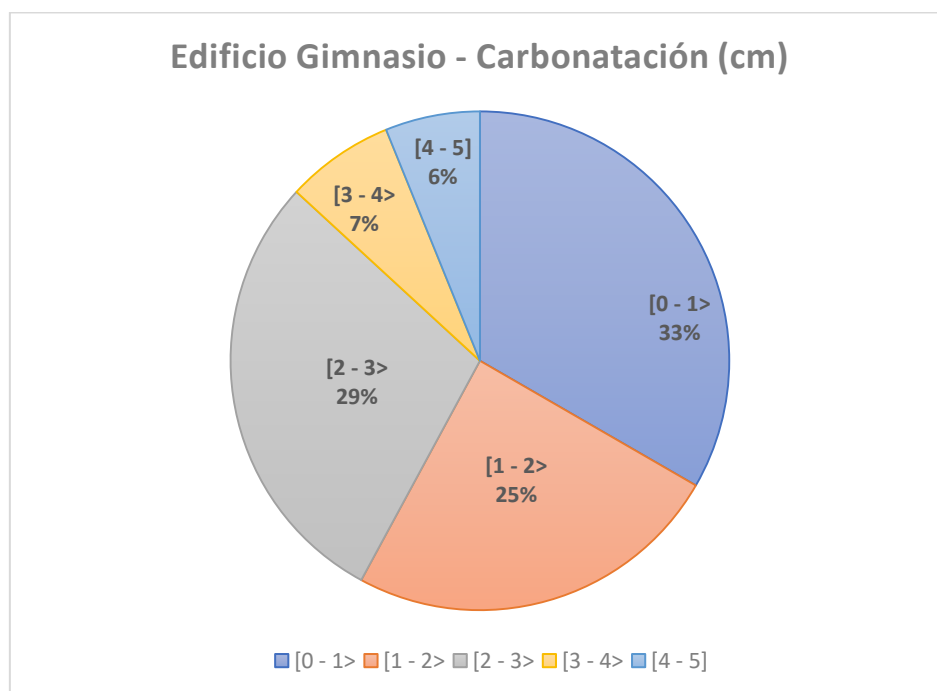
**Tabla 28**

*Tabla de frecuencias de profundidad de carbonatación in-situ -Gimnasio.*

Intervalos (cm)	$x_i$	$f_i$	$F_i$	$h_i$	$H_i$	$x_i f_i$
[0 - 1>	0.5	38	38	33%	33%	19
[1 - 2>	1.5	28	66	25%	58%	42
[2 - 3>	2.5	33	99	29%	87%	82.5
[3 - 4>	3.5	8	107	7%	94%	28
[4 - 5]	4.5	7	114	6%	100%	31.5
<b>Total</b>		114			$\Sigma$	203
<b>Media <math>\bar{x}</math></b>		1.78	cm		Mínimo	0
<b>Carbonatación promedio</b>		1.8	cm		Máximo	5



**Gráfico 7.** Gráfico de barras para profundidad de carbonatación – Gimnasio.



**Gráfico 8.** Gráfico circular para profundidad de carbonatación – Gimnasio.

### III. Edificio Euroidiomas (E-03)

En la tabla 29, se muestran los valores obtenidos en las mediciones in-situ del recubrimiento del concreto y la profundidad de carbonatación.

**Tabla 29**

*Tabla de resultados de recubrimiento del concreto y profundidad de carbonatación en edificio Euroidiomas.*

N°	Elemento	Descripción	Ubicación	Ejes	Recubrimiento (cm)			Carbonatación (cm)		
					P-1	P-2	P-3	P-1	P-2	P-3
1	Columna	C-1	1° Nivel	A/12	4.50	1.50	2.00	2.00	3.50	4.00
2	Columna	C-2	1° Nivel	C/7	2.00	2.50	2.50	2.00	2.50	1.50
3	Columna	C-3	1° Nivel	B/8	2.50	2.50	4.00	2.00	1.00	1.50
4	Columna	C-4	1° Nivel	B/5	1.00	0.50	0.30	1.50	1.00	1.00
5	Columna	C-5	1° Nivel	B/4	1.50	0.50	1.50	2.00	1.00	2.00
6	Columna	C-6	1° Nivel	A/4	0.50	1.50	2.00	1.00	1.50	2.50
7	Columna	C-7	1° Nivel	A/8	3.00	0.50	4.50	1.20	0.00	5.00
8	Columna	C-8	2° Nivel	A/6	3.00	2.50	2.50	0.50	1.50	1.50
9	Columna	C-9	2° Nivel	B/7	1.50	1.50	3.00	2.50	1.00	1.00
10	Columna	C-10	2° Nivel	C/6	3.00	4.50	4.00	1.50	2.00	0.90
11	Columna	C-11	2° Nivel	C/4	4.00	4.00	2.00	2.00	2.00	2.00
12	Columna	C-12	2° Nivel	B/9	2.00	1.50	1.00	0.50	1.00	1.50
13	Columna	C-13	2° Nivel	B/11	2.50	1.50	1.50	2.00	1.50	1.80
14	Columna	C-14	2° Nivel	B/12	2.50	2.00	5.00	4.00	3.50	2.50
15	Viga	V-1	1° Nivel	A-B/12	2.50	0.80	1.50	2.00	2.50	2.50
16	Viga	V-2	1° Nivel	B-C/7	1.80	0.75	0.40	0.00	0.30	0.00
17	Viga	V-3	1° Nivel	B/4-5	2.00	3.00	3.00	1.50	2.50	2.20
18	Viga	V-4	1° Nivel	A-B/4	2.00	2.30	2.50	2.00	1.50	2.20
19	Viga	V-5	2° Nivel	B/11-12	6.00	7.00	6.00	4.00	5.00	5.50
20	Viga	V-6	2° Nivel	B-C/8	3.00	2.00	4.00	5.00	5.00	5.00
21	Viga	V-7	2° Nivel	A/3-4	1.50	2.50	3.50	3.00	3.00	3.00
22	Viga	V-8	2° Nivel	A-B/3	3.00	3.00	2.50	2.50	2.50	1.50
23	Losa Aligerada	L-1	1° Nivel	B-C/7-8	3.00	4.00	4.00	2.50	4.00	4.00
24	Losa Aligerada	L-2	1° Nivel	A-B/4-5	2.00	3.00	2.50	1.50	1.50	2.00
25	Losa Aligerada	L-3	2° Nivel	A-B/11-12	5.00	5.00	6.00	4.00	4.00	4.00
26	Losa Aligerada	L-4	2° Nivel	B-C/8-10	2.00	1.50	2.50	4.00	4.00	4.00

**Negro:** Concreto totalmente carbonatado. **Verde:** No presenta profundidad de carbonatación. **Azul:** Recubrimiento inadecuado para la estructura inspeccionada (columna, viga o losa). **Rojo:** Profundidad de carbonatación que alcanzo o sobrepaso al refuerzo de acero.



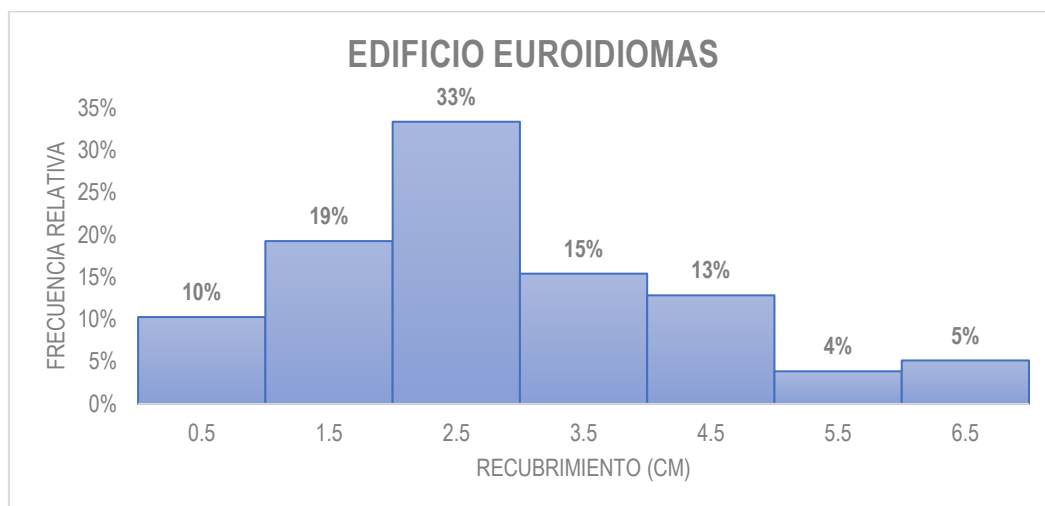
### A) Recubrimiento del concreto:

De las mediciones en campo mostradas en la tabla 29, podemos obtener los siguientes datos, donde:

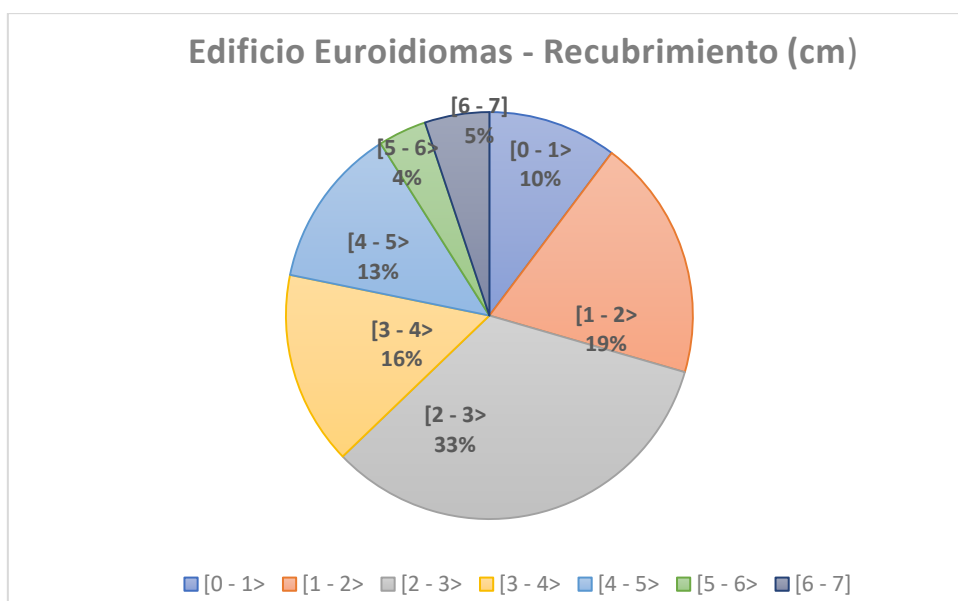
**Tabla 30**

*Tabla de frecuencias de recubrimientos medidos en Euroidiomas.*

Intervalos (cm)	$x_i$	$f_i$	$F_i$	$h_i$	$H_i$	$x_i f_i$
[0 - 1>	0.5	5	5	2%	2%	2.5
[1 - 2>	1.5	9	14	4%	7%	13.5
[2 - 3>	2.5	36	50	18%	25%	90
[3 - 4>	3.5	71	121	35%	60%	248.5
[4 - 5>	4.5	39	160	19%	80%	175.5
[5 - 6>	5.5	26	186	13%	93%	143
[6 - 7]	6.5	15	201	7%	100%	97.5
<b>Total</b>		201			$\Sigma$	771
<b>Media <math>\bar{x}</math></b>		3.83	cm		<b>Mínimo</b>	0.2
<b>Recubrimiento promedio</b>		3.8	cm		<b>Máximo</b>	7



**Gráfico 9.** Gráfico de barras para recubrimiento del concreto –Euroidiomas.



**Gráfico 10.** Gráfico circular para recubrimiento del concreto – Euroidiomas.

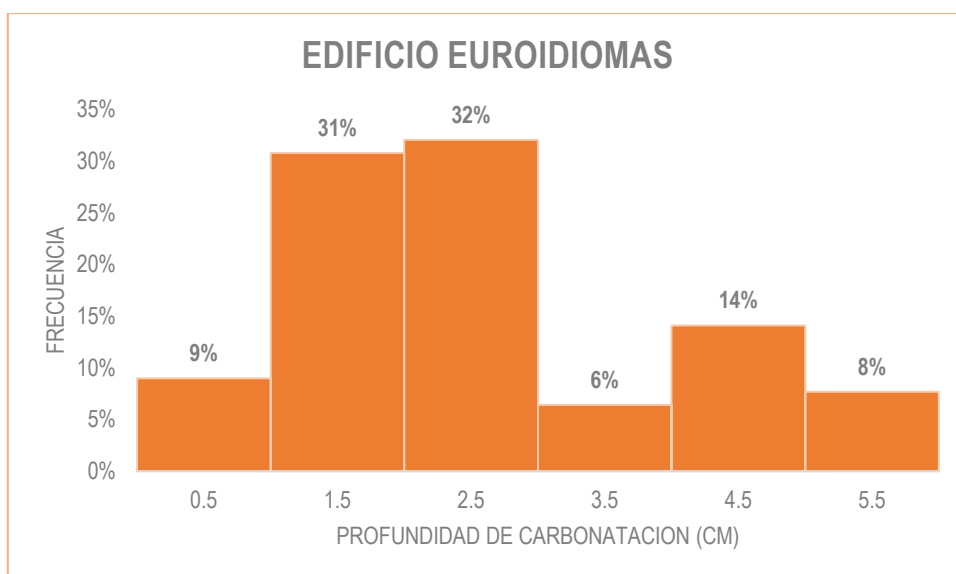
**B) Profundidad de Carbonatación:**

De las mediciones en campo mostradas en la Tabla 29, podemos obtener los siguientes datos, donde:

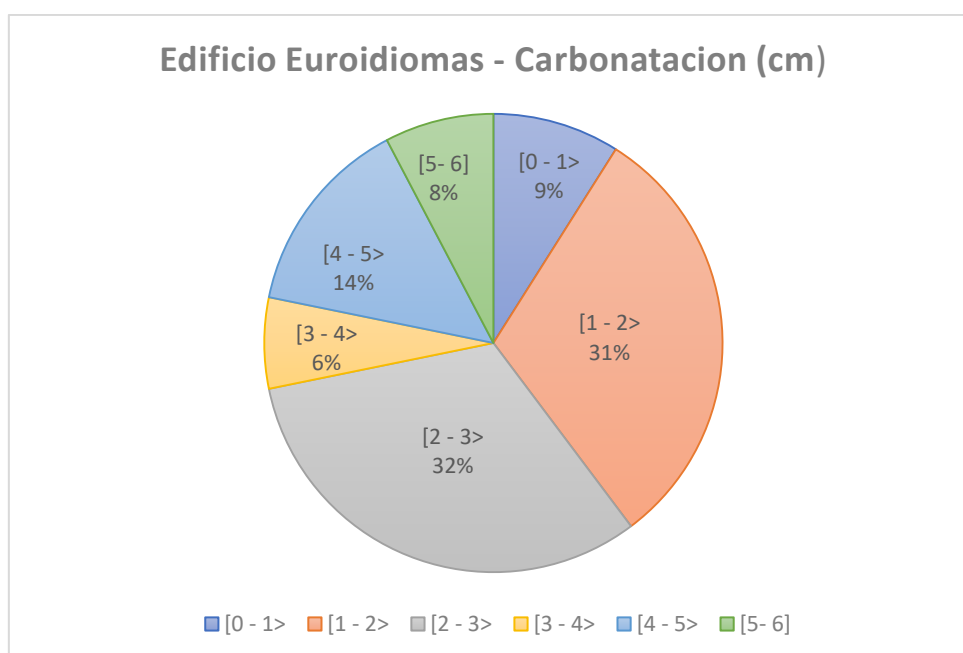
**Tabla 31**

*Tabla de frecuencias de profundidad de carbonatación in-situ - Euroidiomas.*

Intervalos (cm)	$x_i$	$f_i$	$F_i$	$h_i$	$H_i$	$x_i f_i$
[0 - 1>	0.5	7	7	9%	9%	3.5
[1 - 2>	1.5	24	31	31%	40%	36
[2 - 3>	2.5	25	56	32%	72%	62.5
[3 - 4>	3.5	5	61	6%	78%	17.5
[4 - 5>	4.5	11	72	14%	92%	49.5
[5 - 6]	5.5	6	78	8%	100%	33
<b>Total</b>		78			$\Sigma$	202
<b>Media <math>\bar{x}</math></b>		2.59	cm		Mínimo	0
<b>Carbonatación promedio</b>		2.6	cm		Máximo	5.5



**Gráfico 11.** Gráfico de barras para profundidad de carbonatación – Euroidiomas.



**Gráfico 12.** Gráfico circular para profundidad de carbonatación – Euroidiomas.

#### IV. Edificio Torre Medica (E-04)

En la tabla 32, se muestran los valores obtenidos en las mediciones in-situ del recubrimiento del concreto y la profundidad de carbonatación.

**Tabla 32**

*Tabla de resultados de recubrimiento del concreto y profundidad de carbonatación en edificio Torre Medica.*

N°	Elemento	Descripción	Ubicación	Ejes	Recubrimiento (cm)			Carbonatación (cm)		
					P-1	P-2	P-3	P-1	P-2	P-3
1	Columna	C-1	4° Nivel	P/4	3.00	3.20	3.50	2.00	5.00	5.00
2	Columna	C-2	4° Nivel	O/1	2.00	3.50	4.50	2.00	2.00	3.00
3	Columna	C-3	4° Nivel	I/3	2.00	4.50	3.00	3.50	4.00	5.00
4	Columna	C-4	4° Nivel	F/1	1.50	2.00	3.00	2.00	2.00	2.00
5	Columna	C-5	4° Nivel	A/4	2.50	3.00	3.00	2.00	2.00	2.00
6	Columna	C-6	4° Nivel	E/3	2.50	3.00	3.50	2.00	5.00	5.00
7	Columna	C-7	4° Nivel	N/6	2.50	5.00	4.00	0.50	1.00	2.50
8	Columna	C-8	4° Nivel	A/1	3.50	3.50	3.00	3.00	1.70	3.20
9	Columna	C-9	4° Nivel	A/3	3.50	3.00	4.00	5.00	5.00	5.00
10	Columna	C-10	4° Nivel	C/6	5.00	2.50	3.00	2.00	1.50	2.00
11	Columna	C-11	4° Nivel	K/5	3.00	4.50	3.00	6.00	6.00	2.00
12	Columna	C-12	4° Nivel	O/3	5.00	3.00	3.50	0.00	1.00	2.00
13	Columna	C-13	4° Nivel	L/4	2.00	6.50	3.00	5.00	5.00	1.00
14	Columna	C-14	4° Nivel	E/5	3.00	1.50	4.50	2.00	5.00	1.00
15	Columna	C-15	3° Nivel	D/5	5.50	4.50	4.00	5.00	5.00	2.50
16	Columna	C-16	3° Nivel	D/6	3.00	2.50	2.00	1.50	2.00	2.00
17	Columna	C-17	3° Nivel	G/5	5.00	5.00	5.00	2.00	5.00	5.00
18	Columna	C-18	3° Nivel	A/5	4.50	4.50	3.50	3.00	1.50	3.00
19	Columna	C-19	3° Nivel	L/3	3.00	2.00	3.00	4.00	5.00	5.00
20	Columna	C-20	3° Nivel	L/2	3.00	1.50	4.00	2.00	5.00	3.00
21	Columna	C-21	3° Nivel	M/2	5.00	4.50	3.00	3.50	5.00	2.50
22	Columna	C-22	2° Nivel	H/5	4.00	3.00	4.50	3.00	5.00	2.50
23	Columna	C-23	2° Nivel	B/6	2.00	4.00	6.00	2.00	2.00	2.00

N°	Elemento	Descripción	Ubicación	Ejes	Recubrimiento (cm)			Carbonatación (cm)		
					P-1	P-2	P-3	P-1	P-2	P-3
24	Columna	C-24	2° Nivel	E/5	6.50	7.00	6.50	4.00	<b>5.00</b>	1.00
25	Columna	C-25	2° Nivel	B/5	4.00	4.00	5.50	1.00	1.00	4.00
26	Columna	C-26	2° Nivel	C/5	6.00	7.00	3.50	1.00	<b>5.00</b>	2.00
27	Columna	C-27	2° Nivel	H/3	4.00	5.00	3.50	<b>5.00</b>	4.00	<b>5.00</b>
28	Columna	C-28	2° Nivel	I/3	5.00	5.00	3.50	4.50	<b>5.00</b>	<b>5.00</b>
29	Columna	C-29	1° Nivel	O/5	<b>3.00</b>	<b>2.50</b>	5.00	<b>5.00</b>	<b>5.00</b>	<b>5.00</b>
30	Columna	C-30	1° Nivel	N/4	<b>3.00</b>	3.50	<b>3.00</b>	<b>5.00</b>	<b>5.00</b>	<b>5.00</b>
31	Columna	C-31	1° Nivel	G/6	3.50	5.00	5.00	<b>5.00</b>	1.00	2.00
32	Columna	C-32	1° Nivel	F/5	4.00	5.00	<b>2.50</b>	<b>5.00</b>	<b>5.00</b>	<b>5.00</b>
33	Columna	C-33	1° Nivel	C/6	<b>3.00</b>	<b>2.50</b>	<b>2.50</b>	2.50	<b>5.00</b>	<b>5.00</b>
34	Columna	C-34	1° Nivel	C/5	4.50	3.50	4.50	<b>5.00</b>	<b>5.00</b>	<b>5.00</b>
35	Columna	C-35	1° Nivel	L/6	<b>3.00</b>	3.50	3.50	2.00	2.00	<b>5.00</b>
36	Viga	V-1	4° Nivel	M-N/6	6.00	6.00	3.50	<b>0.00</b>	0.50	1.50
37	Viga	V-2	4° Nivel	N-O/1	5.50	5.50	5.50	1.00	2.00	1.50
38	Viga	V-3	4° Nivel	L/3-4	4.00	4.50	5.50	3.00	2.00	2.00
39	Viga	V-4	4° Nivel	K-L/3	<b>3.00</b>	4.50	4.00	2.00	1.50	2.00
40	Viga	V-5	4° Nivel	E-F/1	<b>0.50</b>	<b>0.20</b>	<b>0.50</b>	<b>3.50</b>	<b>5.00</b>	<b>3.50</b>
41	Viga	V-6	4° Nivel	A-B/1	6.00	6.00	4.00	2.00	1.00	2.00
42	Viga	V-7	4° Nivel	D-E/1	<b>0.50</b>	<b>1.50</b>	<b>0.50</b>	2.00	<b>0.00</b>	2.50
43	Viga	V-8	4° Nivel	D/4-5	<b>3.00</b>	<b>3.00</b>	<b>2.50</b>	1.50	2.50	2.00
44	Viga	V-9	3° Nivel	C-D/5	4.00	<b>3.00</b>	3.50	1.50	2.00	2.50
45	Viga	V-10	3° Nivel	C-D/6	<b>2.50</b>	<b>2.50</b>	<b>2.00</b>	1.00	1.00	1.00
46	Viga	V-11	3° Nivel	G/5-6	4.00	4.50	4.00	2.00	2.50	2.30
47	Viga	V-12	3° Nivel	L/3-4	5.00	5.50	5.00	<b>6.00</b>	5.00	4.50
48	Viga	V-13	3° Nivel	L-M/2	4.50	<b>2.50</b>	4.00	2.00	<b>5.00</b>	3.00
49	Viga	V-14	3° Nivel	M/2-3	4.50	5.50	3.00	2.00	<b>6.00</b>	<b>5.00</b>
50	Viga	V-15	2° Nivel	G/5-6	7.00	7.00	7.00	1.50	2.00	1.50
51	Viga	V-16	2° Nivel	I-H/3	3.50	3.50	4.50	3.00	<b>5.00</b>	3.00
52	Viga	V-17	2° Nivel	C-D/6	4.00	3.50	<b>1.50</b>	2.50	1.50	<b>2.00</b>
53	Viga	V-18	2° Nivel	C-D/5	<b>2.50</b>	<b>3.00</b>	<b>2.50</b>	2.00	<b>5.00</b>	1.50

N°	Elemento	Descripción	Ubicación	Ejes	Recubrimiento (cm)			Carbonatación (cm)		
					P-1	P-2	P-3	P-1	P-2	P-3
54	Viga	V-19	1° Nivel	N-O/5	6.00	2.00	2.00	3.00	5.00	1.50
55	Viga	V-20	1° Nivel	J-K/6	1.00	2.50	2.50	5.00	5.00	5.00
56	Viga	V-21	1° Nivel	C-D/6	1.00	4.50	5.00	1.00	2.50	2.00
57	Viga	V-22	1° Nivel	E/5-6	4.00	4.00	2.00	1.00	2.00	2.00
58	Losa Maciza	L-1	4° Nivel	P-Q/1-2	1.50	1.50	2.50	4.00	1.00	1.00
59	Losa Maciza	L-2	4° Nivel	M-L/3-4	3.00	3.00	3.00	0.50	0.50	1.00
60	Losa Maciza	L-3	4° Nivel	E-F/1-2	2.00	3.50	3.00	4.00	0.00	1.00
61	Losa Maciza	L-4	4° Nivel	A-B/4-5	3.50	3.00	3.00	5.00	2.50	2.00
62	Losa Maciza	L-5	3° Nivel	C-D/5-6	3.00	3.00	3.00	1.00	1.00	1.00
63	Losa Maciza	L-6	3° Nivel	A-B/4-5	3.00	3.00	2.00	1.00	0.00	1.00
64	Losa Maciza	L-7	2° Nivel	A-B/5-6	3.50	3.00	3.00	1.00	2.00	1.00
65	Losa Maciza	L-8	2° Nivel	C-D/5-6	4.00	2.50	2.50	1.00	1.50	4.00
66	Losa Maciza	L-9	1° Nivel	N-O/5-6	5.00	3.00	3.00	3.00	1.00	4.00
67	Losa Maciza	L-10	1° Nivel	D-E/5-6	2.50	2.50	2.50	4.00	1.00	4.00

**Negro:** Concreto totalmente carbonatado. **Verde:** No presenta profundidad de carbonatación. **Azul:** Recubrimiento inadecuado para la estructura inspeccionada (columna, viga o losa). **Rojo:** Profundidad de carbonatación que alcanza o sobrepasa al refuerzo de acero.

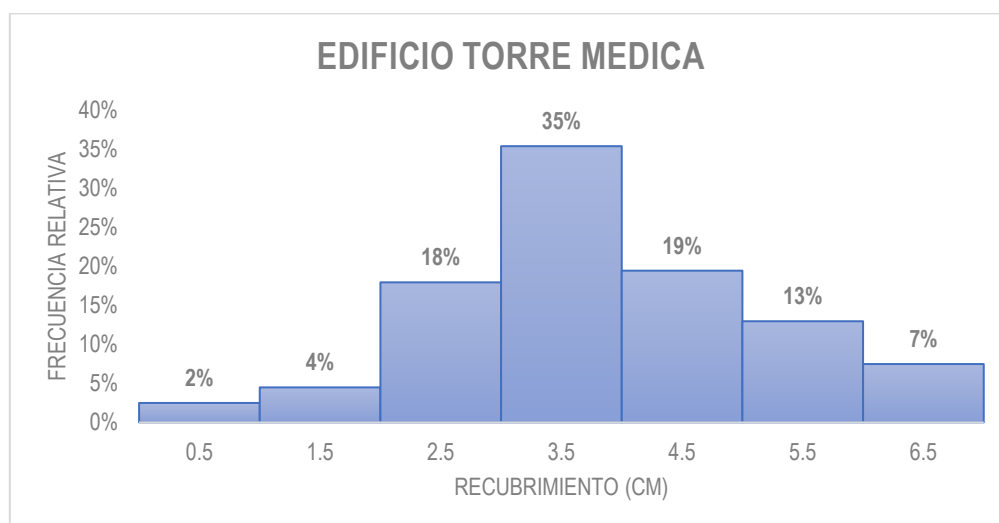
### A) Recubrimiento del concreto:

De las mediciones en campo mostradas en la tabla 32, podemos obtener los siguientes datos, donde:

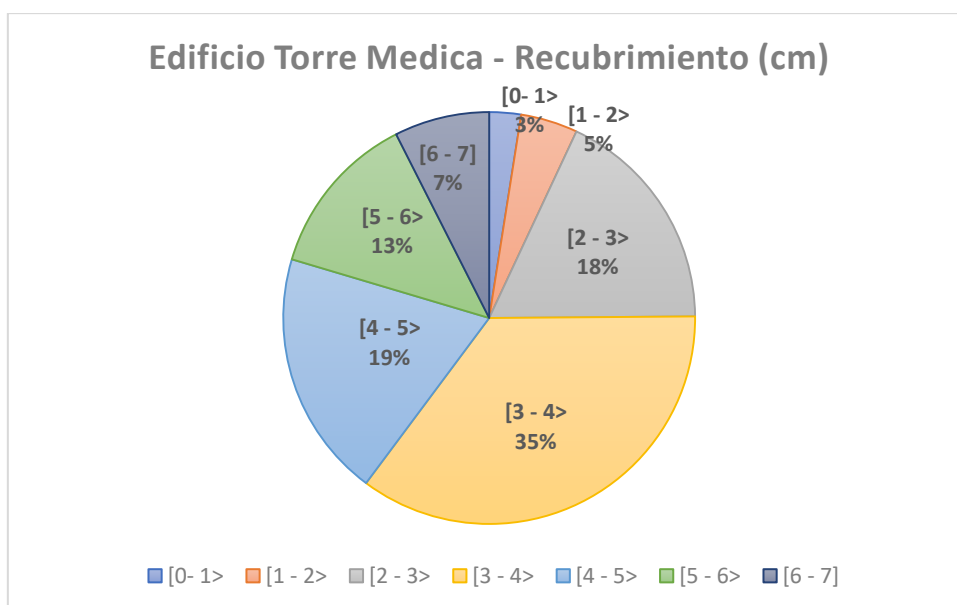
**Tabla 33**

*Tabla de frecuencias de recubrimientos medidos en Torre Medica.*

Intervalos (cm)	$x_i$	$f_i$	$F_i$	$h_i$	$H_i$	$x_i f_i$
[0 - 1>	0.5	5	5	2%	2%	2.5
[1 - 2>	1.5	9	14	4%	7%	13.5
[2 - 3>	2.5	36	50	18%	25%	90
[3 - 4>	3.5	71	121	35%	60%	248.5
[4 - 5>	4.5	39	160	19%	80%	175.5
[5 - 6>	5.5	26	186	13%	93%	143
[6 - 7]	6.5	15	201	7%	100%	97.5
<b>Total</b>		201			$\Sigma$	771
<b>Media <math>\bar{x}</math></b>		3.83	cm		<b>Mínimo</b>	0.2
<b>Recubrimiento promedio</b>		3.8	cm		<b>Máximo</b>	7



**Gráfico 13.** Gráfico de barras para recubrimiento del concreto –Torre Medica.



**Gráfico 14.** Gráfico circular para recubrimiento del concreto – Torre Medica.

**B) Profundidad de Carbonatación:**

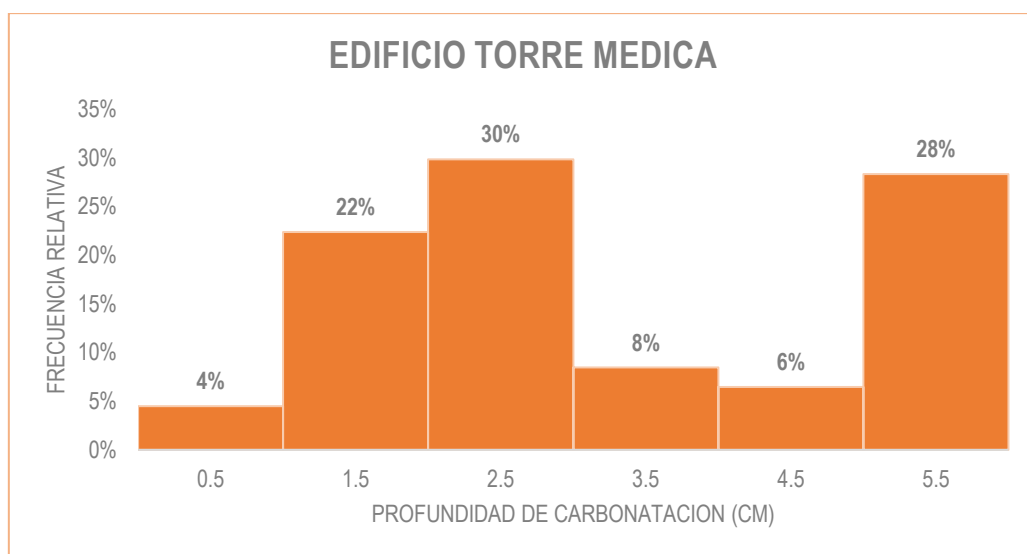
De las mediciones en campo mostradas en la Tabla 32, podemos obtener los siguientes datos, donde:

**Tabla 34**

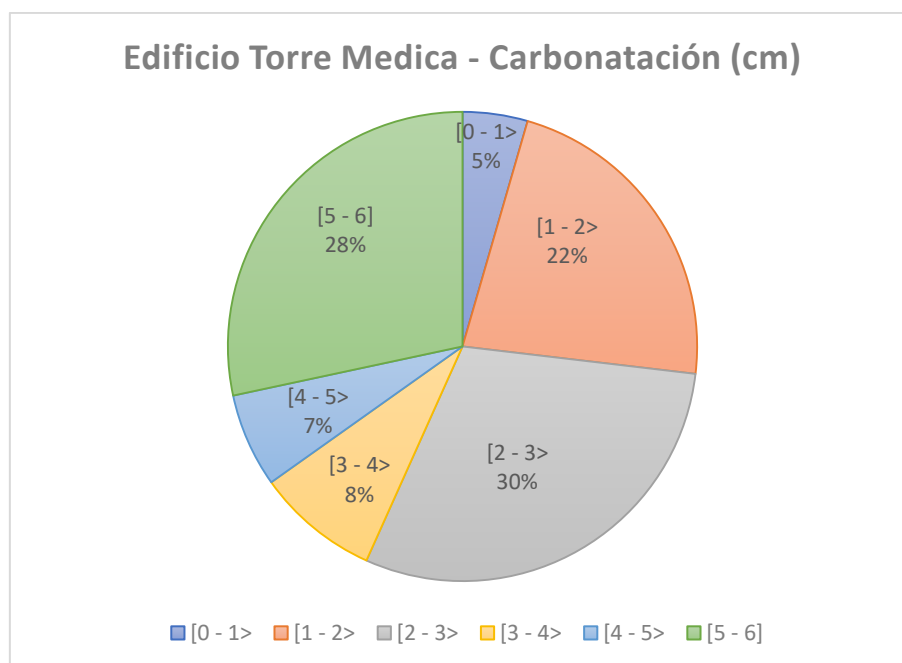
*Tabla de frecuencias de profundidad de carbonatación in-situ - Torre Medica.*

Intervalos (cm)	$x_i$	$f_i$	$F_i$	$h_i$	$H_i$	$x_i f_i$
[0 - 1>	0.5	9	9	4%	4%	4.5
[1 - 2>	1.5	45	54	22%	27%	67.5
[2 - 3>	2.5	60	114	30%	57%	150
[3 - 4>	3.5	17	131	8%	65%	59.5
[4 - 5>	4.5	13	144	6%	72%	58.5
[5 - 6]	5.5	57	201	28%	100%	313.5
<b>Total</b>		201			$\Sigma$	654
<b>Media <math>\bar{x}</math></b>		3.25	cm		Mínimo	0
<b>Carbonatación promedio</b>		3.3	cm		Máximo	6





**Gráfico 15.** Gráfico de barras para profundidad de carbonatación –Torre Medica.



**Gráfico 16.** Gráfico circular para profundidad de carbonatación – Torre Medica.

6.1.1.2 *Ensayo de Contenido de Cloruros***I. Edificio Casa Matriz (E-01)**

En el Tabla 35, se muestran los valores obtenidos en el ensayo de contenido de cloruros y su respectiva verificación.

**Tabla 35**

*Tabla de resultados de contenido de cloruros en edificio Casa Matriz.*

ID	Edificio	Descripción	Ubicación	Contenido de cloruros Cl (ppm)	Contenido de cloruros Cs (%)	Contenido de cloruros Cc (%)	Verificación Concentración Crítica (Cth)
1	Casa Matriz	Columna M-1	2° Nivel	133	0.013	0.08	OK
2	Casa Matriz	Viga M-5	Sotano	127	0.013	0.076	OK
3	Casa Matriz	Losa M-9	2° Nivel	130	0.013	0.078	OK

**II. Edificio Gimnasio (E-02)**

En el Tabla 36, se muestran los valores obtenidos en el ensayo de contenido de cloruros y su respectiva verificación.

**Tabla 36**

*Tabla de resultados de contenido de cloruros en edificio Gimnasio.*

ID	Edificio	Descripción	Ubicación	Contenido de cloruros Cl (ppm)	Contenido de cloruros Cs (%)	Contenido de cloruros Cc (%)	Verificación Concentración Crítica (Cth)
1	Gimnasio	Columna M-2	2° Nivel	111	0.011	0.067	OK
2	Gimnasio	Viga M-6	1° Nivel	115	0.012	0.069	OK
3	Gimnasio	Losa M-10	1° Nivel	107	0.011	0.064	OK

### III. Edificio Euroidiomas (E-03)

En el Tabla 37, se muestran los valores obtenidos en el ensayo de contenido de cloruros y su respectiva verificación.

**Tabla 37**

*Tabla de resultados de contenido de cloruros en edificio Euroidiomas.*

ID	Edificio	Descripción	Ubicación	Contenido de cloruros Cl (ppm)	Contenido de cloruros Cs (%)	Contenido de cloruros Cc (%)	Verificación Concentración Crítica (Cth)
1	Euroidiomas	Columna M-3	1° Nivel	111	0.011	0.067	OK
2	Euroidiomas	Viga M-7	2° Nivel	119	0.012	0.072	OK
3	Euroidiomas	Losa M-11	1° Nivel	118	0.012	0.071	OK

### IV. Edificio Torre Medica(E-04)

En el Tabla 38, se muestran los valores obtenidos en el ensayo de contenido de cloruros y su respectiva verificación.

**Tabla 38**

*Tabla de resultados de contenido de cloruros en edificio Torre Medica.*

ID	Edificio	Descripción	Ubicación	Contenido de cloruros Cl (ppm)	Contenido de cloruros Cs (%)	Contenido de cloruros Cc (%)	Verificación Concentración Crítica (Cth)
1	Torre Medica	Columna M-4	1° Nivel	133	0.013	0.08	OK
2	Torre Medica	Viga M-8	4° Nivel	138	0.014	0.083	OK
3	Torre Medica	Losa M-12	4° Nivel	140	0.014	0.084	OK

### 6.1.1.3 Evaluación de grado de degradación

Según los resultados obtenidos en los ítems 6.1.1.1 y 6.1.1.2, podemos calificar el grado de degradación de la siguiente manera:

**Tabla 39**

*Tabla de grado de degradación de los edificios inspeccionados en CC. Mall Bellavista.*

ID	Edificio	Recubrimiento del concreto media(cm)	Profundidad de Carbonatación media(cm)	Grado	Contenido de cloruros Cl (%)	Grado
1	Casa Matriz	3.90	2.60	Medio	<0.21	Bajo
2	Gimnasio	3.50	1.80	Medio	<0.21	Bajo
3	Euroidiomas	2.80	2.60	Medio	<0.21	Bajo
4	Torre Medica	3.80	3.30	Alto	<0.21	Bajo

De tal forma que se asume que el fenómeno de degradación predominante es la **carbonatación**, por lo cual este mismo será el modelo escogido para el cálculo de la vida útil residual de la estructura.

### 6.1.2 Ensayo a compresión de testigos diamantinos

En el Ítem 5.2.8.2, se muestran las consideraciones para la evaluación de los ensayos a compresión de testigos diamantinos, a continuación, se detallan los resultados por edificio.

#### I. Edificio Casa Matriz (E-01)

Según los elementos estudiados en el Edificio Casa Matriz: Columnas, vigas y losa maciza, se muestran las tablas 40, 41 y 42 respectivamente donde se indican con color verde, el grupo de tres ensayos que cumple con los requisitos indicados en la normatividad peruana para el  $f'c$  indicado, mientras que con rojo aquellos que no cumplen dicho criterio.

$f'c = 21$  MPa (Mínimo requerido estructuralmente)

$0.75f'c = 16$  MPa

$0.85 f'c = 18$  Mpa

**Tabla 40**

*Tabla de resultados de los ensayos a compresión para columnas del Edificio Casa Matriz.*

<b>Id</b>	<b>Ubicación</b>	<b><math>f'c</math> (MPa)</b>	<b>Mín Ind.</b>	<b>Prom. de tres</b>	<b>Mín Ind. Vs <math>0.75.f'c</math></b>	<b>Prom. de tres vs <math>0.85.f'c</math></b>
<b>D-1</b>	Columna	20				
<b>D-13</b>	Columna	21	20	21.0	OK, Cumple	OK, Cumple
<b>D-25</b>	Columna	22				

**Tabla 41**

*Tabla de resultados de los ensayos a compresión para vigas del Edificio Casa Matriz.*

<b>Id</b>	<b>Ubicación</b>	<b>f'c (MPa)</b>	<b>Mín Ind.</b>	<b>Prom. de tres</b>	<b>Mín Ind. Vs 0.75.f'c</b>	<b>Prom. de tres vs 0.85.f'c</b>
D-2	Viga	22				
D-14	Viga	23	20	21.7	OK, Cumple	OK, Cumple
D-26	Viga	20				

**Tabla 42**

*Tabla de resultados de los ensayos a compresión para losas macizas del Edificio Casa Matriz.*

<b>Id</b>	<b>Ubicación</b>	<b>f'c (MPa)</b>	<b>Mín Ind.</b>	<b>Prom. de tres</b>	<b>Mín Ind. Vs 0.75.f'c</b>	<b>Prom. de tres vs 0.85.f'c</b>
D-3	Losa Maciza	20				
D-15	Losa Maciza	24	20	21.3	OK, Cumple	OK, Cumple
D-27	Losa Maciza	20				

Como resultado se tiene que el concreto de los elementos estructurales cumplen con la resistencia mínima f'c.

## II. Edificio Gimnasio (E-02)

Según los elementos estudiados en el Edificio Gimnasio: Columnas, vigas y losa aligerada, se muestran las tablas 43, 44 y 45 respectivamente donde se indican con color verde, el grupo de tres ensayos que cumple con los requisitos indicados en la normatividad peruana para el f'c indicado, mientras que con rojo aquellos que no cumplen dicho criterio.

f'c = 21 MPa (Mínimo requerido estructuralmente)

0.75f'c = 16 MPa

0.85 f'c = 18 Mpa

**Tabla 43**

*Tabla de resultados de los ensayos a compresión para columnas del Edificio Gimnasio.*

<b>Id</b>	<b>Ubicación</b>	<b>f'c (MPa)</b>	<b>Mín Ind.</b>	<b>Prom. de tres</b>	<b>Mín Ind. Vs 0.75.f'c</b>	<b>Prom. de tres vs 0.85.f'c</b>
D-4	Columna	16				
D-16	Columna	17	16	16.7	OK, Cumple	No cumple
D-28	Columna	17				

**Tabla 44**

*Tabla de resultados de los ensayos a compresión para vigas del Edificio Gimnasio.*

<b>Id</b>	<b>Ubicación</b>	<b>f'c (MPa)</b>	<b>Mín Ind.</b>	<b>Prom. de tres</b>	<b>Mín Ind. Vs 0.75.f'c</b>	<b>Prom. de tres vs 0.85.f'c</b>
D-5	Viga	18				
D-17	Viga	16	16	18.0	OK, Cumple	OK, Cumple
D-29	Viga	20				

**Tabla 45**

*Tabla de resultados de los ensayos a compresión para losas aligeradas del Edificio Gimnasio.*

<b>Id</b>	<b>Ubicación</b>	<b>f'c (MPa)</b>	<b>Mín Ind.</b>	<b>Prom. de tres</b>	<b>Mín Ind. Vs 0.75.f'c</b>	<b>Prom. de tres vs 0.85.f'c</b>
D-6	Viga	16				
D-18	Viga	16	16	16.0	OK, Cumple	No cumple
D-30	Viga	16				

(\*) En la tabla 45, las extracciones diamantinas para el análisis de las losas aligeradas fueron obtenidas de las vigas peraltadas asumiendo que es el mismo concreto al ser vaciadas conjuntamente.

Como resultado se tiene que el concreto de las columnas y losas aligeradas no cumplen con la resistencia mínima f'c, sin embargo, en las vigas si cumplen.

### III. Edificio Euroidiomas (E-03)

Según los elementos estudiados en el Edificio Euroidiomas: Columnas, vigas y losa aligerada, se muestran las tablas 46, 47 y 48 respectivamente donde se indican con color verde, el grupo de tres ensayos que cumple con los requisitos indicados en la normatividad peruana para el  $f'c$  indicado, mientras que con rojo aquellos que no cumplen dicho criterio.

$f'c = 21$  MPa (Mínimo requerido estructuralmente)

$0.75f'c = 16$  MPa

$0.85 f'c = 18$  Mpa

**Tabla 46**

*Tabla de resultados de los ensayos a compresión para columnas del Edificio Euroidiomas.*

Id	Ubicación	$f'c$ (MPa)	Mín Ind.	Prom. de tres	Mín Ind. Vs $0.75.f'c$	Prom. de tres vs $0.85.f'c$
D-7	Columna	17				
D-19	Columna	18	16	17.0	OK, Cumple	No cumple
D-31	Columna	16				

**Tabla 47**

*Tabla de resultados de los ensayos a compresión para vigas del Edificio Euroidiomas.*

Id	Ubicación	$f'c$ (MPa)	Mín Ind.	Prom. de tres	Mín Ind. Vs $0.75.f'c$	Prom. de tres vs $0.85.f'c$
D.8	Viga	19				
D-20	Viga	16	16	17.7	OK, Cumple	No cumple
D-32	Viga	18				



**Tabla 48**

*Tabla de resultados de los ensayos a compresión para losas aligeradas del Edificio Euroidiomas.*

Id	Ubicación	f'c (MPa)	Mín Ind.	Prom. de tres	Mín Ind. Vs 0.75.f'c	Prom. de tres vs 0.85.f'c
D-9	Viga	20				
D-21	Viga	20	17	19.0	OK, Cumple	OK, Cumple
D-33	Viga	17				

(\*) En la tabla 48, las extracciones diamantinas para el análisis de las losas aligeradas fueron obtenidas de las vigas peraltadas asumiendo que es el mismo concreto al ser vaciadas conjuntamente.

Como resultado se tiene que el concreto de las columnas y vigas no cumplen con la resistencia mínima f'c, sin embargo, en las losas aligeradas si cumplen.

#### IV. Edificio Torre Medica (E-04)

Según los elementos estudiados en el Edificio Torre Medica: Columnas, vigas y losas macizas, se muestran las tablas 49, 50 y 51 respectivamente donde se indican con color verde, el grupo de tres ensayos que cumple con los requisitos indicados en la normatividad peruana para el f'c indicado, mientras que con rojo aquellos que no cumplen dicho criterio.

f'c = 21 MPa (Mínimo requerido estructuralmente)

0.75f'c = 16 MPa

0.85 f'c = 18 Mpa

**Tabla 49**

*Tabla de resultados de los ensayos a compresión para columnas del Edificio Torre Medica.*

<b>Id</b>	<b>Ubicación</b>	<b>f'c (MPa)</b>	<b>Mín Ind.</b>	<b>Prom. de tres</b>	<b>Mín Ind. Vs 0.75.f'c</b>	<b>Prom. de tres vs 0.85.f'c</b>
D-10	Columna	15				
D-22	Columna	14	13	14.0	No cumple	No cumple
D-34	Columna	13				

**Tabla 50**

*Tabla de resultados de los ensayos a compresión para vigas del Edificio Torre Medica.*

<b>Id</b>	<b>Ubicación</b>	<b>f'c (MPa)</b>	<b>Mín Ind.</b>	<b>Prom. de tres</b>	<b>Mín Ind. Vs 0.75.f'c</b>	<b>Prom. de tres vs 0.85.f'c</b>
D-11	Viga	16				
D-23	Viga	14	14	15.0	No cumple	No cumple
D-35	Viga	15				

**Tabla 51**

*Tabla de resultados de los ensayos a compresión para losas macizas del Edificio Torre Medica.*

<b>Id</b>	<b>Ubicación</b>	<b>f'c (MPa)</b>	<b>Mín Ind.</b>	<b>Prom. de tres</b>	<b>Mín Ind. Vs 0.75.f'c</b>	<b>Prom. de tres vs 0.85.f'c</b>
D-12	Losa Maciza	16				
D-24	Losa Maciza	16	13	15.0	No cumple	No cumple
D-36	Losa Maciza	13				

Como resultado se tiene que el concreto de los elementos estructurales no cumplen con la resistencia mínima f'c.

### 6.1.3 Aplicación del método semi-probabilístico

En el Ítem 5.2.9, se muestran los cálculos necesarios para obtener la estimación de la vida útil residual.

#### 6.1.3.1 *Calculo del tiempo de incubación residual*

En el Ítem 5.2.9.1, se muestran las consideraciones para el cálculo del tiempo de incubación residual.

#### I. Edificio Casa Matriz (E-01)

A continuación, en la tabla 52 se muestran los parámetros para el cálculo del tiempo de incubación residual.

**Tabla 52**

*Tabla de parámetros para el cálculo del tiempo de incubación residual en Edificio Casa Matriz.*

Elemento	$f'_c$ (Mpa)	$f_{cm}$ (Mpa)	Condiciones	$C_{env}$	$C_{air}$	a	b
Columna	21	29	Protegido de la lluvia (Interior)	1.0			
Viga	21.7	29.7	Expuesto a la lluvia (Exterior)		1.00	1800	-1.7
Losa Maciza	21.3	29.3	Expuesto a la lluvia (Exterior)	0.5			

(\*) Según el ítem 6.1.2 se toman los valores promedios obtenidos por cada elemento.

(\*\*) Por referencias del propietario, se asume que el concreto fue diseñado en condiciones normales, para lo cual el contenido del aire debe ser menos del 4.5% y el tipo de cemento utilizado para la mezcla fue Portland Tipo I.

Se muestran los resultados obtenidos en el cálculo del tiempo de incubación residual del Edificio Casa Matriz mediante la Tabla 53.

**Tabla 53**

*Tabla de resultados del cálculo de tiempo de incubación residual en edificio Casa Matriz.*

N°	Elemento	Descripción	Condición ambiental	$r_{prom}$ (mm)	$d_{prom}$ (mm)	$d_{prom}^*$ (mm)	Kc	$t_i$ (años)
1	Columna	C-1	Exterior	58	20	38	2.9	170(*)
2	Columna	C-2	Interior	50	17	33	5.9	32
3	Columna	C-3	Interior	53	25	28	5.9	23
4	Columna	C-4	Interior	45	25	20	5.9	12
5	Columna	C-5	Interior	31	21	10	5.9	3
6	Columna	C-6	Exterior	41	18	23	2.9	59
7	Columna	C-7	Exterior	43	12	32	2.9	116(*)
8	Columna	C-8	Interior	40	23	17	5.9	8
9	Columna	C-9	Exterior	35	18	17	2.9	32
10	Columna	C-10	Interior	38	25	13	5.9	5
11	Columna	C-11	Interior	38	24	15	5.9	6
12	Columna	C-12	Interior	32	30	5	5.9	1
13	Columna	C-13	Exterior	42	30	12	2.9	16
14	Columna	C-14	Interior	23	23	2	5.9	0
15	Columna	C-15	Exterior	44	27	18	2.9	36
16	Columna	C-16	Interior	33	32	2	5.9	0
17	Columna	C-17	Interior	49	32	17	5.9	9
18	Columna	C-18	Exterior	40	25	15	2.9	26
19	Columna	C-19	Interior	47	28	19	5.9	11
20	Columna	C-20	Exterior	37	31	6	2.9	4
21	Columna	C-21	Exterior	28	28	2	2.9	1
22	Columna	C-22	Exterior	41	47	1	2.9	0
23	Columna	C-23	Interior	43	45	3	5.9	0
24	Columna	C-24	Exterior	30	42	0	2.9	0
25	Columna	C-25	Interior	41	50	0	5.9	0
26	Columna	C-26	Interior	30	40	5	5.9	1
27	Columna	C-27	Interior	34	35	3	5.9	0
28	Columna	C-28	Exterior	43	27	17	2.9	32
29	Viga	V-1	Interior	42	15	27	5.6	22

N°	Elemento	Descripción	Condición ambiental	$r_{prom}$ (mm)	$d_{prom}$ (mm)	$d^*_{prom}$ (mm)	Kc	$t_i$ (años)
30	Viga	V-2	Exterior	33	22	12	2.8	17
31	Viga	V-3	Interior	33	15	18	5.6	11
32	Viga	V-4	Interior	30	18	12	5.6	4
33	Viga	V-5	Exterior	52	20	32	2.8	<b>131(*)</b>
34	Viga	V-6	Exterior	33	23	10	2.8	13
35	Viga	V-7	Interior	33	18	15	5.6	7
36	Viga	V-8	Interior	38	19	19	5.6	12
37	Viga	V-9	Exterior	37	20	17	2.8	35
38	Viga	V-10	Interior	33	12	22	5.6	15
39	Viga	V-11	Interior	50	21	29	5.6	26
40	Viga	V-12	Exterior	33	18	14	2.8	26
41	Viga	V-13	Interior	32	18	13	5.6	6
42	Viga	V-14	Interior	18	19	1	5.6	0
43	Viga	V-15	Interior	38	0	38	5.6	46
44	Viga	V-16	Interior	45	2	43	5.6	59
45	Losa Maciza	L-1	Interior	23	15	8	5.8	2
46	Losa Maciza	L-2	Interior	47	22	25	5.8	19
47	Losa Maciza	L-3	Interior	26	13	12	5.8	5
48	Losa Maciza	L-4	Interior	25	17	8	5.8	2
49	Losa Maciza	L-5	Interior	20	18	2	5.8	0
50	Losa Maciza	L-6	Interior	22	17	5	5.8	1
51	Losa Maciza	L-7	Interior	43	7	36	5.8	40
52	Losa Maciza	L-8	Interior	35	8	28	5.8	23

(\*) Los elementos C-1, C-7 y C-33 son datos fuera de control. Por lo tanto, se excluirán del análisis final.

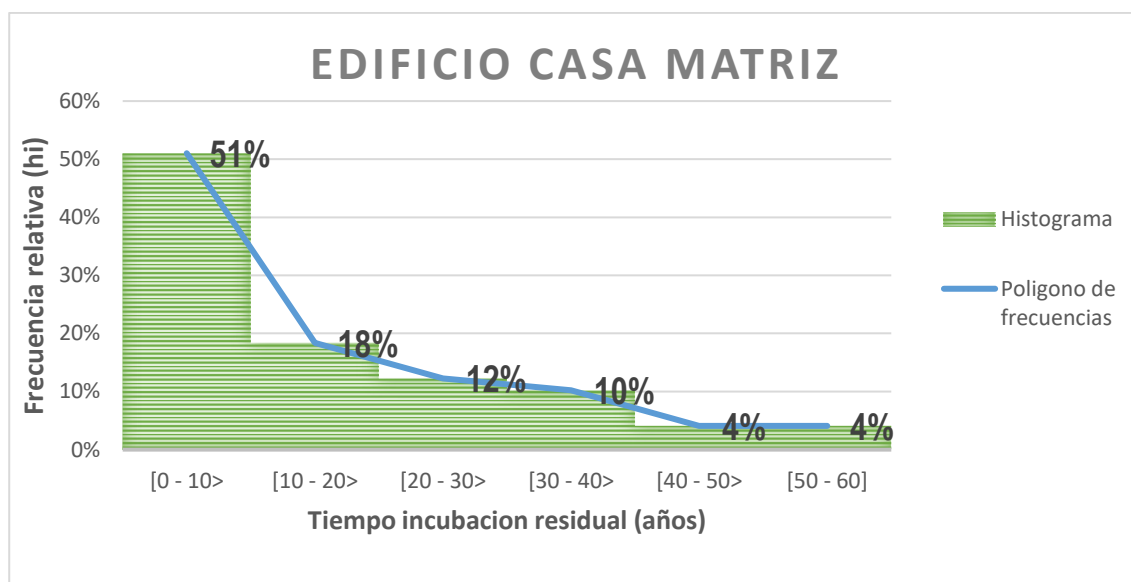
### Estadística descriptiva:

De los tiempos de incubación residuales mostrados en la Tabla 53, podemos obtener la siguiente información estadística:

**Tabla 54**

*Tabla de frecuencias del tiempo de incubación residual en Casa Matriz ( $t_i^*$ )*

Intervalos (años)	$x_i$	$f_i$	$F_i$	$h_i$	$H_i$	$x_i f_i$	$(x_i - \bar{x})^2$
[0 - 10>	5	25	25	51%	51%	125	121.45
[10 - 20>	15	9	34	18%	69%	135	1.04
[20 - 30>	25	6	40	12%	82%	150	80.63
[30 - 40>	35	5	45	10%	92%	175	360.22
[40 - 50>	45	2	47	4%	96%	90	839.82
[50 - 60]	55	2	49	4%	100%	110	1519.41
Total		49			$\Sigma$	785	2923
$\bar{x}$		16.02	años		Mínimo	0	años
$s$		7.8	años		Máximo	59	años
$t_i^*$ prom		16	años				



**Gráfico 17.** Histograma y polígono de frecuencias del tiempo de incubación residual – Casa Matriz.

## II. Edificio Gimnasio (E-02)

A continuación, en la tabla 55 se muestran los parámetros para el cálculo del tiempo de incubación residual.

**Tabla 55**

*Tabla de parámetros para el cálculo del tiempo de incubación residual en Edificio Gimnasio.*

Elemento	$f'_c$ (Mpa)	$f'_{cm}$ (Mpa)	Condiciones	$C_{env}$	$C_{air}$	a	b
Columna	16.7	24.7	Protegido de la lluvia	1.0	1.00	1800	-1.7
Viga	18	26	(Interior)				
Losa Aligerada	16	24	Expuesto a la lluvia (Exterior)	0.5			

(\*) Según el ítem 6.1.2 se toman los valores promedios obtenidos por cada elemento.

(\*\*) Por referencias del propietario, se asume que el concreto fue diseñado en condiciones normales, para lo cual el contenido del aire debe ser menos del 4.5% y el tipo de cemento utilizado para la mezcla fue Portland Tipo I.

Se muestran los resultados obtenidos en el cálculo del tiempo de incubación residual del Edificio Gimnasio mediante la Tabla 56.

**Tabla 56**

*Tabla de resultados del cálculo de tiempo de incubación residual en edificio Gimnasio.*

N°	Elemento	Descripción	Condición ambiental	$r_{prom}$ (mm)	$d_{prom}$ (mm)	$d^*_{prom}$ (mm)	Kc	$t_i$ (años)
1	Columna	C-1	Exterior	23	6	17	3.9	19
2	Columna	C-2	Exterior	40	20	20	3.9	26
3	Columna	C-3	Exterior	22	34	1	3.9	0
4	Columna	C-4	Exterior	49	9	40	3.9	107(*)

N°	Elemento	Descripción	Condición ambiental	$r_{prom}$ (mm)	$d_{prom}$ (mm)	$d^*_{prom}$ (mm)	Kc	$t_i$ (años)
5	Columna	C-5	Exterior	40	22	18	3.9	23
6	Columna	C-6	Interior	28	18	11	7.7	2
7	Columna	C-7	Interior	27	10	17	7.7	5
8	Columna	C-8	Exterior	32	22	10	3.9	7
9	Columna	C-9	Exterior	33	7	27	3.9	48
10	Columna	C-10	Exterior	28	15	13	3.9	12
11	Columna	C-11	Exterior	47	13	33	3.9	75(*)
12	Columna	C-12	Exterior	55	0	55	3.9	203(*)
13	Columna	C-13	Exterior	20	10	10	3.9	7
14	Columna	C-14	Interior	37	20	17	7.7	5
15	Columna	C-15	Exterior	35	27	8	3.9	5
16	Columna	C-16	Interior	38	17	22	7.7	8
17	Columna	C-17	Interior	40	0	40	7.7	27
18	Columna	C-18	Interior	32	0	32	7.7	17
19	Columna	C-19	Exterior	31	15	16	3.9	17
20	Columna	C-20	Exterior	35	20	15	3.9	15
21	Columna	C-21	Interior	45	2	43	7.7	31
22	Viga	V-1	Exterior	37	17	20	3.5	31
23	Viga	V-2	Interior	38	20	18	7.1	7
24	Viga	V-3	Interior	35	27	8	7.1	1
25	Viga	V-4	Exterior	27	13	14	3.5	16
26	Viga	V-5	Interior	35	0	35	7.1	24
27	Viga	V-6	Interior	35	0	35	7.1	24
28	Viga	V-7	Interior	23	32	2	7.1	0
29	Viga	V-8	Interior	23	30	0	7.1	0
30	Viga	V-9	Interior	22	20	3	7.1	0
31	Viga	V-10	Interior	33	13	20	7.1	8
32	Viga	V-11	Interior	20	10	10	7.1	2
33	Viga	V-12	Interior	28	0	28	7.1	16
34	Viga	V-13	Interior	37	18	18	7.1	7



N°	Elemento	Descripción	Condición ambiental	$r_{prom}$ (mm)	$d_{prom}$ (mm)	$d_{prom}^*$ (mm)	Kc	$t_i$ (años)
35	Losa Aligerada	L-1	Interior	30	0	30	8.1	14
36	Losa Aligerada	L-2	Interior	20	40	0	8.1	0
37	Losa Aligerada	L-3	Exterior	42	5	37	4.1	82(*)
38	Losa Aligerada	L-4	Interior	33	37	2	8.1	0

(\*) Los elementos C-4, C-11, C-12 y L-3 son datos fuera de control. Por lo tanto, se excluirán del análisis final.

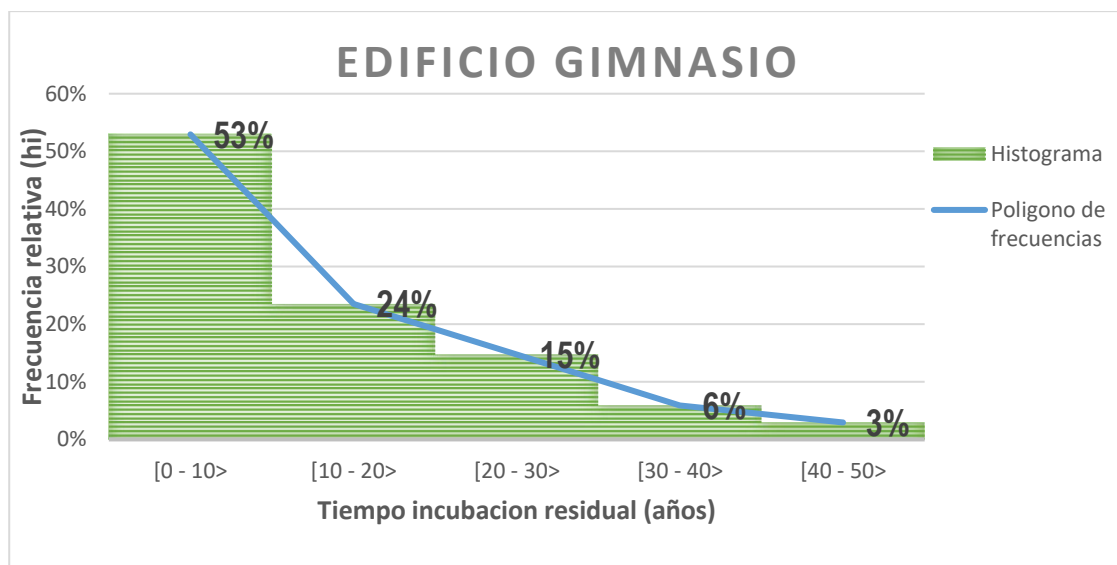
### Estadística descriptiva:

De los tiempos de incubación residuales mostrados en la Tabla 56, podemos obtener la siguiente información estadística:

**Tabla 57**

*Tabla de frecuencias del tiempo de incubación residual en Gimnasio ( $t_i^*$ )*

Intervalos (años)	$x_i$	$f_i$	$F_i$	$h_i$	$H_i$	$x_i f_i$	$(x_i - \bar{x})^2$
[0 - 10>	5	18	18	53%	53%	90	67.82
[10 - 20>	15	8	26	24%	76%	120	3.11
[20 - 30>	25	5	31	15%	91%	125	138.41
[30 - 40>	35	2	33	6%	97%	70	473.7
[40 - 50]	45	1	34	3%	100%	45	1009
Total		34			$\Sigma$	450	1692
	$\bar{x}$	13.24	años		Mínimo	0	años
	$s$	7.2	años		Máximo	48	años
	$t_i^*$ prom	13	años				



**Gráfico 18.** Histograma y polígono de frecuencias del tiempo de incubación residual – Gimnasio.

### III. Edificio Euroidiomas(E-03)

A continuación, en la tabla 58 se muestran los parámetros para el cálculo del tiempo de incubación residual.

**Tabla 58**

*Tabla de parámetros para el cálculo del tiempo de incubación residual en Edificio Euroidiomas.*

Elemento	$f'_c$ (Mpa)	$f_{cm}$ (Mpa)	Condiciones	$C_{env}$	$C_{air}$	a	b
Columna	17	25	Protegido de la lluvia (Interior)	1.0			
Viga	17.7	25.7	Protegido de la lluvia (Interior)		1.00	1800	-1.7
Losa Aligerada	19	27	Expuesto a la lluvia (Exterior)	0.5			

(\*) Según el ítem 6.1.2 se toman los valores promedios obtenidos por cada elemento.

(\*\*) Por referencias del propietario, se asume que el concreto fue diseñado en condiciones normales, para lo cual el contenido del aire debe ser menos del 4.5% y el tipo de cemento utilizado para la mezcla fue Portland Tipo I.

Se muestran los resultados obtenidos en el cálculo del tiempo de incubación residual del Edificio Euroidiomas mediante la Tabla 59.

**Tabla 59**

*Tabla de resultados del cálculo de tiempo de incubación residual en edificio Euroidiomas.*

Nº	Elemento	Descripción	Condición ambiental	$r_{prom}$ (mm)	$d_{prom}$ (mm)	$d^*_{prom}$ (mm)	Kc	$t_i$ (años)
1	Columna	C-1	Exterior	27	32	8	3.8	5
2	Columna	C-2	Exterior	23	20	3	3.8	1
3	Columna	C-3	Interior	30	15	15	7.6	4
4	Columna	C-4	Interior	6	12	0	7.6	0
5	Columna	C-5	Interior	12	17	0	7.6	0
6	Columna	C-6	Interior	13	17	0	7.6	0
7	Columna	C-7	Exterior	27	21	8	3.8	4
8	Columna	C-8	Exterior	27	12	15	3.8	16
9	Columna	C-9	Interior	20	15	8	7.6	1
10	Columna	C-10	Exterior	38	15	24	3.8	39
11	Columna	C-11	Exterior	33	20	13	3.8	12
12	Columna	C-12	Interior	15	10	7	7.6	1
13	Columna	C-13	Interior	18	18	2	7.6	0
14	Columna	C-14	Interior	32	33	8	7.6	1
15	Viga	V-1	Exterior	16	23	2	3.6	0
16	Viga	V-2	Interior	10	1	9	7.2	1
17	Viga	V-3	Interior	27	21	6	7.2	1
18	Viga	V-4	Interior	23	19	4	7.2	0
19	Viga	V-5	Exterior	63	48	15	3.6	17
20	Viga	V-6	Interior	30	50	0	7.2	0
21	Viga	V-7	Interior	25	30	2	7.2	0

N°	Elemento	Descripción	Condición ambiental	$r_{prom}$ (mm)	$d_{prom}$ (mm)	$d_{prom}^*$ (mm)	Kc	$t_i$ (años)
22	Viga	V-8	Exterior	28	22	7	3.6	3
23	Losa Aligerada	L-1	Interior	37	35	2	6.6	0
24	Losa Aligerada	L-2	Interior	25	17	8	6.6	2
25	Losa Aligerada	L-3	Interior	53	40	13	6.6	4
26	Losa Aligerada	L-4	Interior	20	40	0	6.6	0

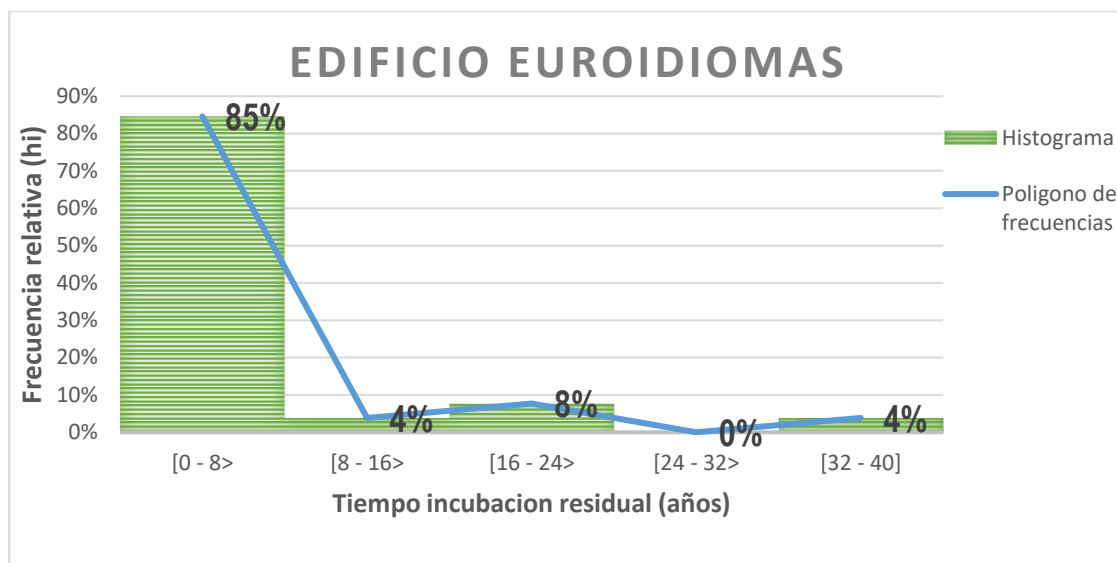
### Estadística descriptiva:

De los tiempos de incubación residuales mostrados en la Tabla 59, podemos obtener la siguiente información estadística:

**Tabla 60**

*Tabla de frecuencias del tiempo de incubación residual en Euroidiomas ( $t_i^*$ )*

Intervalos (años)	$x_i$	$f_i$	$F_i$	$h_i$	$H_i$	$x_i f_i$	$(x_i - \bar{x})^2$
[0 - 8>	4	22	22	85%	85%	88	7.67
[8 - 16>	12	1	23	4%	88%	12	27.36
[16 - 24>	20	2	25	8%	96%	40	175.05
[24 - 32>	28	0	25	0%	96%	0	450.75
[32 - 40]	36	1	26	4%	100%	36	854.44
Total		26			$\Sigma$	176	1515
	$\bar{x}$	6.77	años		Mínimo	0	años
	$s$	7.8	años		Máximo	39	años
	$t_i^*$ prom	7	años				



**Gráfico 19.** Histograma y polígono de frecuencias del tiempo de incubación residual – Euroidiomas.

#### IV. Edificio Torre Medica(E-04)

A continuación, en la tabla 61 se muestran los parámetros para el cálculo del tiempo de incubación residual.

**Tabla 61**

*Tabla de parámetros para el cálculo del tiempo de incubación residual en Edificio Torre Medica.*

Elemento	$f'_c$ (Mpa)	$f_{cm}$ (Mpa)	Condiciones	$C_{env}$	$C_{air}$	a	b
Columna	14	22	Protegido de la lluvia (Interior)	1.0			
Viga	15	23			1.00	1800	-1.7
Losa Maciza	15	23	Expuesto a la lluvia (Exterior)	0.5			

(\*) Según el ítem 6.1.2 se toman los valores promedios obtenidos por cada elemento.

(\*\*) Por referencias del propietario, se asume que el concreto fue diseñado en condiciones normales, para lo cual el contenido del aire debe ser menos del 4.5% y el tipo de cemento utilizado para la mezcla fue Portland Tipo I.

Se muestran los resultados obtenidos en el cálculo del tiempo de incubación residual del Edificio Torre Medica mediante la Tabla 62.

**Tabla 62**

*Tabla de resultados del cálculo de tiempo de incubación residual en edificio Torre Medica.*

N°	Elemento	Descripción	Condición ambiental	$r_{prom}$ (mm)	$d_{prom}$ (mm)	$d'_{prom}$ (mm)	Kc	$t_i$ (años)
1	Columna	C-1	Interior	32	40	3	9.4	0
2	Columna	C-2	Interior	33	23	10	9.4	1
3	Columna	C-3	Interior	32	42	2	9.4	0
4	Columna	C-4	Interior	22	20	3	9.4	0
5	Columna	C-5	Interior	28	20	8	9.4	1
6	Columna	C-6	Interior	30	40	2	9.4	0
7	Columna	C-7	Interior	38	13	25	9.4	7
8	Columna	C-8	Interior	33	26	8	9.4	1
9	Columna	C-9	Interior	35	50	0	9.4	0
10	Columna	C-10	Interior	35	18	17	9.4	3
11	Columna	C-11	Interior	35	47	3	9.4	0
12	Columna	C-12	Interior	38	10	28	9.4	9
13	Columna	C-13	Interior	38	37	12	9.4	2
14	Columna	C-14	Interior	30	27	15	9.4	3
15	Columna	C-15	Exterior	47	42	7	4.7	2
16	Columna	C-16	Exterior	25	18	7	4.7	2
17	Columna	C-17	Interior	50	40	10	9.4	1
18	Columna	C-18	Interior	42	25	17	9.4	3
19	Columna	C-19	Interior	27	47	0	9.4	0
20	Columna	C-20	Interior	28	33	7	9.4	1
21	Columna	C-21	Interior	42	37	7	9.4	1

N°	Elemento	Descripción	Condición ambiental	$r_{prom}$ (mm)	$d_{prom}$ (mm)	$d'_{prom}$ (mm)	Kc	$t_i$ (años)
22	Columna	C-22	Interior	38	35	10	9.4	1
23	Columna	C-23	Interior	40	20	20	9.4	5
24	Columna	C-24	Interior	67	33	33	9.4	13
25	Columna	C-25	Interior	45	20	25	9.4	7
26	Columna	C-26	Interior	55	27	28	9.4	9
27	Columna	C-27	Interior	42	47	3	9.4	0
28	Columna	C-28	Interior	45	48	2	9.4	0
29	Columna	C-29	Exterior	35	50	0	4.7	0
30	Columna	C-30	Exterior	32	50	0	4.7	0
31	Columna	C-31	Exterior	45	27	23	4.7	25
32	Columna	C-32	Exterior	38	50	0	4.7	0
33	Columna	C-33	Exterior	27	42	2	4.7	0
34	Columna	C-34	Exterior	42	50	0	4.7	0
35	Columna	C-35	Exterior	33	30	8	4.7	3
36	Viga	V-1	Interior	52	7	45	8.7	27
37	Viga	V-2	Interior	55	15	40	8.7	21
38	Viga	V-3	Interior	47	23	23	8.7	7
39	Viga	V-4	Interior	38	18	20	8.7	5
40	Viga	V-5	Interior	4	40	0	8.7	0
41	Viga	V-6	Interior	53	17	37	8.7	18
42	Viga	V-7	Interior	8	15	5	8.7	0
43	Viga	V-8	Interior	28	20	8	8.7	1
44	Viga	V-9	Exterior	35	20	15	4.4	12
45	Viga	V-10	Exterior	23	10	13	4.4	9
46	Viga	V-11	Interior	42	23	19	8.7	5
47	Viga	V-12	Interior	52	52	3	8.7	0
48	Viga	V-13	Interior	37	33	12	8.7	2
49	Viga	V-14	Interior	43	43	8	8.7	1
50	Viga	V-15	Interior	70	17	53	8.7	37
51	Viga	V-16	Interior	38	37	7	8.7	1

N°	Elemento	Descripción	Condición ambiental	$r_{prom}$ (mm)	$d_{prom}$ (mm)	$d_{prom}^*$ (mm)	Kc	$t_i$ (años)
52	Viga	V-17	Exterior	30	20	12	4.4	7
53	Viga	V-18	Exterior	27	28	5	4.4	1
54	Viga	V-19	Exterior	33	32	12	4.4	7
55	Viga	V-20	Exterior	20	50	0	4.4	0
56	Viga	V-21	Exterior	35	18	17	4.4	15
57	Viga	V-22	Exterior	33	17	17	4.4	15
58	Losa Maciza	L-1	Interior	18	20	7	8.7	1
59	Losa Maciza	L-2	Interior	30	7	23	8.7	7
60	Losa Maciza	L-3	Interior	28	17	18	8.7	4
61	Losa Maciza	L-4	Interior	32	32	5	8.7	0
62	Losa Maciza	L-5	Interior	30	10	20	8.7	5
63	Losa Maciza	L-6	Interior	27	7	20	8.7	5
64	Losa Maciza	L-7	Interior	32	13	18	8.7	4
65	Losa Maciza	L-8	Interior	30	22	13	8.7	2
66	Losa Maciza	L-9	Interior	37	27	13	8.7	2
67	Losa Maciza	L-10	Interior	25	30	5	8.7	0



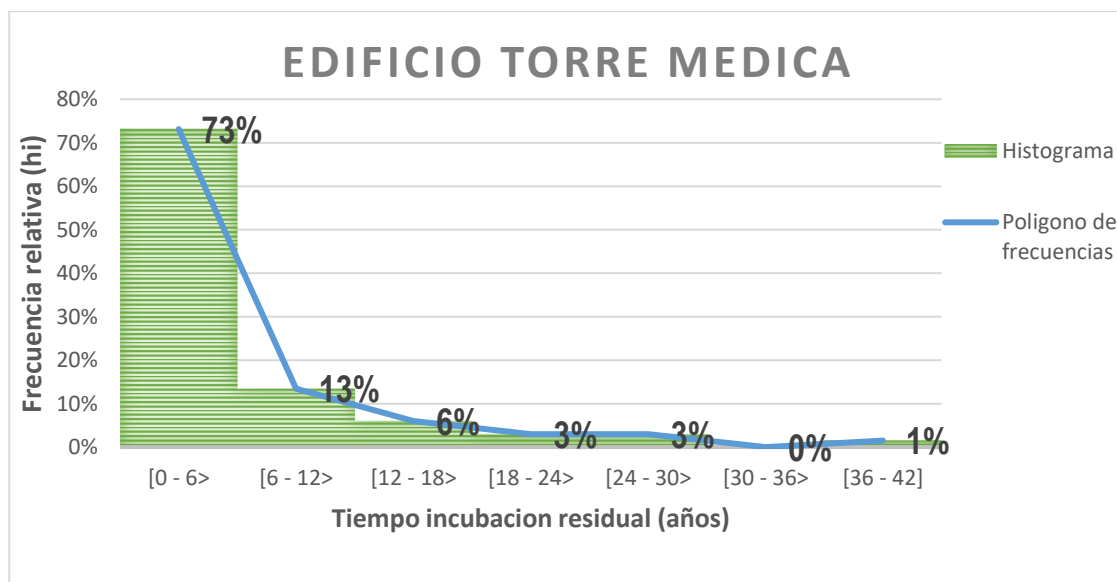
### Estadística descriptiva:

De los tiempos de incubación residuales mostrados en la Tabla 62, podemos obtener la siguiente información estadística:

**Tabla 63**

*Tabla de frecuencias del tiempo de incubación residual en Torre Medica ( $t_i^*$ )*

Intervalos (años)	$x_i$	$f_i$	$F_i$	$h_i$	$H_i$	$x_i f_i$	$(x_i - \bar{x})^2$
[0 - 6>	3	49	49	73%	73%	147	10.98
[6 - 12>	9	9	58	13%	87%	81	7.22
[12 - 18>	15	4	62	6%	93%	60	75.46
[18 - 24>	21	2	64	3%	96%	42	215.7
[24 - 30>	27	2	66	3%	99%	54	427.93
[30 - 36>	33	0	66	0%	99%	0	712.17
[36 - 42]	39	1	67	1%	100%	39	1068.41
<b>Total</b>		67			$\Sigma$	423	2518
$\bar{x}$		6.31	años		Mínimo	0	años
$s$		6.2	años		Máximo	37	años
$t_i^*$ prom		6	años				



**Gráfico 20.** Histograma y polígono de frecuencias del tiempo de incubación residual – Torre Medica.

### 6.1.3.2 Cálculo del tiempo de propagación

En el Ítem 5.2.9.2, se muestran las consideraciones para el cálculo del tiempo de propagación.

#### I. Edificio Casa Matriz (E-01)

A continuación, en la tabla 64 se muestran los parámetros para el cálculo del tiempo de propagación.

**Tabla 64**

*Tabla de parámetros para el cálculo del tiempo de propagación en Edificio Casa Matriz.*

Código	Edificio	$V_{corr}$ ( $\mu\text{m/año}$ )
E-01	Casa Matriz	20

(\*) La edificación se encuentra ubicada a menos de 3km del litoral marina, por lo tanto, su clase de exposición es IIIa (Ver Cuadro 6).

**Tabla 65**

*Tabla de resultados del cálculo de tiempo de propagación en edificio Casa Matriz.*

N°	Elemento	Descripción	Condición ambiental	$r_{prom}$ (mm)	$\Phi_{real}$ (mm)	$t_p$ (años)
1	Columna	C-1	Exterior	58	33.68	7(*)
2	Columna	C-2	Interior	50	32.58	6
3	Columna	C-3	Interior	53	32.76	7
4	Columna	C-4	Interior	45	33.67	5
5	Columna	C-5	Interior	31	33.87	4
6	Columna	C-6	Exterior	41	33.42	5
7	Columna	C-7	Exterior	43	33.98	5(*)
8	Columna	C-8	Interior	40	34.42	5

N°	Elemento	Descripción	Condición ambiental	$r_{prom}$ (mm)	$\Phi_{real}$ (mm)	$t_p$ (años)
9	Columna	C-9	Exterior	35	35.13	4
10	Columna	C-10	Interior	38	34.55	4
11	Columna	C-11	Interior	38	35.05	4
12	Columna	C-12	Interior	32	35.2	4
13	Columna	C-13	Exterior	42	35.72	5
14	Columna	C-14	Interior	23	33.5	3
15	Columna	C-15	Exterior	44	24.78	7
16	Columna	C-16	Interior	33	23.85	6
17	Columna	C-17	Interior	49	26.09	8
18	Columna	C-18	Exterior	40	24.9	6
19	Columna	C-19	Interior	47	24.33	8
20	Columna	C-20	Exterior	37	23.98	6
21	Columna	C-21	Exterior	28	24.82	5
22	Columna	C-22	Exterior	41	24.06	7
23	Columna	C-23	Interior	43	18.87	9
24	Columna	C-24	Exterior	30	19.75	6
25	Columna	C-25	Interior	41	24.41	7
26	Columna	C-26	Interior	30	24.26	5
27	Columna	C-27	Interior	34	24.07	6
28	Columna	C-28	Exterior	43	21.58	8
29	Viga	V-1	Interior	42	24.02	7
30	Viga	V-2	Exterior	33	19.07	7
31	Viga	V-3	Interior	33	18.89	7
32	Viga	V-4	Interior	30	18.65	6
33	Viga	V-5	Exterior	52	18.72	11(*)
34	Viga	V-6	Exterior	33	19.5	7
35	Viga	V-7	Interior	33	24.83	5
36	Viga	V-8	Interior	38	24.67	6
37	Viga	V-9	Exterior	37	19.44	8
38	Viga	V-10	Interior	33	19.18	7

N°	Elemento	Descripción	Condición ambiental	$r_{prom}$ (mm)	$\Phi_{real}$ (mm)	$t_p$ (años)
39	Viga	V-11	Interior	50	19.29	10
40	Viga	V-12	Exterior	33	18.51	7
41	Viga	V-13	Interior	32	19.44	7
42	Viga	V-14	Interior	18	17.94	4
43	Viga	V-15	Interior	38	20.09	8
44	Viga	V-16	Interior	45	18.64	10
45	Losa Maciza	L-1	Interior	23	9.98	9
46	Losa Maciza	L-2	Interior	47	15.99	12
47	Losa Maciza	L-3	Interior	26	9.96	10
48	Losa Maciza	L-4	Interior	25	9.99	10
49	Losa Maciza	L-5	Interior	20	12.59	6
50	Losa Maciza	L-6	Interior	22	11.96	7
51	Losa Maciza	L-7	Interior	43	16.07	11
52	Losa Maciza	L-8	Interior	35	12.8	11

(\*) Los elementos C-1, C-7 y C-33 son datos fuera de control. Por lo tanto, se excluirán del análisis final.

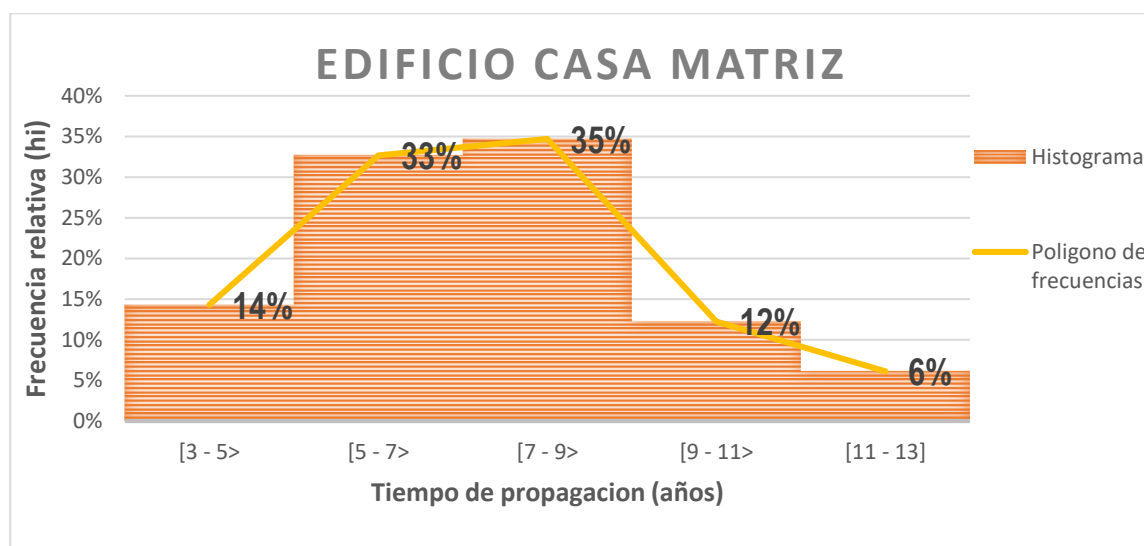
**Estadística descriptiva:**

De los tiempos de propagación mostrados en la Tabla 65, podemos obtener la siguiente información estadística:

**Tabla 66**

*Tabla de frecuencias de tiempo de propagación en Casa Matriz ( $t_p$ ).*

Intervalos (años)	$x_i$	$f_i$	$F_i$	$h_i$	$H_i$	$x_i f_i$	$(x_i - \bar{x})^2$
[3 - 5>	4	7	7	14%	14%	28	10.66
[5 - 7>	6	16	23	33%	47%	96	1.6
[7 - 9>	8	17	40	35%	82%	136	0.54
[9 - 11>	10	6	46	12%	94%	60	7.48
[11 - 13]	12	3	49	6%	100%	36	22.42
Total		49			$\Sigma$	356	43
$\bar{x}$		7.27	años		Mínimo	3	años
$s$		0.9	años		Máximo	12	años
$t_p$ prom		7	años				



**Gráfico 21.** Histograma y polígono de frecuencias del tiempo de propagación – Casa Matriz.

## II. Edificio Gimnasio (E-02)

A continuación, en la tabla 67 se muestran los parámetros para el cálculo del tiempo de propagación.

**Tabla 67**

*Tabla de parámetros para el cálculo del tiempo de propagación en Edificio Gimnasio.*

Código	Edificio	$V_{corr}$ ( $\mu\text{m/año}$ )
E-02	Gimnasio	20

(\*) La edificación se encuentra ubicada a menos de 3km del litoral marina, por lo tanto, su clase de exposición es IIIa (Ver Cuadro 6).

**Tabla 68**

*Tabla de resultados del cálculo de tiempo de propagación en edificio Gimnasio.*

N°	Elemento	Descripción	Condición ambiental	$r_{prom}$ (mm)	$\Phi_{real}$ (mm)	$t_p$ (años)
1	Columna	C-1	Exterior	23	18.14	5
2	Columna	C-2	Exterior	40	24.55	7
3	Columna	C-3	Exterior	22	21.8	4
4	Columna	C-4	Exterior	49	18.81	10(*)
5	Columna	C-5	Exterior	40	18.19	9
6	Columna	C-6	Interior	28	16.11	7
7	Columna	C-7	Interior	27	16.83	6
8	Columna	C-8	Exterior	32	18.98	7
9	Columna	C-9	Exterior	33	18.23	7
10	Columna	C-10	Exterior	28	19.02	6
11	Columna	C-11	Exterior	47	15.79	12(*)
12	Columna	C-12	Exterior	55	20.17	11(*)
13	Columna	C-13	Exterior	20	19.25	4

N°	Elemento	Descripción	Condición ambiental	$r_{prom}$ (mm)	$\Phi_{real}$ (mm)	$t_p$ (años)
14	Columna	C-14	Interior	37	15.54	9
15	Columna	C-15	Exterior	35	20.51	7
16	Columna	C-16	Interior	38	18.41	8
17	Columna	C-17	Interior	40	15.52	10
18	Columna	C-18	Interior	32	24.82	5
19	Columna	C-19	Exterior	31	19.03	6
20	Columna	C-20	Exterior	35	15.11	9
21	Columna	C-21	Interior	45	18.32	10
22	Viga	V-1	Exterior	37	15.88	9
23	Viga	V-2	Interior	38	15.68	10
24	Viga	V-3	Interior	35	15.42	9
25	Viga	V-4	Exterior	27	15.35	7
26	Viga	V-5	Interior	35	12.44	11
27	Viga	V-6	Interior	35	12.58	11
28	Viga	V-7	Interior	23	19.8	5
29	Viga	V-8	Interior	23	24.77	4
30	Viga	V-9	Interior	22	16	5
31	Viga	V-10	Interior	33	15.24	9
32	Viga	V-11	Interior	20	15.76	5
33	Viga	V-12	Interior	28	16.41	7
34	Viga	V-13	Interior	37	14.66	10
35	Losa Aligerada	L-1	Interior	30	13.56	9
36	Losa Aligerada	L-2	Interior	20	12.77	6
37	Losa Aligerada	L-3	Exterior	42	11.7	<b>14(*)</b>
38	Losa Aligerada	L-4	Interior	33	16.09	8

(\*) Los elementos C-4, C-11, C-12 y L-3 son datos fuera de control. Por lo tanto, se excluirán del análisis final.

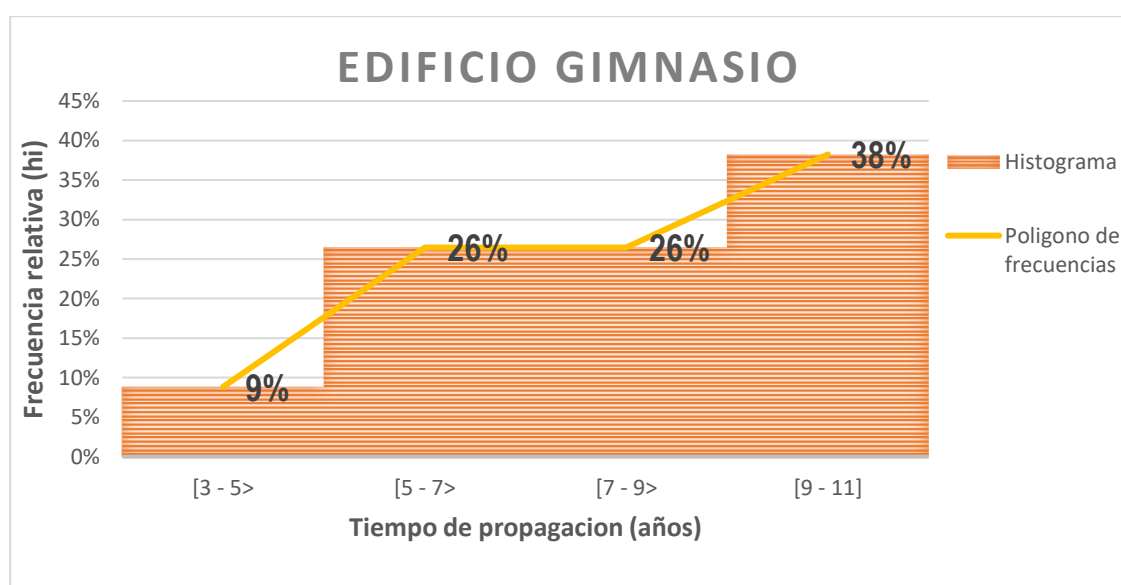
### Estadística descriptiva:

De los tiempos de propagación mostrados en la Tabla 68, podemos obtener la siguiente información estadística:

**Tabla 69**

*Tabla de frecuencias de tiempo de propagación en Gimnasio ( $t_p$ ).*

Intervalos (años)	$x_i$	$f_i$	$F_i$	$h_i$	$H_i$	$x_i f_i$	$(x_i - \bar{x})^2$
[3 - 5>	4	3	3	9%	9%	12	15.07
[5 - 7>	6	9	12	26%	35%	54	3.54
[7 - 9>	8	9	21	26%	62%	72	0.01
[9 - 11]	10	13	34	38%	100%	130	4.48
Total		34			$\Sigma$	268	23
$\bar{x}$		7.88	años		Mínimo	4	años
$s$		0.8	años		Máximo	11	años
$t_p$ prom		8	años				



**Gráfico 22.** Histograma y polígono de frecuencias del tiempo de propagación – Gimnasio.



### III. Edificio Euroidiomas (E-03)

A continuación, en la tabla 70 se muestran los parámetros para el cálculo del tiempo de propagación.

**Tabla 70**

*Tabla de parámetros para el cálculo del tiempo de propagación en Edificio Euroidiomas.*

Código	Edificio	$V_{corr}$ ( $\mu\text{m/año}$ )
E-03	Euroidiomas	20

(\*) La edificación se encuentra ubicada a menos de 3km del litoral marina, por lo tanto, su clase de exposición es IIIa (Ver Cuadro 6).

**Tabla 71**

*Tabla de resultados del cálculo de tiempo de propagación en edificio Euroidiomas.*

N°	Elemento	Descripción	Condición ambiental	$r_{prom}$ (mm)	$\Phi_{real}$ (mm)	$t_p$ (años)
1	Columna	C-1	Exterior	27	19.19	6
2	Columna	C-2	Exterior	23	21.95	4
3	Columna	C-3	Interior	30	20.69	6
4	Columna	C-4	Interior	6	21.62	1
5	Columna	C-5	Interior	12	22.31	2
6	Columna	C-6	Interior	13	15.92	3
7	Columna	C-7	Exterior	27	16.15	7
8	Columna	C-8	Exterior	27	15.75	7
9	Columna	C-9	Interior	20	15.36	5
10	Columna	C-10	Exterior	38	15.24	10
11	Columna	C-11	Exterior	33	16	8
12	Columna	C-12	Interior	15	15.92	4
13	Columna	C-13	Interior	18	15.84	5

N°	Elemento	Descripción	Condición ambiental	$r_{prom}$ (mm)	$\Phi_{real}$ (mm)	$t_p$ (años)
14	Columna	C-14	Interior	32	16.01	8
15	Viga	V-1	Exterior	16	24.62	3
16	Viga	V-2	Interior	10	19.31	2
17	Viga	V-3	Interior	27	15.77	7
18	Viga	V-4	Interior	23	19.62	5
19	Viga	V-5	Exterior	63	15.13	17
20	Viga	V-6	Interior	30	18.55	6
21	Viga	V-7	Interior	25	15.55	6
22	Viga	V-8	Exterior	28	19.03	6
23	Losa Aligerada	L-1	Interior	37	13.1	11
24	Losa Aligerada	L-2	Interior	25	12.57	8
25	Losa Aligerada	L-3	Interior	53	10.43	20
26	Losa Aligerada	L-4	Interior	20	16.42	5

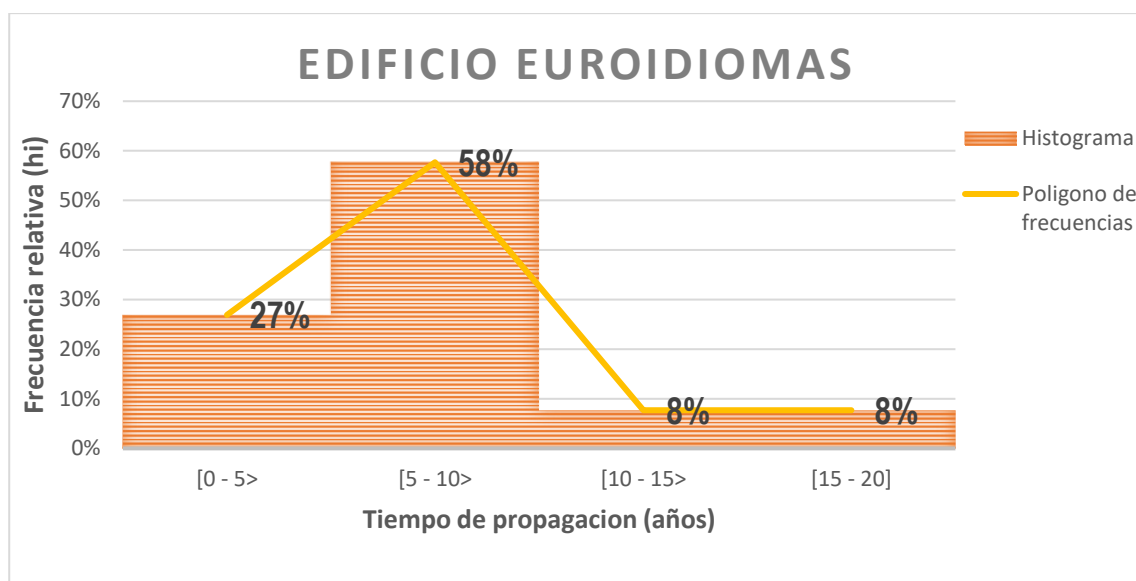
### Estadística descriptiva:

De los tiempos de propagación mostrados en la Tabla 71, podemos obtener la siguiente información estadística:

**Tabla 72**

*Tabla de frecuencias de tiempo de propagación en Euroidiomas ( $t_p$ ).*

Intervalos (años)	$x_i$	$f_i$	$F_i$	$h_i$	$H_i$	$x_i f_i$	$(x_i - \bar{x})^2$
[0 - 5>	2.5	7	7	27%	27%	17.5	23.11
[5 - 10>	7.5	15	22	58%	85%	112.5	0.04
[10 - 15>	12.5	2	24	8%	92%	25	26.96
[15 - 20]	17.5	2	26	8%	100%	35	103.88
Total		26			$\Sigma$	190	154
$\bar{x}$		7.31	años		Mínimo	1	años
$s$		2.5	años		Máximo	20	años
$t_p$ prom		7	años				



**Gráfico 23.** Histograma y polígono de frecuencias del tiempo de propagación – Euroidiomas.

#### IV. Edificio Torre Medica (E-04)

A continuación, en la tabla 73 se muestran los parámetros para el cálculo del tiempo de propagación.

**Tabla 73**

*Tabla de parámetros para el cálculo del tiempo de propagación en Edificio Torre Medica.*

<b>Código</b>	<b>Edificio</b>	<b><math>V_{corr}</math> (<math>\mu\text{m/año}</math>)</b>
<b>E-04</b>	Torre Medica	20

(\*) La edificación se encuentra ubicada a menos de 3km del litoral marina, por lo tanto, su clase de exposición es IIIa (Ver Cuadro 6).

**Tabla 74**

*Tabla de resultados del cálculo de tiempo de propagación en edificio Torre Medica.*

N°	Elemento	Descripción	Condición ambiental	$r_{prom}$ (mm)	$\Phi_{real}$ (mm)	$t_p$ (años)
1	Columna	C-1	Interior	32	25.06	5
2	Columna	C-2	Interior	33	19.33	7
3	Columna	C-3	Interior	32	16.57	8
4	Columna	C-4	Interior	22	15.16	6
5	Columna	C-5	Interior	28	16.54	7
6	Columna	C-6	Interior	30	18.76	6
7	Columna	C-7	Interior	38	18.89	8
8	Columna	C-8	Interior	33	15.79	8
9	Columna	C-9	Interior	35	18.1	8
10	Columna	C-10	Interior	35	15.24	9
11	Columna	C-11	Interior	35	18.65	8
12	Columna	C-12	Interior	38	18.1	8
13	Columna	C-13	Interior	38	15.15	10
14	Columna	C-14	Interior	30	18.38	7
15	Columna	C-15	Exterior	47	20.04	9
16	Columna	C-16	Exterior	25	16.21	6
17	Columna	C-17	Interior	50	18.18	11
18	Columna	C-18	Interior	42	15.66	11
19	Columna	C-19	Interior	27	18.84	6
20	Columna	C-20	Interior	28	19.65	6
21	Columna	C-21	Interior	42	18.35	9
22	Columna	C-22	Interior	38	25.84	6
23	Columna	C-23	Interior	40	18.6	9
24	Columna	C-24	Interior	67	21.57	12
25	Columna	C-25	Interior	45	19.15	9
26	Columna	C-26	Interior	55	24.31	9
27	Columna	C-27	Interior	42	24.52	7
28	Columna	C-28	Interior	45	18.21	10
29	Columna	C-29	Exterior	35	19.54	7
30	Columna	C-30	Exterior	32	25.23	5

N°	Elemento	Descripción	Condición ambiental	$r_{prom}$ (mm)	$\Phi_{real}$ (mm)	$t_p$ (años)
31	Columna	C-31	Exterior	45	23.99	8
32	Columna	C-32	Exterior	38	24.3	6
33	Columna	C-33	Exterior	27	18.86	6
34	Columna	C-34	Exterior	42	19.65	8
35	Columna	C-35	Exterior	33	24.6	5
36	Viga	V-1	Interior	52	15.55	13
37	Viga	V-2	Interior	55	18.89	12
38	Viga	V-3	Interior	47	18.46	10
39	Viga	V-4	Interior	38	18.91	8
40	Viga	V-5	Interior	4	17.95	1
41	Viga	V-6	Interior	53	15.4	14
42	Viga	V-7	Interior	8	14.99	2
43	Viga	V-8	Interior	28	24.77	5
44	Viga	V-9	Exterior	35	20.44	7
45	Viga	V-10	Exterior	23	15.81	6
46	Viga	V-11	Interior	42	15.78	11
47	Viga	V-12	Interior	52	18.75	11
48	Viga	V-13	Interior	37	18.56	8
49	Viga	V-14	Interior	43	18.58	9
50	Viga	V-15	Interior	70	18.61	15
51	Viga	V-16	Interior	38	19.28	8
52	Viga	V-17	Exterior	30	15.42	8
53	Viga	V-18	Exterior	27	18.44	6
54	Viga	V-19	Exterior	33	15.13	9
55	Viga	V-20	Exterior	20	15.04	5
56	Viga	V-21	Exterior	35	16.2	9
57	Viga	V-22	Exterior	33	20.4	7
58	Losa Maciza	L-1	Interior	18	9.98	7

N°	Elemento	Descripción	Condición ambiental	$r_{prom}$ (mm)	$\Phi_{real}$ (mm)	$t_p$ (años)
59	Losa Maciza	L-2	Interior	30	11.9	10
60	Losa Maciza	L-3	Interior	28	8.47	13
61	Losa Maciza	L-4	Interior	32	15.28	8
62	Losa Maciza	L-5	Interior	30	9.36	13
63	Losa Maciza	L-6	Interior	27	15.36	7
64	Losa Maciza	L-7	Interior	32	12.96	10
65	Losa Maciza	L-8	Interior	30	9.13	13
66	Losa Maciza	L-9	Interior	37	8.89	16
67	Losa Maciza	L-10	Interior	25	11.5	9

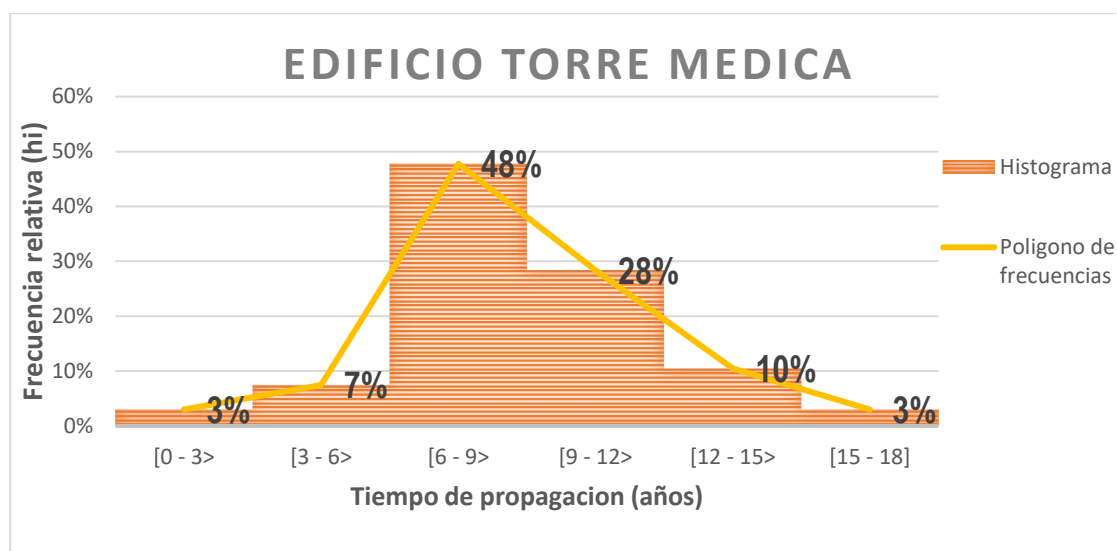
### Estadística descriptiva:

De los tiempos de propagación mostrados en la Tabla 74, podemos obtener la siguiente información estadística:

**Tabla 75**

*Tabla de frecuencias de tiempo de propagación en Torre Medica ( $t_p$ ).*

Intervalos (años)	$x_i$	$f_i$	$F_i$	$h_i$	$H_i$	$x_i f_i$	$(x_i - \bar{x})^2$
[0 - 3>	1.5	2	2	3%	3%	3	53.92
[3 - 6>	4.5	5	7	7%	10%	22.5	18.86
[6 - 9>	7.5	32	39	48%	58%	240	1.8
[9 - 12>	10.5	19	58	28%	87%	199.5	2.74
[12 - 15>	13.5	7	65	10%	97%	94.5	21.69
[15 - 18]	16.5	2	67	3%	100%	33	58.63
<b>Total</b>		67			$\Sigma$	593	158
	$\bar{x}$	8.84	años		Mínimo	1	años
	$s$	1.5	años		Máximo	16	años
	$t_p$ prom	9	años				



**Gráfico 24.** Histograma y polígono de frecuencias del tiempo de propagación – Torre Medica.

#### 6.1.3.3 Cálculo de la estimación de vida útil residual

En el Ítem 5.2.9.3, se muestran las consideraciones para el cálculo de la estimación de vida útil residual.

#### I. Edificio Casa Matriz (E-01)

**Tabla 76**

*Tabla de resultados del cálculo de tiempo de vida útil residual en edificio Casa Matriz.*

N°	Elemento	Descripción	Condición ambiental	$t_i$ (años)	$t_p$ (años)	$t_L$ (años)
1	Columna	C-1	Exterior	170	7	177(*)
2	Columna	C-2	Interior	32	6	38
3	Columna	C-3	Interior	23	7	30
4	Columna	C-4	Interior	12	5	17

N°	Elemento	Descripción	Condición ambiental	$t_i^*$ (años)	$t_p$ (años)	$t_L^*$ (años)
5	Columna	C-5	Interior	3	4	7
6	Columna	C-6	Exterior	59	5	64
7	Columna	C-7	Exterior	116	5	<b>121(*)</b>
8	Columna	C-8	Interior	8	5	13
9	Columna	C-9	Exterior	32	4	36
10	Columna	C-10	Interior	5	4	9
11	Columna	C-11	Interior	6	4	10
12	Columna	C-12	Interior	1	4	5
13	Columna	C-13	Exterior	16	5	21
14	Columna	C-14	Interior	0	3	3
15	Columna	C-15	Exterior	36	7	43
16	Columna	C-16	Interior	0	6	6
17	Columna	C-17	Interior	9	8	17
18	Columna	C-18	Exterior	26	6	32
19	Columna	C-19	Interior	11	8	19
20	Columna	C-20	Exterior	4	6	10
21	Columna	C-21	Exterior	1	5	6
22	Columna	C-22	Exterior	0	7	7
23	Columna	C-23	Interior	0	9	9
24	Columna	C-24	Exterior	0	6	6
25	Columna	C-25	Interior	0	7	7
26	Columna	C-26	Interior	1	5	6
27	Columna	C-27	Interior	0	6	6
28	Columna	C-28	Exterior	32	8	40
29	Viga	V-1	Interior	22	7	29
30	Viga	V-2	Exterior	17	7	24
31	Viga	V-3	Interior	11	7	18
32	Viga	V-4	Interior	4	6	10
33	Viga	V-5	Exterior	131	11	<b>142(*)</b>
34	Viga	V-6	Exterior	13	7	20



N°	Elemento	Descripción	Condición ambiental	$t_i^*$ (años)	$t_p$ (años)	$t_L^*$ (años)
35	Viga	V-7	Interior	7	5	12
36	Viga	V-8	Interior	12	6	18
37	Viga	V-9	Exterior	35	8	43
38	Viga	V-10	Interior	15	7	22
39	Viga	V-11	Interior	26	10	36
40	Viga	V-12	Exterior	26	7	33
41	Viga	V-13	Interior	6	7	13
42	Viga	V-14	Interior	0	4	4
43	Viga	V-15	Interior	46	8	54
44	Viga	V-16	Interior	59	10	69
45	Losa Maciza	L-1	Interior	2	9	11
46	Losa Maciza	L-2	Interior	19	12	31
47	Losa Maciza	L-3	Interior	5	10	15
48	Losa Maciza	L-4	Interior	2	10	12
49	Losa Maciza	L-5	Interior	0	6	6
50	Losa Maciza	L-6	Interior	1	7	8
51	Losa Maciza	L-7	Interior	40	11	51
52	Losa Maciza	L-8	Interior	23	11	34

(\*) Los elementos C-1, C-7 y C-33 son datos fuera de control. Por lo tanto, se excluirán del análisis final.

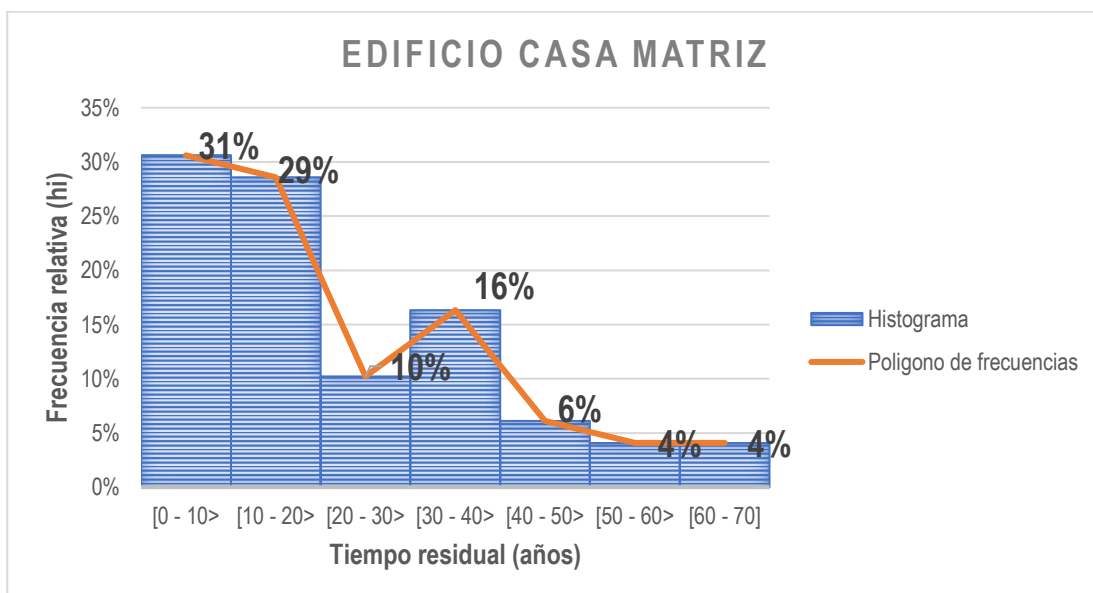
### Estadística descriptiva:

De las edades residuales calculadas en la Tabla 76, podemos obtener la siguiente información estadística:

**Tabla 77**

*Tabla de frecuencias de la vida útil residual en Casa Matriz ( $t_i^*$ ).*

Intervalos (años)	$x_i$	$f_i$	$F_i$	$h_i$	$H_i$	$x_i f_i$	$(x_i - \bar{x})^2$
[0 - 10>	5	15	15	31%	31%	75	280.05
[10 - 20>	15	14	29	29%	59%	210	45.36
[20 - 30>	25	5	34	10%	69%	125	10.66
[30 - 40>	35	8	42	16%	86%	280	175.97
[40 - 50>	45	3	45	6%	92%	135	541.27
[50 - 60>	55	2	47	4%	96%	110	1106.58
[60 - 70]	65	2	49	4%	100%	130	1871.89
	Total	49			$\Sigma$	1065	4032
	$\bar{x}$	21.73	años		Mínimo	3	años
	$s$	9.2	años		Máximo	69	años
	$t_i^*$ prom	22	años				



**Gráfico 25.** Histograma y polígono de frecuencias del tiempo de vida útil residual – Casa Matriz.

## II. Edificio Gimnasio (E-02)

**Tabla 78**

*Tabla de resultados del cálculo de tiempo de vida útil residual en edificio Gimnasio.*

N°	Elemento	Descripción	Condición ambiental	$t_i^*$ (años)	$t_p$ (años)	$t_j^*$ (años)
1	Columna	C-1	Interior	19	5	24
2	Columna	C-2	Interior	26	7	33
3	Columna	C-3	Interior	0	4	4
4	Columna	C-4	Exterior	107	10	117(*)
5	Columna	C-5	Interior	23	9	32
6	Columna	C-6	Exterior	2	7	9
7	Columna	C-7	Interior	5	6	11
8	Columna	C-8	Exterior	7	7	14
9	Columna	C-9	Interior	48	7	55
10	Columna	C-10	Interior	12	6	18
11	Columna	C-11	Exterior	75	12	87(*)
12	Columna	C-12	Exterior	203	11	214(*)
13	Columna	C-13	Interior	7	4	11
14	Columna	C-14	Exterior	5	9	14
15	Columna	C-15	Interior	5	7	12
16	Columna	C-16	Exterior	8	8	16
17	Columna	C-17	Interior	27	10	37
18	Columna	C-18	Interior	17	5	22
19	Columna	C-19	Exterior	17	6	23
20	Columna	C-20	Exterior	15	9	24
21	Columna	C-21	Interior	31	10	41
22	Viga	V-1	Exterior	31	9	40
23	Viga	V-2	Interior	7	10	17
24	Viga	V-3	Interior	1	9	10
25	Viga	V-4	Exterior	16	7	23
26	Viga	V-5	Interior	24	11	35

N°	Elemento	Descripción	Condición ambiental	$t_i^*$ (años)	$t_p$ (años)	$t_i^*$ (años)
27	Viga	V-6	Interior	24	11	35
28	Viga	V-7	Interior	0	5	5
29	Viga	V-8	Interior	0	4	4
30	Viga	V-9	Interior	0	5	5
31	Viga	V-10	Interior	8	9	17
32	Viga	V-11	Interior	2	5	7
33	Viga	V-12	Interior	16	7	23
34	Viga	V-13	Interior	7	10	17
35	Losa Aligerada	L-1	Interior	14	9	23
36	Losa Aligerada	L-2	Interior	0	6	6
37	Losa Aligerada	L-3	Exterior	82	14	96(*)
38	Losa Aligerada	L-4	Interior	0	8	8

(\*) Los elementos C-4, C-11, C-12 y L-3 son datos fuera de control. Por lo tanto, se excluirán del análisis final.

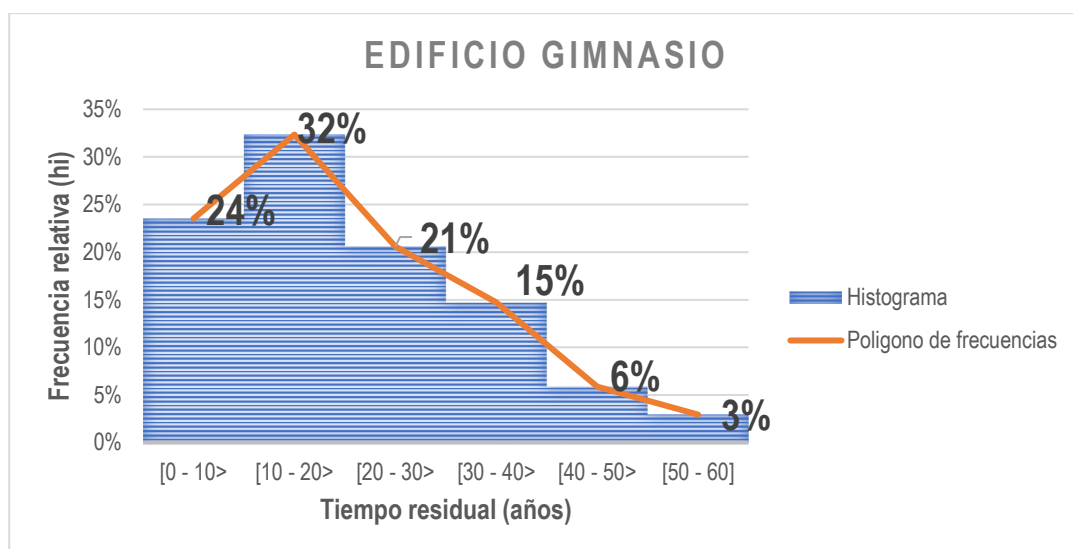
### Estadística descriptiva:

De las edades residuales calculadas en la Tabla 78, podemos obtener la siguiente información estadística:

**Tabla 79**

*Tabla de frecuencias de la vida útil residual en Gimnasio ( $t_i^*$ ).*

Intervalos (años)	$x_i$	$f_i$	$F_i$	$h_i$	$H_i$	$x_i f_i$	$(x_i - \bar{x})^2$
[0 - 10>	5	8	8	24%	24%	40	242.99
[10 - 20>	15	11	19	32%	56%	165	31.23
[20 - 30>	25	7	26	21%	76%	175	19.46
[30 - 40>	35	5	31	15%	91%	175	207.7
[40 - 50>	45	2	33	6%	97%	90	595.93
[50 - 60]	55	1	34	3%	100%	55	1184.17
Total		34			$\Sigma$	700	2281
$\bar{x}$		20.59	años		Mínimo	4	años
$s$		8.3	años		Máximo	55	años
$t_i^*$ prom		21	años				



**Gráfico 26.** Histograma y polígono de frecuencias del tiempo de vida útil residual – Gimnasio.

### III. Edificio Euroidiomas (E-03)

**Tabla 80**

*Tabla de resultados del cálculo de tiempo de vida útil residual en edificio Euroidiomas.*

N°	Elemento	Descripción	Condición ambiental	$t_i^*$ (años)	$t_p$ (años)	$t_L^*$ (años)
1	Columna	C-1	Exterior	5	6	11
2	Columna	C-2	Exterior	1	4	5
3	Columna	C-3	Interior	4	6	10
4	Columna	C-4	Interior	0	1	1
5	Columna	C-5	Interior	0	2	2
6	Columna	C-6	Interior	0	3	3
7	Columna	C-7	Exterior	4	7	11
8	Columna	C-8	Exterior	16	7	23
9	Columna	C-9	Interior	1	5	6
10	Columna	C-10	Exterior	39	10	49
11	Columna	C-11	Exterior	12	8	20

N°	Elemento	Descripción	Condición ambiental	$t_i^*$ (años)	$t_p$ (años)	$t_L^*$ (años)
12	Columna	C-12	Interior	1	4	5
13	Columna	C-13	Interior	0	5	5
14	Columna	C-14	Interior	1	8	9
15	Viga	V-1	Exterior	0	3	3
16	Viga	V-2	Interior	1	2	3
17	Viga	V-3	Interior	1	7	8
18	Viga	V-4	Interior	0	5	5
19	Viga	V-5	Exterior	17	17	34
20	Viga	V-6	Interior	0	6	6
21	Viga	V-7	Interior	0	6	6
22	Viga	V-8	Exterior	3	6	9
23	Losa Aligerada	L-1	Interior	0	11	11
24	Losa Aligerada	L-2	Interior	2	8	10
25	Losa Aligerada	L-3	Interior	4	20	24
26	Losa Aligerada	L-4	Interior	0	5	5

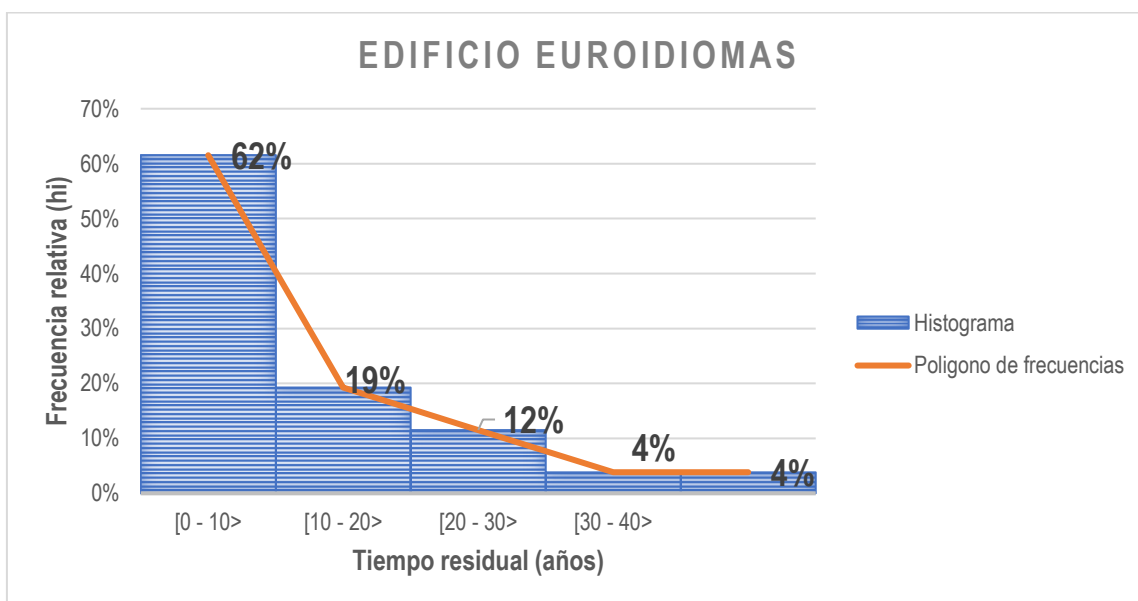
### Estadística descriptiva:

De las edades residuales calculadas en la Tabla 80, podemos obtener la siguiente información estadística:

**Tabla 81**

*Tabla de frecuencias de la vida útil residual en Euroidiomas ( $t_i^*$ ).*

Intervalos (años)	$x_i$	$f_i$	$F_i$	$h_i$	$H_i$	$x_i f_i$	$(x_i - \bar{x})^2$
[0 - 10>	5	16	16	62%	62%	80	47.93
[10 - 20>	15	5	21	19%	81%	75	9.47
[20 - 30>	25	3	24	12%	92%	75	171.01
[30 - 40>	35	1	25	4%	96%	35	532.54
[40 - 50]	45	1	26	4%	100%	45	1094.08
Total		26			$\Sigma$	310	1855
$\bar{x}$		11.92	años		Mínimo	1	años
$s$		8.6	años		Máximo	49	años
$t_i^*$ prom		12	años				



**Gráfico 27.** Histograma y polígono de frecuencias del tiempo de vida útil residual – Euroidiomas.

#### IV. Edificio Torre Medica (E-04)

**Tabla 82**

*Tabla de resultados del cálculo de tiempo de vida útil residual en edificio Torre Medica.*

N°	Elemento	Descripción	Condición ambiental	$t_i^*$ (años)	$t_p$ (años)	$t_L^*$ (años)
1	Columna	C-1	Interior	0	5	5
2	Columna	C-2	Interior	1	7	8
3	Columna	C-3	Interior	0	8	8
4	Columna	C-4	Interior	0	6	6
5	Columna	C-5	Interior	1	7	8
6	Columna	C-6	Interior	0	6	6
7	Columna	C-7	Interior	7	8	15
8	Columna	C-8	Interior	1	8	9
9	Columna	C-9	Interior	0	8	8
10	Columna	C-10	Interior	3	9	12
11	Columna	C-11	Interior	0	8	8
12	Columna	C-12	Interior	9	8	17
13	Columna	C-13	Interior	2	10	12
14	Columna	C-14	Interior	3	7	10
15	Columna	C-15	Exterior	2	9	11
16	Columna	C-16	Exterior	2	6	8
17	Columna	C-17	Interior	1	11	12
18	Columna	C-18	Interior	3	11	14
19	Columna	C-19	Interior	0	6	6
20	Columna	C-20	Interior	1	6	7
21	Columna	C-21	Interior	1	9	10
22	Columna	C-22	Interior	1	6	7
23	Columna	C-23	Interior	5	9	14
24	Columna	C-24	Interior	13	12	25
25	Columna	C-25	Interior	7	9	16
26	Columna	C-26	Interior	9	9	18



N°	Elemento	Descripción	Condición ambiental	$t_i^*$ (años)	$t_p$ (años)	$t_L^*$ (años)
27	Columna	C-27	Interior	0	7	7
28	Columna	C-28	Interior	0	10	10
29	Columna	C-29	Exterior	0	7	7
30	Columna	C-30	Exterior	0	5	5
31	Columna	C-31	Exterior	25	8	33
32	Columna	C-32	Exterior	0	6	6
33	Columna	C-33	Exterior	0	6	6
34	Columna	C-34	Exterior	0	8	8
35	Columna	C-35	Exterior	3	5	8
36	Viga	V-1	Interior	27	13	40
37	Viga	V-2	Interior	21	12	33
38	Viga	V-3	Interior	7	10	17
39	Viga	V-4	Interior	5	8	13
40	Viga	V-5	Interior	0	1	1
41	Viga	V-6	Interior	18	14	32
42	Viga	V-7	Interior	0	2	2
43	Viga	V-8	Interior	1	5	6
44	Viga	V-9	Exterior	12	7	19
45	Viga	V-10	Exterior	9	6	15
46	Viga	V-11	Interior	5	11	16
47	Viga	V-12	Interior	0	11	11
48	Viga	V-13	Interior	2	8	10
49	Viga	V-14	Interior	1	9	10
50	Viga	V-15	Interior	37	15	52
51	Viga	V-16	Interior	1	8	9
52	Viga	V-17	Exterior	7	8	15
53	Viga	V-18	Exterior	1	6	7
54	Viga	V-19	Exterior	7	9	16
55	Viga	V-20	Exterior	0	5	5
56	Viga	V-21	Exterior	15	9	24

N°	Elemento	Descripción	Condición ambiental	$t_i^*$ (años)	$t_p$ (años)	$t_L^*$ (años)
57	Viga	V-22	Exterior	15	7	22
58	Losa Maciza	L-1	Interior	1	7	8
59	Losa Maciza	L-2	Interior	7	10	17
60	Losa Maciza	L-3	Interior	4	13	17
61	Losa Maciza	L-4	Interior	0	8	8
62	Losa Maciza	L-5	Interior	5	13	18
63	Losa Maciza	L-6	Interior	5	7	12
64	Losa Maciza	L-7	Interior	4	10	14
65	Losa Maciza	L-8	Interior	2	13	15
66	Losa Maciza	L-9	Interior	2	16	18
67	Losa Maciza	L-10	Interior	0	9	9

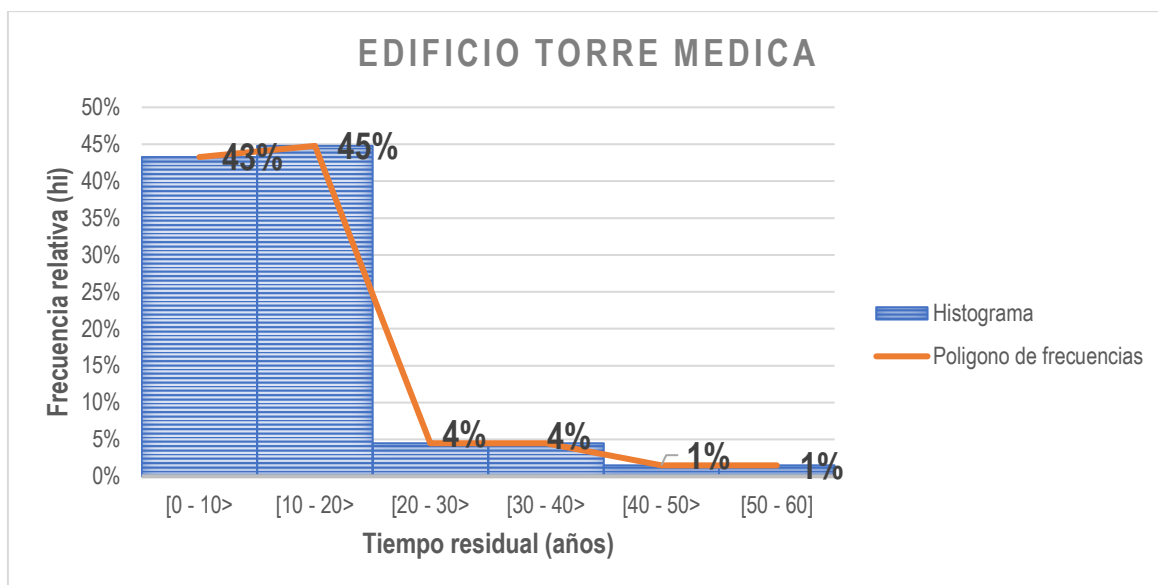
### Estadística descriptiva:

De las edades residuales calculadas en la Tabla 82, podemos obtener la siguiente información estadística:

**Tabla 83**

*Tabla de frecuencias de la vida útil residual en Torre Medica ( $t_L^*$ ).*

Intervalos (años)	$x_i$	$f_i$	$F_i$	$h_i$	$H_i$	$x_i f_i$	$(x_i - \bar{x})^2$
[0 - 10>	5	29	29	43%	43%	145	64.96
[10 - 20>	15	30	59	0.45	0.88	450	3.76
[20 - 30>	25	3	62	0.04	0.93	75	142.57
[30 - 40>	35	3	65	0.04	0.97	105	481.38
[40 - 50>	45	1	66	0.01	0.99	45	1020.18
[50 - 60]	55	1	67	0.01	1	55	1758.99
<b>Total</b>		67			$\Sigma$	875	3472
	$\bar{x}$	13.06	años	Mínimo		1	años
	$s$	7.3	años	Máximo		52	años
	$t_L^*$ prom	13	años				



**Gráfico 28.** Histograma y polígono de frecuencias del tiempo de vida útil residual – Torre Medica.

## CONCLUSIONES

- De las pruebas in situ podemos determinar que los valores promedio de la profundidad de carbonatación obtenidos en cada edificio son variables, el edificio más afectado por el fenómeno de carbonatación es “Torre Medica” con una profundidad media de 33 mm calificado con un grado de degradación “Alto”, en cambio el edificio “Gimnasio”, el cual obtuvo una profundidad media de 18 mm calificado con un grado de degradación “Bajo”, representa el 55% de la profundidad más crítica. Los edificios Casa Matriz y Euroidiomas obtuvieron una profundidad media de 26 mm calificado con un grado de degradación “Medio”, los cuales equivalen al 79% en relación al edificio más afectado. Y del ensayo de contenido de cloruros realizado en el laboratorio según las muestras obtenidas en campo, podemos afirmar que la totalidad del promedio del contenido de cloruros son menores que el contenido crítico de cloruros ( $C_{cth} = 0.21\%$  en peso respecto del contenido de cemento en el concreto) estipulado por Rivva (2014), los promedios obtenidos fueron: Edificio Casa Matriz ( $C_c = 0.078\%$ ), Gimnasio ( $C_c = 0.067\%$ ), Euroidiomas ( $C_c = 0.07\%$ ) y Torre Medica ( $0.082\%$ ), por lo cual el fenómeno de ataque de cloruros no fue incidente para estos casos en particular. Se evaluaron los parámetros obtenidos en los ensayos mediante la tabla 39, eligiendo así el

fenómeno de carbonatación como el más incidente. Por lo cual podemos demostrar que los ensayos de carbonatación y contenido de cloruros son fundamentales para reconocer el fenómeno de degradación predominante en los edificios de estudio.

- De las muestras obtenidas en la extracción de testigos diamantinas, se realizó el ensayo de resistencia a la compresión donde consideraron las especificaciones brindadas por la norma E-060 la cual estipula agrupar los resultados de 3 en 3 según el tipo de elemento estructural dígase columnas, vigas o losas. En las columnas, el edificio Casa Matriz obtuvo un promedio de 21 MPa (Ver Tabla 40), el edificio Gimnasio una media de 16.7 MPa (Ver Tabla 43), Euroidiomas un total de 17 MPa (Ver Tabla 46) y Torre Medica presenta un promedio de 14 MPa (Ver Tabla 49); solamente el 25 % de los edificios inspeccionados cumplieron con la resistencia mínima requerida estructuralmente ( $f'_c=21\text{MPa}$ ). En las vigas, el edificio Casa Matriz obtuvo un promedio de 21.7 MPa (Ver Tabla 41), el edificio Gimnasio una media de 18 MPa (Ver Tabla 44), Euroidiomas un total de 17.7 MPa (Ver Tabla 47) y Torre Medica presenta un promedio de 15 MPa (Ver Tabla 50); cumpliendo el 50% de los edificios con la resistencia mínima requerida estructuralmente. Finalmente, en las losas macizas o aligeradas, el edificio Casa Matriz obtuvo un promedio de 21.3 MPa (Ver Tabla 42), el edificio Gimnasio una media de 16 MPa (Ver Tabla 45), Euroidiomas un total de 19 MPa (Ver Tabla 48) y Torre Medica presenta un promedio de 15 MPa (Ver Tabla 50); cumpliendo también el 50% de los edificios con la resistencia mínima requerida estructuralmente. Por lo tanto, podemos afirmar que únicamente el Edificio Casa Matriz cumple con las exigencias de la normativa vigente y se demostró que mediante la extracción de testigos diamantinos es posible obtener la resistencia a la compresión promedio.

- Según el tiempo de incubación residual calculado para cada elemento inspeccionado podemos determinar lo siguiente: En el edificio Casa Matriz, el 51 % de los valores obtenidos oscilan entre 0 y 10 años y el 18% entre los 10 y 20 años; su media es de 16 años (Ver Tabla 54). En el edificio Gimnasio, el 53% de los valores oscilan entre 0 y 10 años y el 24% entre 10 y 20 años; su media es de 13 años (Ver Tabla 57). En el edificio Euroidiomas, el 85% de los tiempos de incubación residuales oscilan entre 0 y 8 años y su media es de 7 años (Ver Tabla 60). Por último, en el edificio Torre Medica el 73% de los tiempos de incubación residuales oscilan entre 0 y 6 años y su media es 6 años (Ver Tabla 63). Por lo tanto se puede afirmar que los edificios Casa Matriz y Gimnasio obtienen los tiempos de incubación más elevados principalmente porque el recubrimiento de sus estructuras es adecuado ( $R_{prom} = 39$  y  $35$  mm respectivamente, ver Tablas 06 y 08) y su profundidad de carbonatación entre el rango medio-bajo, por otro lado, el edificio Euroidiomas muestra un tiempo de incubación residual bajo, debido a que su recubrimiento es deficiente ( $R_{prom} = 28$ mm, ver Tabla 10) y su profundidad de carbonatación es de rango medio; el edificio Torre Medica es el que presente el mínimo valor de tiempo de incubación residual porque a pesar de que su recubrimiento es óptimo ( $R_{prom} = 38$ mm, ver Tabla 12), su profundidad de carbonatación promedio es alta, además de la pobre calidad del concreto obtenida en los ensayos de compresión de testigos diamantinos. Es conveniente afirmar que los ensayos y/o pruebas ejecutadas en campo y laboratorio fueron necesarias para obtener el tiempo de incubación residual en las estructuras de concreto armado.

- Según el tiempo de propagación calculado para cada elemento inspeccionado podemos determinar lo siguiente: En el edificio Casa Matriz, el 35 % de los valores obtenidos oscilan entre 7 y 9 años y el 33% entre los 5 y 7 años; su media es de 7 años (Ver Tabla 66). En el edificio Gimnasio, el 38% de los valores oscilan entre 9 y 11 años y el 26% entre 7 y 9 años; su media es de 8 años (Ver Tabla 69). En el edificio Euroidiomas, el 58% de los tiempos de propagación oscilan entre 5 y 10 años y el 27% entre 5 y 10 años; su media es de 7 años (Ver Tabla 72). Por último, en el edificio Torre Medica el 48% de los tiempos de propagación oscilan entre los 6 y 9 años y el 28% entre los 9 y 11 años; su media es 9 años (Ver Tabla 75). Se afirma que los 04 edificios inspeccionados presentaron similares tiempos de propagación, esto se debe principalmente a la clase de exposición de las estructuras (IIIa: cercanía al litoral marino aprox. 3km) la cuales presentan una elevada velocidad de corrosión; por lo tanto, se especifica que mediante el tipo de exposición de las estructuras de concreto armado se obtiene el tiempo de propagación.
- El tiempo de vida útil residual estimado para cada edificio afectado por corrosión del CC. Mall Plaza Bellavista utilizando el método semi-probabilístico, se detalla de la siguiente forma: En el edificio Casa Matriz, el 31 % de las edades residuales oscilan entre 0 y 10 años, el 29% entre los 10 y 20 años mientras que el 16% se ubica entre los 30 y 40 años; el mínimo obtenido fue de 3 años mientras que el máximo valor fue 69 años, su media es de 22 años con una desviación estándar de  $\pm 9$  años (Ver Tabla 77). En el edificio Gimnasio, el 32 % de las edades residuales oscilan entre 10 y 20 años, el 24% entre los 0 y 10 años mientras que el 21% se ubica entre los 20 y 30 años; el mínimo obtenido fue de 4 años mientras que el máximo valor

fue 55 años, su media es de 21 años con una desviación estándar de  $\pm 8$  años (Ver Tabla 79). En el edificio Euroidiomas, el 62 % de las edades residuales oscilan entre 0 y 10 años, mientras que el 19% se ubica entre los 10 y 20 años; el mínimo obtenido fue de 1 año mientras que el máximo valor fue 49 años, su media es de 12 años con una desviación estándar de  $\pm 9$  años (Ver Tabla 81). Por último, en el edificio Torre Medica el 45 % de las edades residuales oscilan entre 10 y 20 años, el 43% entre los 0 y 10 años mientras que el 4% se ubica entre los 20 y 30 años; el mínimo obtenido fue de 1 año mientras que el máximo valor fue 52 años, su media es de 13 años con una desviación estándar de  $\pm 7$  años (Ver Tabla 83). Se puede afirmar que los tiempos de vida útil residual calculados mediante el método semi-probabilístico para los 04 edificios inspeccionados son referenciales para el propietario, es decir: se estima que los edificios Casa Matriz y Gimnasio tienen hasta dos décadas de vida útil antes de que se generen colapsos en sus elementos estructurales, mientras que los edificios Euroidiomas y Torre Medica poseen una poco más de una década antes de presentar daños irreversibles en su estructura.



## RECOMENDACIONES

Ante las conclusiones ya descritas, se recomienda lo siguiente:

- Respecto a los fenómenos de degradación predominantes, podemos obtener un análisis más profundo, recomendando continuar con una nueva línea de investigación en el cual se opte por el modelo de degradación por cloruros y así realizar un comparativo entre ambos modelos.
  
- De los ensayos en concreto endurecido para obtener la resistencia a la compresión promedio, se recomienda reducir el número extracciones de testigos diamantinos, para optar por un ensayo no destructivo (esclerometría) el cual pueda correlacionarse con los valores obtenidos en el laboratorio significando una reducción de costos para el propietario en una futura inspección de otros edificios.
  
- A consecuencia de los tiempos de incubación residuales obtenidos en el presente estudio, se recomienda la aplicación de pinturas anti carbonatación diseñados para detener el ingreso del dióxido de

carbono (CO<sub>2</sub>) y así poder alargar el tiempo de incubación residual de los edificios afectados por corrosión.

- A consecuencia de los tiempos propagación obtenidos en el presente estudio, se recomienda la aplicación de inhibidores de corrosión los cuales se aplican externamente por capas y tienen la capacidad de extraer los agentes contaminantes del concreto y otorgar una protección catódica al acero de refuerzo y así poder alargar el tiempo de propagación de los edificios afectados por corrosión.
- A consecuencia del análisis de vida útil residual obtenidos, para los edificios Casa Matriz y Gimnasio, se recomienda realizar inspecciones periódicas para la reparación puntual de elementos afectados por corrosión además de los tratamientos expuestos en los enunciados anteriores; como también la aplicación de pinturas epoxicas para una protección extra de las estructuras y así poder alargar la vida útil; para los edificios Euroidiomas y Torre Medica, se recomienda realizar la elaboración de una proyecto integral de reparación y/o reforzamiento estructural debido al corto tiempo de vida útil residual obtenido en el presente estudio, además de realizar inspecciones periódicas anuales de las estructuras, para verificar el avance de la corrosión, la presencia de fisuración y/o agrietamientos que ocasionen desprendimientos de concreto en losas y vigas, que puedan poner en riesgo la seguridad de los ocupantes del edificio.

## FUENTES DE INFORMACIÓN

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACI Committee 201. (2001). *Guía para durabilidad del hormigón por el comité ACI 201.2R-01*. Miami, Estados Unidos: American Concrete Institute.

ACI Committee 318. (2014). *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural ACI 318-14*. Miami, Estados Unidos: American Concrete Institute.

Alla, A. (2016). *Análisis comparativo de normativas: "ACI 318-14 y EHE-08" (tesis de pregrado)*. Universidad de Coruña, La Coruña, España.

Andrade, C. (1992). Vida útil de estructuras de hormigón armado: obras nuevas y deterioradas. *Seminário Internacional EPUSP/FOSROC sobre Patología de Estruturas de Concreto* (págs. 100-16). San Pablo, Brasil: Anais.

Carmona, A., & Marega, A. (1988). Retrospectiva de la patología en Brasil: Estudio estadístico. *Jornadas en Español y Português sobre Estructuras y Materiales* (págs. 100-23). Madrid, España: ColLoquia 88.



- Cerna, M., & Galicia, W. (2010). *Vida útil en estructuras de concreto armado desde el punto de vista de comportamiento del material (tesis de pregrado)*. Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Peru.
- Colleparidi, M. (1980). *Scienza y Tecnologia del Calcestruzzo*. Milano, Italia: Urico Hoepli.
- Emmons , P. (2005). *Manual ilustrado de Reparacion y Mantenimiento del concreto*. Florida, Mexico: Miembro de la Camara Nacional de la Industria Editorial.
- Helene , P. (1997). *Manual para reparación, refuerzo y protección de las estructuras de concreto*. La Habana, Cuba: IMCYC.
- Helene, P. (1993). *Contribución al estudio de la corrosión en armaduras de hormigón armado (tesis de libre docencia)*. Universidad de Sao Paulo, San Pablo, Brasil.
- Helene, P., & Pereira, F. (2003). *Manual de Rehabilitacion de Estructuras de Hormigon Reparacion, Refuerzo y Proteccion*. Sao Paulo, Brasil: SmartSystem Consulting Ltda.
- Helene, P., & Pereira, F. (2007). *Rehabilitacion y mantenimiento de estructuras de concreto*. Sao Paulo, Brasil: SmartSystem Consulting Ltda.
- Ministerio de Fomento. (2008). *Instruccion de Hormigon Estructural EHE-08*. Madrid, España: Ministerio de Fomento.
- Ministerio de vivienda, construccion y saneamiento. (2006). *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima, Peru: Macro.
- Morinaga, S. (1990). Prediction of service lives of reinforced concrete buildings based on the corrosion rate of reinforcing steel. *Fifth International Conference on Durability of Buildings Materials and Components* (págs. 5-16). Brighton, United Kingdom: Baker, Nixon.

- Muñoz, F., & Mendoza, C. J. (2012). La durabilidad en las estructuras de concreto reforzado desde la perspectiva de la norma española para estructuras de concreto. *Concreto y cemento*, 63-86.
- Nmai, C. (2000). Recent developments in the design of reinforced concrete structures for long service lives from a corrosion perspective. *42º Congresso Brasileiro do concreto*. Fortaleza, Brasil: Anais.
- Page, C. (1982). Aspects of the electrochemistry of steel in concrete. *Nature*(297), 109-15.
- Perez, L. R. (2010). *Vida útil residual de estructuras de hormigon armado afectadas por corrosion (tesis de maestria)*. Universidad Politecnica de Madrid, Madrid, España.
- Rivva, E. (2014). *Ataques al Concreto*. Lima, Peru: Instituto de la Contruccion y Gerencia -ICG.
- Sanchez, D. (2011). *Durabilidad y Patologia del Concreto*. Bogota, Colombia: Vargas Impresores.
- Sotomayor , C. (2016). Diagnostico de deterioros en estructuras de concreto armado. En C. P. Concreto, *Diagnostico y Reparacion de estructuras de concreto armado atacadas por corrosion* (págs. 6 -26). Lima, Peru: ACI PERU.
- Tuutti, K. (1982). *Corrosion of Steel in Concrete*. Stockholm, Sweden: Swedish Cement and Concrete Research Institute.

## ANEXOS

<b>Anexo N° 1:</b> Resultados de ensayos de resistencia a la compresión .....	219
<b>Anexo N° 2:</b> Resultados de ensayos de contenido de cloruros. ....	225
<b>Anexo N° 3:</b> Formatos de recolección de datos.....	237

**Anexo N° 1: Resultados de ensayos de resistencia a la compresión**

	<b>UNIVERSIDAD RICARDO PALMA</b> Facultad de Ingeniería Laboratorio de Ensayo de Materiales
<b>INFORME N° 4174 - 2017</b>	
SOLICITANTE	: TOP CONSULT INGENIERIA SAC
PROCEDENCIA	: Extracción de núcleos diamantina ( Proporcionados por el Solicitante)
OBRA / UBICACIÓN	: INSPECCION ESTRUCTURAL 04 EDIFICIOS -MALL BELLAVISTA
FECHA DE EXTRACCIÓN	: 03/07/2017
ENSAYO	: Compresión de corazones diamantinos (NTP 339.059 2001)
FECHA DE ENSAYO	: 10/07/2017
 <b>LILIANA JANET CHAVARRIA REYES</b> INGENIERA CIVIL N° 42759	
Av. Benavides 5440 Lima-33- PERU      Teléfono 708 000 42759	



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA  
Facultad de Ingeniería  
Laboratorio de Ensayo de Materiales

INFORME N° 4174 - 2017 (12/07/2017)

N°	Identificación de la Probeta	L antes del capeado (cm)	L después de capeado (cm)	diámetro (cm)	Peso antes de capeado (g)	Peso después de capeado (g)	Carga Kg	Resistencia a la compresión en MPa	L/D	Factor de corrección	Resistencia a la compresión corregida en MPa
1	D- 1 COLUMNA S1 - MATRIZ	13,00	14,20	6,50	919,50	968,50	6786	20,45	2,00	1,00	20
2	D- 2 VIGA N2 - MATRIZ	13,00	14,30	6,50	955,20	1006,20	7214	21,74	2,00	1,00	22
3	D- 3 LOSA MACIZA N2 - MATRIZ	13,00	14,10	6,50	968,20	1016,20	6543	19,72	2,00	1,00	20
4	D- 4 COLUMNA N1 - GIMNASIO	13,00	14,20	6,50	991,50	1041,10	5349	16,12	2,00	1,00	16
5	D- 5 VIGA N2 - GYM	13,00	14,40	6,50	909,20	966,60	6049	18,23	2,00	1,00	18
6	D- 6 VIGA N2 - GYM	13,00	14,30	6,50	940,70	1011,90	5412	16,31	2,00	1,00	16
7	D- 7 COLUMNA N1 - EURO	13,00	14,10	6,50	959,90	1015,00	5784	17,43	2,00	1,00	17
8	D- 8 VIGA N1 - EUROIDIOMAS	13,00	14,40	6,50	1057,40	1120,00	6315	19,03	2,00	1,00	19
9	D- 9 VIGA N2 - EURO	13,00	14,20	6,50	1049,30	1114,90	6649	20,04	2,00	1,00	20
10	D- 10 COLUMNA N1 - TORRE M	13,00	14,10	6,50	1059,10	1120,50	4932	14,86	2,00	1,00	15
11	D- 11 VIGA N3 - TORRE MED	13,00	14,10	6,50	1128,20	1187,10	5295	15,96	2,00	1,00	16
12	D- 12 LOSA MACIZA N4 - TORRE	12,00	13,20	6,50	1128,20	1194,00	5420	16,33	1,85	0,98	16

*J. J. J.*  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP N° 58759





UNIVERSIDAD RICARDO PALMA  
Facultad de Ingeniería  
Laboratorio de Ensayo de Materiales

**INFORME N° 4308 - 2017**

SOLICITANTE : TOP CONSULT INGENIERIA SAC

PROCEDENCIA : Extracción de núcleos diamantina  
( Proporcionados por el Solicitante)

OBRA / UBICACIÓN : INSPECCION ESTRUCTURAL 04 EDIFICIOS -MALL.  
BELLAVISTA

FECHA DE EXTRACCIÓN : 25/10/2017

ENSAYO : Compresión de corazones diamantinos (NTP 339.059 2001)

FECHA DE ENSAYO : 02/11/2017

  
LIANA JANET CHAVARRIA REYES  
INGENIERA CIVIL  
Reg. CIP N° 59759



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA  
Facultad de Ingeniería  
Laboratorio de Ensayo de Materiales

INFORME N° 4308 - 2017 (02/11/2017)

N°	Identificación de la Probeta	L antes del capeado (cm)	L después de capeado (cm)	diámetro (cm)	Peso antes de capeado (g)	Peso después de capeado (g)	Carga Kg	Resistencia a la compresión en MPa	L/D	Factor de corrección	Resistencia a la compresión correcta en MPa
1	D- 13 COLUMNA N2 - MATRIZ	13,00	14,20	6,50	1099,90	1171,00	7035	21,20	2,00	1,00	21
2	D- 14 VIGA S1 - MATRIZ	12,00	13,40	6,50	975,40	1037,50	7917	23,86	1,85	0,98	23
3	D- 15 LOSA MACIZA N2 - MATRIZ	13,00	14,30	6,50	1045,50	1093,00	7862	23,69	2,00	1,00	24
4	D- 16 COLUMNA N3 - GIMNASIO	12,00	13,10	6,50	895,70	947,40	7956	17,95	1,85	0,98	17
5	D- 17 VIGA N2 - GIMNASIO	12,00	13,40	6,50	944,70	997,60	5498	16,57	1,85	0,98	16
6	D- 18 VIGA N1 - GIMNASIO	13,00	14,60	6,50	1054,00	1062,10	5146	15,51	2,00	1,00	16
7	D- 19 COLUMNA N2 - EUROIDIO	13,00	14,50	6,50	1012,30	1104,50	5870	17,69	2,00	1,00	18
8	D- 20 VIGA N2 - EUROIDIOMAS	12,00	13,60	6,50	940,60	981,20	5333	16,07	1,85	0,98	16
9	D- 21 VIGA N1 - EUROIDIOMAS	9,00	14,20	6,50	768,70	823,00	6819	20,55	1,38	0,94	20
10	D- 22 COLUMNA N4 - TORRE M.	9,00	14,10	6,50	764,60	818,40	4802	14,47	1,38	0,94	14
11	D- 23 VIGA N2 - TORRE MEDI	13,00	14,10	6,50	953,50	1000,50	4745	14,30	2,00	1,00	14
12	D- 24 LOSA MACIZA N3 - TORRE	13,00	13,20	6,50	943,00	1002,60	5319	16,03	2,00	1,00	16

  
LILIANA JANET CHAVARRÍA REYES  
INGENIERA CIVIL  
Reg. CIP N° 50759



**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA**  
Facultad de Ingeniería  
Laboratorio de Ensayo de Materiales

**INFORME N° 4392 - 2017**

SOLICITANTE : TOP CONSULT INGENIERIA SAC

PROCEDENCIA : Extracción de núcleos diamantina  
( Proporcionados por el Solicitante)

OBRA / UBICACIÓN : INSPECCION ESTRUCTURAL 04 EDIFICIOS - MALL  
BELLAVISTA

FECHA DE EXTRACCIÓN : 05/12/2017

ENSAYO : Compresión de corazones diamantinos (NTP 339.059 2001)

FECHA DE ENSAYO : 11/12/2017

  
**LIRIANA J. CHAVARRIA REYES**  
INGENIERA CIVIL  
Reg. CIP N° 49749

Av. Benavides 5440 Lima-33- PERU Teléfono 706 6000 N° 49749



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA  
Facultad de Ingeniería  
Laboratorio de Ensayo de Materiales

INFORME N° 4392 - 2017 (13/12/2017)

N°	Identificación de la Probeta	L antes del capeado (cm)	L des pués de capeado (cm)	diámetro (cm)	Peso antes de capeado (g)	Peso después de capeado (g)	Carga Kg	Resistencia a la compresión en MPa	L/D	Factor de corrección	Resistencia a la compresión corregida en MPa
1	D-25 COLUMNA N3 - MATRIZ	13.00	14.40	6.50	1116.40	1180.70	7393	22.28	2.00	1.00	22
2	D-26 VIGA N3 - MATRIZ	8.00	9.10	6.50	750.60	808.70	7118	21.45	1.23	0.91	20
3	D-27 LOSA MACIZA S1 - MATRIZ	13.00	14.20	6.50	1018.70	1091.70	6471	19.50	2.00	1.00	20
4	D-28 COLUMNA N2 - GIMNASIO	13.00	14.30	6.50	1038.10	1097.80	5508	16.60	2.00	1.00	17
5	D-29 VIGA N1 - GIMNASIO	13.00	14.10	6.50	1073.30	1163.20	6773	20.41	2.00	1.00	20
6	D-30 VIGA N1 - GIMNASIO	12.00	13.60	6.50	915.50	993.80	5415	16.32	1.85	0.88	16
7	D-31 COLUMNA N1 - EUROIDIOMA	8.00	9.20	6.50	639.90	719.10	5621	16.94	1.23	0.94	16
8	D-32 VIGA N2 - EUROIDIOMAS	7.50	8.60	6.50	643.70	728.70	6673	20.11	1.15	0.90	18
9	D-33 VIGA N2 - EUROIDIO	10.00	11.20	6.50	805.90	887.60	5780	17.42	1.54	0.96	17
10	D-34 COLUMNA N3 - TORRE M	10.00	11.40	6.50	765.10	856.80	4370	13.17	1.54	0.96	13
11	D-35 VIGA N1 - TORRE M	13.00	14.50	6.50	917.80	982.30	4823	14.53	2.00	1.00	15
12	D-36 LOSA MACIZA N1 - TORRE M	13.00	14.40	6.50	942.70	990.70	4148	12.50	2.00	1.00	13

A. Benavides 5440 Lima.33. PERU Teléfono 708 0000 - 4213

  
LILIANA JANET CHAVARRIA REY  
INGENIERA CIVIL  
Rus. CIP N° 43748

Fuente: Laboratorio de ensayo de materiales – Universidad Ricardo Palma

**Anexo N° 2: Resultados de ensayos de contenido de cloruros.**

**LABORATORIO QUÍMICO FIC**

**ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO**

**SOLICITANTE: TOP CONSULT INGENIERÍA SAC**

**REGISTRO: 17 – 2093 / LQU17 – 552**

**PROYECTO: INSPECCIÓN ESTRUCTURAL DE 04 EDIFICACIONES MALL PLAZA BELLAVISTA**

**UBICACIÓN: BELLA VISTA CALLAO**

**TIPO DE MATERIAL: DIAMANTINA DE CONCRETO, CASA MATRIZ**

**RECEPCION DE MUESTRA: 07 – 07 – 17**

<b>ANÁLISIS DE:</b>	<b>CLORUROS Cl</b>  <b>ASTM D 3370</b>  <b>AASHTO T-291</b>  <b>ppm</b>
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>  <b>DIAMANTINA DE CONCRETO M-1 COLUMNA</b>  <b>CASA MATRIZ</b>	     <b>133</b>

**Lima, 10 de Julio del 2017**



**RICARDO TERREROS LAZO**  
MSC. ING. ANALISTA DEL LABORATORIO  
Laboratorio de Química de la FIC-UNI

**El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra**

**LABORATORIO QUÍMICO FIC****ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO****SOLICITANTE: TOP CONSULT INGENIERÍA SAC****REGISTRO: 17 – 2093 / LQU17 – 553****PROYECTO: INSPECCIÓN ESTRUCTURAL DE 04 EDIFICACIONES MALL PLAZA BELLAVISTA****UBICACIÓN: BELLAVISTA CALLAO****TIPO DE MATERIAL: DIAMANTINA DE CONCRETO, G Y M****RECEPCION DE MUESTRA: 07 – 07 – 17**

<b>ANÁLISIS DE:</b>	<b>CLORUROS Cl</b>  <b>ASTM D 3370</b>  <b>AASHTO T-291</b>  <b>ppm</b>
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>  <b>DIAMANTINA DE CONCRETO M-2 COLUMNA</b>  <b>G Y M</b>	<b>111</b>

**Lima, 10 de Julio del 2017****RICARDO TERREROS LAZO**  
MSC. ING. ANALISTA DEL LABORATORIO  
Laboratorio de Química de la FIC-UNI**El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra**

**LABORATORIO QUÍMICO FIC****ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO****SOLICITANTE: TOP CONSULT INGENIERÍA SAC****REGISTRO: 17 – 2093 / LQU17 – 554****PROYECTO: INSPECCIÓN ESTRUCTURAL DE 04 EDIFICACIONES MALL PLAZA BELLAVISTA****UBICACIÓN: BELLAVISTA CALLAO****TIPO DE MATERIAL: DIAMANTINA DE CONCRETO, EUROIDIOMAS****RECEPCION DE MUESTRA: 07 – 07 – 17**

<b>ANÁLISIS DE:</b>	<b>CLORUROS Cl</b>  <b>ASTM D 3370</b>  <b>AASHTO T-291</b>  <b>ppm</b>
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>  <b>DIAMANTINA DE CONCRETO M-3 COLUMNA</b>  <b>EUROIDIOMAS</b>	<b>111</b>

**Lima, 10 de Julio del 2017****RICARDO TERREROS LAZO**  
MSC. ING. ANALISTA DEL LABORATORIO  
Laboratorio de Química de la FIC-UNI**El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra**

**LABORATORIO QUÍMICO FIC****ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO****SOLICITANTE: TOP CONSULT INGENIERÍA SAC****REGISTRO: 17 – 2093 / LQU17 – 555****PROYECTO: INSPECCIÓN ESTRUCTURAL DE 04 EDIFICACIONES MALL PLAZA BELLAVISTA****UBICACIÓN: BELLAVISTA CALLAO****TIPO DE MATERIAL: DIAMANTINA DE CONCRETO, TORRE MEDICA****RECEPCION DE MUESTRA: 07 – 07 – 17**

<b>ANÁLISIS DE:</b>	<b>CLORUROS Cl</b>  <b>ASTM D 3370</b>  <b>AASHTO T-291</b>  <b>ppm</b>
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>  <b>DIAMANTINA DE CONCRETO M-4 COLUMNA</b>  <b>TORRE MEDICA</b>	<b>133</b>

**Lima, 10 de Julio del 2017**

**RICARDO TERREROS LAZO**  
MSC. ING. ANALISTA DEL LABORATORIO  
Laboratorio de Química de la FIC-UNI

**El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra**



**LABORATORIO QUÍMICO FIC****ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO****SOLICITANTE: TOP CONSULT INGENIERÍA SAC****REGISTRO: 17 – 2093 / LQU17 – 556****PROYECTO: INSPECCIÓN ESTRUCTURAL DE 04 EDIFICACIONES MALL PLAZA BELLAVISTA****UBICACIÓN: BELLAVISTA CALLAO****TIPO DE MATERIAL: DIAMANTINA DE CONCRETO, CASA MATRIZ****RECEPCION DE MUESTRA: 07 – 07 – 17**

<b>ANÁLISIS DE:</b>	<b>CLORUROS Cl</b>  <b>ASTM D 3370</b>  <b>AASHTO T-291</b>  <b>ppm</b>
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>  <b>DIAMANTINA DE CONCRETO M-5 VIGA</b>  <b>CASA MATRIZ</b>	     <b>127</b>

**Lima, 10 de Julio del 2017**

**RICARDO TERREROS LAZO**  
MSC. ING. ANALISTA DEL LABORATORIO  
Laboratorio de Química de la FIC-UNI

**El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra**

**LABORATORIO QUÍMICO FIC****ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO****SOLICITANTE: TOP CONSULT INGENIERÍA SAC****REGISTRO: 17 – 2093 / LQU17 – 557****PROYECTO: INSPECCIÓN ESTRUCTURAL DE 04 EDIFICACIONES MALL PLAZA BELLAVISTA****UBICACIÓN: BELLAVISTA CALLAO****TIPO DE MATERIAL: DIAMANTINA DE CONCRETO, G Y M****RECEPCION DE MUESTRA: 07 – 07 – 17**

<b>ANÁLISIS DE:</b>	<b>CLORUROS Cl</b>  <b>ASTM D 3370</b>  <b>AASHTO T-291</b>  <b>ppm</b>
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>  <b>DIAMANTINA DE CONCRETO M-6 VIGA</b>  <b>G Y M</b>	<b>115</b>

**Lima, 10 de Julio del 2017**

**RICARDO TERREROS LAZO**  
MSC. ING. ANALISTA DEL LABORATORIO  
Laboratorio de Química de la FIC-UNI

**El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra**

**LABORATORIO QUÍMICO FIC****ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO****SOLICITANTE: TOP CONSULT INGENIERÍA SAC****REGISTRO: 17 – 2093 / LQU17 – 558****PROYECTO: INSPECCIÓN ESTRUCTURAL DE 04 EDIFICACIONES MALL PLAZA BELLAVISTA****UBICACIÓN: BELLAVISTA CALLAO****TIPO DE MATERIAL: DIAMANTINA DE CONCRETO, EUROIDIOMAS****RECEPCION DE MUESTRA: 07 – 07 – 17**

<b>ANÁLISIS DE:</b>	<b>CLORUROS Cl</b>  <b>ASTM D 3370</b>  <b>AASHTO T-291</b>  <b>ppm</b>
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>  <b>DIAMANTINA DE CONCRETO M-7 VIGA</b>  <b>EUROIDIOMAS</b>	<b>119</b>

**Lima, 10 de Julio del 2017****RICARDO TERREROS LAZO**  
MSC. ING. ANALISTA DEL LABORATORIO  
Laboratorio de Química de la FIC-UNI**El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra**

**LABORATORIO QUÍMICO FIC****ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO****SOLICITANTE: TOP CONSULT INGENIERÍA SAC****REGISTRO: 17 – 2093 / LQU17 – 559****PROYECTO: INSPECCIÓN ESTRUCTURAL DE 04 EDIFICACIONES MALL PLAZA BELLAVISTA****UBICACIÓN: BELLAVISTA CALLAO****TIPO DE MATERIAL: DIAMANTINA DE CONCRETO, TORRE MEDICA****RECEPCION DE MUESTRA: 07 – 07 – 17**

<b>ANÁLISIS DE:</b>	<b>CLORUROS Cl</b>  <b>ASTM D 3370</b>  <b>AASHTO T-291</b>  <b>ppm</b>
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>  <b>DIAMANTINA DE CONCRETO M-8 VIGA</b>  <b>TORRE MEDICA</b>	<b>138</b>

**Lima, 10 de Julio del 2017****RICARDO TERREROS LAZO**  
MSC. ING. ANALISTA DEL LABORATORIO  
Laboratorio de Química de la FIC-UNI**El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra**

**LABORATORIO QUÍMICO FIC****ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO****SOLICITANTE: TOP CONSULT INGENIERÍA SAC****REGISTRO: 17 – 2093 / LQU17 – 560****PROYECTO: INSPECCIÓN ESTRUCTURAL DE 04 EDIFICACIONES MALL PLAZA BELLAVISTA****UBICACIÓN: BELLAVISTA CALLAO****TIPO DE MATERIAL: DIAMANTINA DE CONCRETO, CASA MATRIZ****RECEPCION DE MUESTRA: 07 – 07 – 17**

<b>ANÁLISIS DE:</b>	<b>CLORUROS Cl</b>  <b>ASTM D 3370</b>  <b>AASHTO T-291</b>  <b>ppm</b>
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>  <b>DIAMANTINA DE CONCRETO M-9 LOSA</b>  <b>CASA MATRIZ</b>	<b>130</b>

**Lima, 10 de Julio del 2017****RICARDO TERREROS LAZO**  
MSC. ING. ANALISTA DEL LABORATORIO  
Laboratorio de Química de la FIC-UNI**El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra**

**LABORATORIO QUÍMICO FIC****ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO****SOLICITANTE: TOP CONSULT INGENIERÍA SAC****REGISTRO: 17 – 2093 / LQU17 – 561****PROYECTO: INSPECCIÓN ESTRUCTURAL DE 04 EDIFICACIONES MALL PLAZA BELLAVISTA****UBICACIÓN: BELLAVISTA CALLAO****TIPO DE MATERIAL: DIAMANTINA DE CONCRETO, G Y M****RECEPCION DE MUESTRA: 07 – 07 – 17**

<b>ANÁLISIS DE:</b>	<b>CLORUROS Cl</b>  <b>ASTM D 3370</b>  <b>AASHTO T-291</b>  <b>ppm</b>
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>  <b>DIAMANTINA DE CONCRETO M-10 LOSA</b>  <b>G Y M</b>	<b>107</b>

**Lima, 10 de Julio del 2017****RICARDO TERREROS LAZO**  
MSC. ING. ANALISTA DEL LABORATORIO  
Laboratorio de Química de la FIC-UNI**El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra**

**LABORATORIO QUÍMICO FIC****ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO****SOLICITANTE: TOP CONSULT INGENIERÍA SAC****REGISTRO: 17 – 2093 / LQU17 – 562****PROYECTO: INSPECCIÓN ESTRUCTURAL DE 04 EDIFICACIONES MALL PLAZA BELLAVISTA****UBICACIÓN: BELLAVISTA CALLAO****TIPO DE MATERIAL: DIAMANTINA DE CONCRETO, EUROIDIOMAS****RECEPCION DE MUESTRA: 07 – 07 – 17**

<b>ANÁLISIS DE:</b>	<b>CLORUROS Cl</b>  <b>ASTM D 3370</b>  <b>AASHTO T-291</b>  <b>ppm</b>
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>  <b>DIAMANTINA DE CONCRETO M-II LOSA</b>  <b>EUROIDIOMAS</b>	<b>118</b>

**Lima, 10 de Julio del 2017****RICARDO TERREROS LAZO**  
MSC. ING. ANALISTA DEL LABORATORIO  
Laboratorio de Química de la FIC-UNI**El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra**

**LABORATORIO QUÍMICO FIC**

**ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO**

**SOLICITANTE: TOP CONSULT INGENIERÍA SAC**

**REGISTRO: 17 – 2093 / LQU17 – 563**

**PROYECTO: INSPECCIÓN ESTRUCTURAL DE 04 EDIFICACIONES MALL PLAZA BELLAVISTA**

**UBICACIÓN: BELLAVISTA CALLAO**

**TIPO DE MATERIAL: DIAMANTINA DE CONCRETO, TORRE MEDICA**

**RECEPCION DE MUESTRA: 07 – 07 – 17**

ANÁLISIS DE:	CLORUROS Cl  ASTM D 3370  AASHTO T-291  ppm
TIPO DE MUESTRA:  DIAMANTINA DE CONCRETO M-12 LOSA  TORRE MEDICA	140

**Lima, 10 de Julio del 2017**



**RICARDO TERREROS LAZO**  
MSC. ING. ANALISTA DEL LABORATORIO  
Laboratorio de Química de la FIC-UNI

**El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra**

**Fuente:** Laboratorio de química FIC UNI – Universidad Nacional de Ingeniería.



**Anexo N° 3: Formatos de recolección de datos.**

<b>FORMATO N°1</b>	
<b>RECOLECCION DE DATOS - INFORMACION GENERAL</b>	
<b>1.-IDENTIFICACIÓN Y UBICACIÓN</b>	
Nombre de edificio:	Dirección:
Tipo de estructura:	Región:
Código:	Provincia:
Ubicación/Sector:	Distrito:
Material de constr. predominante:	
<b>2.-DATOS GENERALES</b>	
Numero de pisos:	
Longitud Total:	
Ancho total:	
Altura total:	
Tipo de servicio:	
Año de construcción:	
Condiciones ambientales:	

