

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

Vulnerabilidad Sísmica del Sector E y J del Hospital Regional de  
Cajamarca

**Para optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO CIVIL**

**Presentado por la Bachiller:**

Janeth Rodríguez Villanueva

**Asesor:**

Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno

Cajamarca – Perú

2018

# Agradecimientos

En esta investigación, hay personas que han colaborado de alguna manera en su realización. A todos aquellos me gustaría expresar mi más profundo y sincero agradecimiento:

- A Dios por mantenerme firme y no decaer, a pesar de las adversidades presentadas.
- A la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil y a los maestros, por los conocimientos impartidos.
- A mi asesor, Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno, por su apoyo y orientación en cada momento de consulta en el desarrollo de este trabajo de investigación.
- Al jurado de esta tesis: M.Cs. Ing. José Luis Marchena Araujo, M.Cs. Ing. Mauro Augusto Centurión Vargas e Ing. Marcos Mendoza Linares, por su colaboración en este trabajo de investigación.
- A mis amigos, en especial a Emanuel, por su apoyo en el desarrollo y culminación de la tesis.

Un agradecimiento muy especial a mi familia:

- A mi mamá Rosa, por su amor, paciencia y comprensión brindada.
- A mi papá Mauricio, por sus invaluable enseñanzas y principios que dejó en mí.
- A mis hermanos Marlene y Alexander, por motivarme a desarrollar y concluir este trabajo de investigación.
- A ti Nilton, por darme tu apoyo, confianza y soporte.

A todos aquellos, muchas gracias.

**Janeth**

# Dedicatoria

Mi tesis dedico con todo mi amor y cariño:

## ***A Dios***

Por haberme permitido llegar hasta este punto, por darme la motivación que necesitaba y por estar conmigo en cada paso que doy.

## ***A mi mamá Rosa***

Por su amor, consejos, valores, por ser un ejemplo de perseverancia y constancia.

## ***A mi papá Mauricio***

Por ser quien me inculcó la superación, dedicación y tenacidad en cumplir con los objetivos que tenga en la vida.

## ***A mis hermanos Marlene y Alexander***

Por su apoyo y confianza.

***Janeth***

## Contenido

	Página
Agradecimientos.....	ii
Dedicatoria .....	iii
Contenido.....	iv
Índice de Tablas .....	vii
Índice de Figuras.....	ix
Índice de Abreviaturas.....	xi
Resumen .....	xii
Abstract .....	xiii

### CAPÍTULO I

#### INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del Problema.....	15
1.1.1. Formulación del problema .....	15
1.1.2. Hipótesis.....	16
1.2. Justificación de la investigación.....	16
1.2.1. Justificación científica .....	16
1.2.2. Justificación técnica-práctica .....	16
1.2.3. Justificación institucional y personal .....	16
1.3. Alcances de la Investigación.....	16
1.4. Objetivos.....	17
1.4.1. Objetivo general.....	17
1.4.2. Objetivos específicos.....	17
1.5. Organización de la Tesis .....	17

### CAPÍTULO II

#### MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes Teóricos .....	19
2.1.1. Internacional .....	19
2.1.2. Nacional.....	21
2.1.3. Local .....	23
2.2. Bases Teóricas.....	23
2.2.1. Teoría de la Tectónica Global de Placas .....	23
2.2.2. Sismicidad .....	24

2.2.3.	Sismotectónica de Perú .....	25
2.2.4.	Efectos de los sismos en hospitales .....	25
2.2.5.	Vulnerabilidad Sísmica de los hospitales.....	26
2.2.6.	Componentes de Vulnerabilidad Sísmica .....	27
2.2.7.	Métodos para el Análisis de Vulnerabilidad Sísmica .....	38
2.2.8.	Método ATC 21 - FEMA 154.....	40
2.2.9.	Método de Hirosawa.....	51
2.2.10.	Niveles de Vulnerabilidad Sísmica.....	70
2.2.11.	Hospital Seguro .....	70
2.3.	Definición de Términos Básicos.....	71

### **CAPÍTULO III**

#### **MATERIALES Y MÉTODOS**

3.1.	Ubicación Geográfica .....	74
3.2.	Tiempo o época de la investigación.....	74
3.3.	Metodología .....	74
3.3.1.	Método de investigación .....	74
3.3.2.	Población de estudio .....	75
3.3.3.	Muestra.....	76
3.3.4.	Unidad de análisis .....	76
3.4.	Procedimiento.....	76
3.4.1.	Vulnerabilidad Sísmica .....	76
3.4.2.	Vulnerabilidad Estructural .....	81
3.4.3.	Vulnerabilidad No Estructural .....	81
3.4.4.	Vulnerabilidad Funcional.....	82
3.5.	Tratamiento, análisis de datos y presentación de resultados .....	82
3.5.1.	Evaluación de Vulnerabilidad Estructural .....	82
3.5.2.	Evaluación de Vulnerabilidad No Estructural .....	102
3.5.3.	Evaluación de Vulnerabilidad Funcional .....	112
3.5.4.	Evaluación de Vulnerabilidad Sísmica.....	120

### **CAPITULO IV**

#### **ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

4.1.	Análisis y discusión de resultados de Vulnerabilidad Estructural.....	123
4.1.1.	Análisis y discusión de resultados del Método ATC 21 - FEMA 154 .....	123
4.1.2.	Análisis y discusión de resultados del Método de Hirosawa.....	123

4.2.	Análisis y discusión de resultados de Vulnerabilidad No Estructural .....	125
4.3.	Análisis y discusión de resultados de Vulnerabilidad Funcional .....	126
4.4.	Análisis y discusión de resultados de Vulnerabilidad Sísmica .....	127

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1.	Conclusiones .....	129
5.2.	Recomendaciones .....	130

<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	131
---	-----

<b>APÉNDICE</b> .....	137
-----------------------	-----

Apéndice 1. Formulario FEMA 154 para el Sector E .....	138
--	-----

Apéndice 2. Formulario FEMA 154 para el Sector J .....	139
--	-----

Apéndice 3. Parámetros del Método de Hirosawa para el Sector E y J .....	140
--	-----

Apéndice 4. Planos .....	159
--------------------------	-----

<b>ANEXO</b> .....	173
--------------------	-----

## Índice de Tablas

	Página
<b>Tabla 2.1.</b> Daños estructurales más comunes.....	28
<b>Tabla 2.2.</b> Matriz de prioridades.....	31
<b>Tabla 2.3.</b> Tipos de suelo y parámetros.....	43
<b>Tabla 2.4.</b> Descripciones de tipos de estructuras según ATC 21 - FEMA 154.....	46
<b>Tabla 2.5.</b> Valores de los coeficientes $\alpha_1$ .....	54
<b>Tabla 2.6.</b> Valores de los coeficientes $G_i$ y $R_i$ .....	58
<b>Tabla 2.7.</b> Valores del índice T para diferentes causas y tipos de deterioro .....	63
<b>Tabla 2.8.</b> Clasificación de daños causados por sismo. ....	64
<b>Tabla 2.9.</b> Factor de Zona “Z” .....	65
<b>Tabla 2.10.</b> Categoría de las Edificaciones y Factor “U” .....	66
<b>Tabla 2.11.</b> Factor de Suelo “S” .....	67
<b>Tabla 2.12.</b> Periodos “ $T_P$ ” y “ $T_L$ ” .....	67
<b>Tabla 2.13.</b> Sistemas Estructurales .....	68
<b>Tabla 2.14.</b> Factor de Irregularidad $I_a$ .....	69
<b>Tabla 2.15.</b> Factor de Irregularidad $I_p$ .....	69
<b>Tabla 3.1.</b> Resistencia mecánica del concreto en Sector E y J.....	77
<b>Tabla 3.2.</b> Periodo fundamental de vibración para el Sector E y J.....	77
<b>Tabla 3.3.</b> Condiciones sísmicas del Sector E y J .....	78
<b>Tabla 3.4.</b> Altura de pisos del Sector E.....	79
<b>Tabla 3.5.</b> Altura de pisos del Sector J.....	80
<b>Tabla 3.6.</b> Esfuerzo axial por pisos del Sector E y J .....	86
<b>Tabla 3.7.</b> Cálculo de $A_{sc}$ para el Sector E y J.....	87
<b>Tabla 3.8.</b> Cálculo de $A_{c1}$ y $A_{c2}$ para el Sector E y J.....	87
<b>Tabla 3.9.</b> Uniformidad de altura de piso Sector E.....	88
<b>Tabla 3.10.</b> Uniformidad de altura de piso Sector J .....	92
<b>Tabla 3.11.</b> Cálculo de SD para el Sector E y J.....	93
<b>Tabla 3.12.</b> Cálculo de T en Sector E y J.....	95
<b>Tabla 3.13.</b> Cálculo de IS dirección X Sector E.....	99
<b>Tabla 3.14.</b> Cálculo de IS dirección Y Sector E.....	100
<b>Tabla 3.15.</b> Cálculo de IS dirección X, Y Sector J .....	101
<b>Tabla 3.16.</b> Resultados del Método de Hirosawa para el Sector E y J .....	102

<b>Tabla 3.17.</b>	Vulnerabilidad de instalaciones y equipos en 1 <sup>er</sup> Piso Sector E.....	103
<b>Tabla 3.18.</b>	Vulnerabilidad de instalaciones y equipos en 2 <sup>do</sup> Piso Sector E .....	103
<b>Tabla 3.19.</b>	Vulnerabilidad de instalaciones y equipos en 3 <sup>er</sup> Piso Sector E.....	104
<b>Tabla 3.20.</b>	Vulnerabilidad de instalaciones y equipos en 4 <sup>to</sup> Piso Sector E .....	106
<b>Tabla 3.21.</b>	Vulnerabilidad de instalaciones y equipos en 5 <sup>to</sup> Piso Sector E .....	107
<b>Tabla 3.22.</b>	Vulnerabilidad de instalaciones y equipos en Sector J .....	108
<b>Tabla 3.23.</b>	Resultados de vulnerabilidad no estructural en Sector E y J .....	111
<b>Tabla 3.24.</b>	Actividades típicas en Sector E.....	117
<b>Tabla 3.25.</b>	Actividades típicas el Sector J.....	118
<b>Tabla 3.26.</b>	Resultados de vulnerabilidad funcional en Sector E y J.....	119
<b>Tabla 3.27.</b>	Resultados de vulnerabilidad sísmica en Sector E y J.....	121
<b>Tabla A.1.</b>	Metrado de cargas en columna 13-K Sector E.....	140
<b>Tabla A.2.</b>	Metrado de cargas en columna 19-F3 Sector J.....	141
<b>Tabla A.3.</b>	Cálculo de Ama para el Sector E .....	141
<b>Tabla A.4.</b>	Cálculo de Ama para el Sector J.....	147
<b>Tabla A.5.</b>	Cálculo de Am1, Am2, Am3, Am4 para el Sector E .....	147
<b>Tabla A.6.</b>	Resumen de valores de Am1, Am2, Am3, Am4 para el Sector E.....	155
<b>Tabla A.7.</b>	Metrado de cargas para el Sector E .....	155
<b>Tabla A.8.</b>	Metrado de cargas para el Sector J.....	158



## Índice de Figuras

	Página
<b>Figura 2.1.</b> Origen de un sismo, con su proyección en la superficie terrestre .....	24
<b>Figura 2.2.</b> Vulnerabilidad causada por los acabados y terminaciones .....	32
<b>Figura 2.3.</b> Efecto de columna corta .....	33
<b>Figura 2.4.</b> Separación de las paredes .....	33
<b>Figura 2.5.</b> Daños en cielos rasos .....	34
<b>Figura 2.6.</b> Determinación de los coeficientes $i$ , $n_p$ .....	55
<b>Figura 2.7.</b> Regularidad en planta .....	59
<b>Figura 2.8.</b> Longitud que se considera en las plantas tipo L, T, U y similares .....	60
<b>Figura 2.9.</b> Contracción en planta .....	60
<b>Figura 2.10.</b> Relación de área de patio vs área total .....	60
<b>Figura 2.11.</b> Relación de excentricidad del patio interior con el área total .....	61
<b>Figura 2.12.</b> Relación de área promedio de sótanos y área promedio de pisos superiores .....	61
<b>Figura 2.13.</b> Separación sísmica de edificios .....	62
<b>Figura 3.1.</b> Ubicación geográfica del HRC .....	74
<b>Figura 3.2.</b> Mosaico de sectores del HRC .....	75
<b>Figura 3.3.</b> Regularidad $a_i$ del Sector E .....	90
<b>Figura 3.4.</b> Relación largo - ancho del Sector E .....	90
<b>Figura 3.5.</b> Contracción de planta del Sector E .....	90
<b>Figura 3.6.</b> Atrio o patio interior del Sector E .....	91
<b>Figura 3.7.</b> Excentricidad de atrio o patio interior del Sector E .....	91
<b>Figura 3.8.</b> Uniformidad de altura de piso del Sector E .....	91
<b>Figura 3.9.</b> Características en planta del Sector J .....	93
<b>Figura 3.10.</b> Características en altura del Sector J .....	93
<b>Figura 3.11.</b> Sector E (a) fisura en placa 1 <sup>er</sup> piso (b) fisura en viga 5 <sup>to</sup> piso .....	94
<b>Figura 3.12.</b> (a) (b) Fisuras en el 1 <sup>er</sup> piso del Sector E .....	94
<b>Figura 3.13.</b> Sector J 1 <sup>er</sup> piso (a) fisura en viga (b) fisura en el muro .....	95
<b>Figura 3.14.</b> (a) (b) Instalaciones básicas y equipos en el 4 <sup>to</sup> piso .....	107
<b>Figura 3.15.</b> Fisura en el muro (a) 2 <sup>do</sup> piso (b) 4 <sup>to</sup> piso .....	108
<b>Figura 3.16.</b> Estado del cielo raso en el Sector E (a) 4 <sup>to</sup> piso (b) 6 <sup>to</sup> piso .....	109
<b>Figura 3.17.</b> Columna corta (a) 2 <sup>do</sup> piso del Sector E (b) 1 <sup>er</sup> piso del Sector J ...	109

<b>Figura 3.18.</b> Estado del cielo raso en el 2 <sup>do</sup> piso del Sector E .....	110
<b>Figura 3.19.</b> (a) (b) Evaluación de ventanería y puertas en el Sector E .....	111
<b>Figura 3.20.</b> Resultados de vulnerabilidad no estructural en Sector E .....	112
<b>Figura 3.21.</b> Resultados de vulnerabilidad no estructural en Sector J .....	112
<b>Figura 3.22.</b> (a) (b) Acceso P-1 y V-1 .....	114
<b>Figura 3.23.</b> (a) (b) Acceso al Sector E.....	114
<b>Figura 3.24.</b> (a) (b) Acceso P-2 y V-2 .....	115
<b>Figura 3.25.</b> (a) (b) Acceso P-3 y V-3 .....	115
<b>Figura 3.26.</b> (a) Sector E (b) Sector J.....	116
<b>Figura 3.27.</b> Piso de instalaciones.....	119
<b>Figura 3.28.</b> (a) escalera de escape del Sector E (b) pasillo del Sector J .....	119
<b>Figura 3.29.</b> Resultados de vulnerabilidad funcional en Sector E.....	120
<b>Figura 3.30.</b> Resultados de vulnerabilidad funcional en Sector J .....	120
<b>Figura 3.31.</b> Resultados de vulnerabilidad sísmica en Sector E .....	121
<b>Figura 3.32.</b> Resultados de vulnerabilidad sísmica en Sector J .....	121
<b>Figura A.1.</b> Intensidades sísmicas en la ciudad de Cajamarca .....	174

## Índice de Abreviaturas

<b>ATC:</b>	Applied Technology Council - Consejo de Tecnología Aplicada.
<b>BBC:</b>	British Broadcasting Corporation.
<b>DVA:</b>	Detailed Vulnerability Assessment - Evaluación detallada de la vulnerabilidad.
<b>ECHO:</b>	Departamento de Asistencia Humanitaria y Protección Civil de la Comunidad Europea.
<b>FEMA 154:</b>	Federal Emergency Management Agency - Evaluación Visual Rápida de Edificios con Potenciales Riesgos Sísmicos.
<b>HRC:</b>	Hospital Regional de Cajamarca.
<b>INDECI:</b>	Instituto Nacional de Defensa Civil.
<b>IPSS:</b>	Instituto Peruano de Seguridad Social.
<b>ISH:</b>	Índice de Seguridad Hospitalaria.
<b>MINSA:</b>	Ministerio de Salud del Perú.
<b>NTE.020:</b>	Norma Técnica, Estructuras, Cargas.
<b>NTE.030:</b>	Norma Técnica, Estructuras, Diseño Sismorresistente.
<b>NTE.060:</b>	Norma Técnica, Estructuras, Concreto Armado.
<b>NTE.070:</b>	Norma Técnica, Estructuras, Albañilería.
<b>OMS:</b>	Organización Mundial de la Salud.
<b>ONEMI:</b>	Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior y Seguridad Pública.
<b>OPS:</b>	Organización Panamericana de la Salud.
<b>PAHO:</b>	Pan American Health Organization.
<b>RVS:</b>	Rapid Visual Screening - Análisis Visual Rápido
<b>SVA:</b>	Simplified Vulnerability Assessment - Evaluación simplificada de la vulnerabilidad.
<b>WHO:</b>	World Health Organization.

# Resumen

La presente investigación comprendió la determinación del grado de vulnerabilidad sísmica del Sector E y J del Hospital Regional de Cajamarca (HRC), por ello se evaluó la vulnerabilidad estructural, no estructural y funcional. Se utilizó el Método ATC 21 - FEMA 154 y el Método de Hirosawa para determinar la vulnerabilidad estructural, y la metodología de la Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de la Salud (OPS/OMS) para evaluar la vulnerabilidad no estructural y funcional. La información necesaria para el desarrollo de la investigación se obtuvo del Expediente Técnico y Plan Maestro de Inversiones 2014 - 2034 del HRC, de la consulta a los responsables de las áreas involucradas en el trabajo de investigación y de la inspección en campo del componente estructural, no estructural y funcional. Con los datos obtenidos, se evaluó la vulnerabilidad estructural y los resultados de la evaluación del componente estructural sirvieron para el análisis del componente no estructural y funcional, para lo cual se utilizaron fichas de la OPS/OMS. Se determinó que la vulnerabilidad estructural es baja para el Sector E y J, la vulnerabilidad no estructural es media en 76,75 % para el Sector E y es baja en 83,33 % para el Sector J, y la vulnerabilidad funcional es alta en 69,72 % para el Sector E y es baja en 61,11 % para el Sector J. De esta manera se concluye que, el grado de vulnerabilidad sísmica es baja para el Sector E y J.

**Palabras Clave:** Vulnerabilidad Sísmica, Estructural, No Estructural, Funcional, ATC 21, Hirosawa, OPS/OMS.

## Abstract

The present investigation included the determination of the degree of seismic vulnerability of Sector E and J of the Regional Hospital of Cajamarca (HRC), for this reason structural, not structural and functional vulnerability was evaluated. We used the ATC Method 21 - FEMA 154 and the Hirosawa Method to determine structural vulnerability, and the methodology of the Pan American Health Organization / World Health Organization (PAHO/WHO) to assess not structural and functional vulnerability. The information necessary for the development of the research was obtained from the Technical File and Investment Master Plan 2014 - 2034 of the HRC, from the consultation to those responsible for the areas involved in the research work and from the field inspection of the structural component, not structural and functional. With the data obtained, the structural vulnerability was assessed and the results of the evaluation of the structural component were used for the analysis of the not structural and functional component, for which PAHO/WHO files were used. It was determined that structural vulnerability is low for Sector E and J, not structural vulnerability is 76,75 % average for Sector E and 83,33 % is low for Sector J, and functional vulnerability is high in 69,72 % for Sector E and it is low at 61,11 % for Sector J. In this way it is concluded that the degree of seismic vulnerability is low for Sector E and J.

**Keywords:** Seismic Vulnerability, Structural, Not Structural, Functional, ATC 21, Hirosawa, PAHO/WHO.

**CAPÍTULO I**  
**INTRODUCCIÓN**

---

---

## **1.1. Planteamiento del Problema**

Un sismo es un proceso mediante el cual se libera, de manera súbita, una gran cantidad de energía, la que se expresa mediante ondas que viajan al interior de la Tierra (ONEMI 2013: 5). La zona con alta actividad sísmica se denomina Cinturón de Fuego del Pacífico, que comprende a una gran cantidad de países americanos, incluido Perú. Tavera, citado por la BBC (2014), indica que en el Cinturón de Fuego del Pacífico tiene lugar el 90 % de todos los sismos del mundo y el 80 % de los sismos más grandes.

Por la presencia de sismos moderados y fuertes, la OPS (2004: 35-36) considera esencial evaluar la vulnerabilidad en las instalaciones de salud. Investigadores como Morales-Soto y Sato-Onuma (2008), sugieren identificar y corregir la vulnerabilidad sísmica considerando el componente estructural, no estructural y funcional, porque el fallo estructural de los hospitales puede llevar a la interrupción o al fracaso de sus funciones.

El HRC se ubica en una zona de intensidad sísmica severa según el INDECI (2005), es una edificación esencial, cuya función y operatividad no debe interrumpirse inmediatamente después de que ocurra un sismo, tal como lo señala la NTE.030 (2016) y representa un patrimonio económico y social de gran importancia; por lo tanto, es necesario estudiar la vulnerabilidad sísmica. Además, como lo indica la OPS, en los establecimientos de salud como el HRC, se debe estudiar el aspecto estructural, no estructural y funcional, para obtener el grado de vulnerabilidad sísmica y con ello conocer si es un hospital seguro frente a desastres.

Sin embargo, en los últimos años no hay investigaciones sobre la vulnerabilidad sísmica en el HRC, que consideren las actualizaciones de la normativa peruana y los fundamentos de la OPS. Por lo tanto, en el presente trabajo de investigación se determina el grado de vulnerabilidad sísmica del HRC, utilizando una metodología que evalúa las condiciones actuales de los edificios estudiados.

### **1.1.1. Formulación del problema**

Del contexto expuesto anteriormente, en la presente investigación se estudia:

¿Cuál es el grado de vulnerabilidad sísmica del Sector E y J del HRC?

## **1.1.2. Hipótesis**

### **A. Hipótesis general**

- La vulnerabilidad sísmica del Sector E y J del HRC, es alta.

### **B. Hipótesis específicas**

- La vulnerabilidad estructural del Sector E y J del HRC, es alta.
- La vulnerabilidad no estructural del Sector E y J del HRC, es alta.
- La vulnerabilidad funcional del Sector E y J del HRC, es alta.

## **1.2. Justificación de la investigación**

### **1.2.1. Justificación científica**

Esta investigación se realiza con el propósito de aportar al conocimiento existente sobre el estudio de la vulnerabilidad sísmica en establecimientos de salud, considerando el aspecto estructural, no estructural y funcional; cuyos resultados de esta investigación podrán sistematizarse en una metodología de evaluación.

### **1.2.2. Justificación técnica-práctica**

Esta investigación tiene justificación técnica y práctica porque existe la necesidad de evaluar el grado de vulnerabilidad sísmica del Sector E y J del HRC, considerando sus componentes estructural, no estructural y funcional; para identificar sus debilidades, así diseñar y construir las intervenciones físicas o reestructuraciones que sean necesarias, como lo indica la OPS (1993).

### **1.2.3. Justificación institucional y personal**

Es importante esta investigación, por ser un estudio de proyección social que es una de las funciones sustantivas de la Universidad Nacional de Cajamarca y personalmente es importante, porque me permite desarrollar mis conocimientos en el área de estructuras y con ello obtener el Título Profesional.

## **1.3. Alcances de la Investigación**

En la presente investigación se determinó el grado de vulnerabilidad sísmica del Sector E y J del HRC, considerando sus tres componentes: estructural, no estructural y funcional; utilizando el Método ATC 21 - FEMA 154, el Método de Hirosawa y la metodología de la OPS.



## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

- Determinar el grado de vulnerabilidad sísmica del Sector E y J del HRC.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Determinar el grado de vulnerabilidad estructural del Sector E y J del HRC.
- Determinar el grado de vulnerabilidad no estructural del Sector E y J del HRC.
- Determinar el grado de vulnerabilidad funcional del Sector E y J del HRC.

## **1.5. Organización de la Tesis**

La tesis está organizada en cinco capítulos, como se indica a continuación:

**Capítulo I:** Se presenta la introducción, que comprende el planteamiento del problema, formulación del problema, hipótesis, justificación, alcances y objetivos.

**Capítulo II:** Se describe el estado del arte, las bases teóricas y la definición de términos básicos, en relación a la vulnerabilidad sísmica y sus componentes estructural, no estructural y funcional. También se explica el Método ATC 21 - FEMA 154, el Método de Hirosawa y la metodología de la OPS.

**Capítulo III:** Se indica la ubicación geográfica del HRC y el tiempo en que se realizó la investigación; así mismo, se describe la metodología y el procedimiento. Se evalúan los datos y se presentan los resultados.

**Capítulo IV:** Se realiza el análisis y discusión de los aspectos convergentes y divergentes, de los resultados obtenidos con los antecedentes teóricos.

**Capítulo V:** Se presentan las conclusiones y se proponen recomendaciones para complementar los conocimientos sobre esta investigación.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

---

---

## 2.1. Antecedentes Teóricos

### 2.1.1. Internacional

**Morán-Rodríguez y Novelo-Casanova (2017)**, estimaron la vulnerabilidad sísmica de los establecimientos de salud en México. Desarrollaron una metodología de evaluación de vulnerabilidad para instalaciones de salud, así reducir los niveles de vulnerabilidad estructural, no estructural, funcional y administrativo-organizacional. La metodología es la siguiente:

- Presentar los resultados en forma cuantitativa y descripción cualitativa.
- Identificar el nivel de vulnerabilidad sísmica para cada elemento evaluado.
- A través de clasificaciones de daños esperados, el método proporciona a las autoridades del hospital la posibilidad de priorizar las acciones necesarias, para reducir el nivel de vulnerabilidad.

Concluyen que los establecimientos de salud en México tienen un alto nivel de vulnerabilidad sísmica, debido a:

1. Factores que aumentan la vulnerabilidad estructural: falta de mantenimiento y tecnología para resistir el sismo, uso de formas arquitectónicas complejas, falta de separación suficiente entre las diferentes instalaciones del hospital, el tipo y la antigüedad del hospital, así como los objetos pesados o elementos arquitectónicos colocados en la parte superior de los techos.
2. Factores que aumentan la vulnerabilidad no estructural: uso de estructuras no apropiadas para hospitales.
3. Factores que aumentan la vulnerabilidad funcional: falta de conocimiento de las autoridades del hospital sobre el nivel de vulnerabilidad sísmica de su instalación.
4. Factores que aumentan la vulnerabilidad administrativo-organizacional: falta de un plan de emergencia para soportar un gran sismo.

Consideran reducir la vulnerabilidad sísmica en los hospitales con el desarrollo y la implementación de un plan de emergencia operacional completa, y el mantenimiento estructural periódico de los diferentes edificios de las instalaciones de salud; así como, la instalación de tecnología antisísmica.

**Kiranbala y Sandhyarani (2016)**, evaluaron la vulnerabilidad sísmica del edificio hospitalario existente en la ciudad de Imfal, capital del estado de Manipur, en la India. El hospital se ubica al noreste de la India, una de las regiones sísmicas más activas del mundo.

Evaluaron la vulnerabilidad sísmica del hospital usando 3 niveles:

1. Análisis Visual Rápido (Rapid Visual Screening “RVS”), un procedimiento que requiere solo evaluación visual e información limitada.
2. Evaluación simplificada de la vulnerabilidad (Simplified Vulnerability Assessment “SVA”), procedimiento que requiere un análisis de ingeniería limitado basado en observaciones y planos estructurales.
3. Evaluación detallada de la vulnerabilidad (Detailed Vulnerability Assessment “DVA”), procedimiento que requiere un análisis detallado, similar o más complejo que el requerido para el diseño de un nuevo edificio.

Empleando el procedimiento de Nivel 1, determinaron que el hospital era vulnerable; por lo tanto, continuaron con el procedimiento de Nivel 2, realizando el Análisis Numérico usando SAP 2000; concluyeron que el edificio no era seguro. Recomiendan el rediseño del hospital.

**Hernández y Lockhart (2011)**, investigaron la vulnerabilidad sísmica de edificaciones de hormigón armado existentes, utilizando el método FEMA 154. Indican que la evaluación de la vulnerabilidad sísmica debe iniciarse con un método cualitativo y de no cumplirse este, entonces se debe usar el método cuantitativo, que implica un análisis más completo.

Aplicaron el método FEMA 154 a dos edificios separados por una junta de expansión, denominados Módulo A y Módulo B. En el análisis de vulnerabilidad obtuvieron un puntaje estructural final (S) igual a 1,5 para el Módulo A y 2 para el Módulo B, concluyeron que se requiere intervenir en dichas edificaciones.

Sostienen la importancia de realizar una evaluación de la vulnerabilidad sísmica que refleje la situación real de la edificación para enfrentar un sismo, así determinar si es necesario el reforzamiento.

**Guragain y Dixit (2004)**, evaluaron la vulnerabilidad sísmica de los hospitales en Nepal, para lo cual desarrollaron una metodología basada en los estudios de World Health Organization (WHO), New Zeland Standard (NZS) y Federal Emergency Management Agency (FEMA). La metodología que desarrollaron considera: la falta de disponibilidad general de datos sobre diseño y construcción de instalaciones de salud, también la participación del personal del hospital, y la disponibilidad de datos primarios. Estudiaron el componente estructural y no estructural frente a posibles sismos.

Concluyen que, en la ocurrencia de un sismo severo, aproximadamente el 80 % de los hospitales evaluados se encuentran en una situación que supera el nivel de desempeño del edificio y el 20 % restante de los hospitales presentan seguridad de vida. Describen las recomendaciones en dos fases:

Primera fase, comprende las actividades a practicar con el propósito que los hospitales funcionen completamente después de un sismo moderado. Las actividades son: reparación de todos los equipos y contenidos, el fortalecimiento de los sistemas críticos y capacitación al personal del hospital.

Segunda fase, comprende las actividades para mejorar el rendimiento del hospital a un nivel deseable después de un sismo grave. Las actividades son: adaptación sísmica de los edificios hospitalarios y mayor fortalecimiento de los sistemas críticos.

### **2.1.2. Nacional**

**Vizconde (2004)**, en su tesis de grado evaluó la vulnerabilidad sísmica de un edificio existente: Clínica San Miguel, Piura. Utilizó el método FEMA 154 sobre los 5 edificios de la Clínica San Miguel y el método FEMA 310 en sus dos niveles de evaluación. En el estudio de la vulnerabilidad sísmica trata la vulnerabilidad física (estructural, no estructural) y la vulnerabilidad funcional.

Entre las conclusiones a las que llega en su investigación, se tiene lo siguiente:

- Para alcanzar mayor confiabilidad en la evaluación de la vulnerabilidad sísmica, se debe integrar los métodos empíricos, experimentales y analíticos.

- El diseño sísmico de la Clínica San Miguel no es satisfactorio y no es seguro para un nivel de ocupación inmediata.
- Tanto el método FEMA 154 como el FEMA 310 pueden aplicarse a los edificios del Perú teniendo en cuenta ciertas consideraciones y tras un serio estudio de ambos métodos para ser eficazmente aplicados.

Recomienda promover el desarrollo de estudios a nivel detallado de vulnerabilidad sísmica de hospitales y clínicas importantes en el Perú, y que evidencien un desempeño sísmico inadecuado.

### **Estudios de vulnerabilidad sísmica en hospitales de Perú**

**ECHO *et al.* (1997)** iniciaron el proyecto del análisis de vulnerabilidad sísmica en 6 hospitales del Ministerio de Salud, 2 del Instituto Peruano de Seguridad Social y 2 integrados (MINSA-IPSS). Posteriormente se agregaron 3 hospitales más, formando un conjunto de 13 hospitales estudiados. En cada establecimiento de salud se realizó el estudio simultáneo del componente estructural, no estructural y funcional.

**Ugarte *et al.* (1997)**, realizaron el estudio de la vulnerabilidad del Hospital Nacional Cayetano Heredia; evaluaron el componente estructural, no estructural, funcional y organizativo. Usaron la siguiente metodología:

1. Estudio geotécnico de la zona donde se encuentra ubicado el hospital.
2. Ensayos de esclerometría.
3. Ensayos de medición de vibraciones, para determinar las frecuencias naturales de las estructuras.
4. Análisis dinámico de las estructuras, mediante modelos matemáticos.
5. Análisis de la vulnerabilidad estructural utilizando el Método de Hiroswa de segundo orden.

Concluyen que, las edificaciones estudiadas no poseen capacidad sismoresistente; además, los daños que se producirían serían principalmente del tipo estructural.

Recomiendan realizar un estudio de reforzamiento con la finalidad de dotar de capacidad sismoresistente a las edificaciones en estudio, a través de elementos que proporcionen mayor rigidez a éstas. También recomiendan implementar un

Plan Director que armonice el desarrollo de la infraestructura hospitalaria con las necesidades de la población y las estrategias sectoriales.

### **2.1.3. Local**

**Chávez et al. (2014)**, evaluaron la Seguridad Hospitalaria en el HRC aplicando la ficha de evaluación diseñada por la OPS para la medición del Índice de Seguridad Hospitalaria (ISH). Realizaron la evaluación estructural, no estructural y funcional.

Con el valor del ISH calculado, concluyeron que los niveles de seguridad eran óptimos, pero señalaron que existen fallas que deben ser corregidas para mejorar la capacidad de respuesta y mejorar el nivel de seguridad ante un eventual desastre.

**Solano (2013)**, en su tesis de grado evaluó el comportamiento sísmico del Sector E del HRC, frente a la ocurrencia de un sismo severo y con las condiciones que presentaba la estructura en el momento del desarrollo de la investigación. Realizó el análisis de los modos de vibración, desplazamientos máximos y esfuerzos internos de la estructura, utilizando el programa ETABS v9.7.3 – Educacional.

Concluye que, frente a un evento sísmico, la estructura tiene un comportamiento rígido; porque, en el análisis los períodos de vibración que tiene la estructura, son similares a los indicados en la etapa inicial de diseño y las derivas máximas encontradas son 7 veces menores a lo establecido en la NTE.030.

## **2.2. Bases Teóricas**

### **2.2.1. Teoría de la Tectónica Global de Placas**

La superficie de la Tierra se divide en un número de losas litosféricas llamadas placas tectónicas y se mueven una con relación a la otra, como resultado de las corrientes de convección subyacentes en el manto. En las dorsales oceánicas, las placas se separan unas de otras y se denominan límites divergentes de las placas. En los límites convergentes (donde dos placas colisionan), una placa generalmente se conducirá debajo de la otra en el proceso de subducción. La placa oceánica se subduce debajo de la placa continental a lo largo de la costa del Pacífico de América del Sur y Central. En el proceso de subducción, la losa litosférica más joven

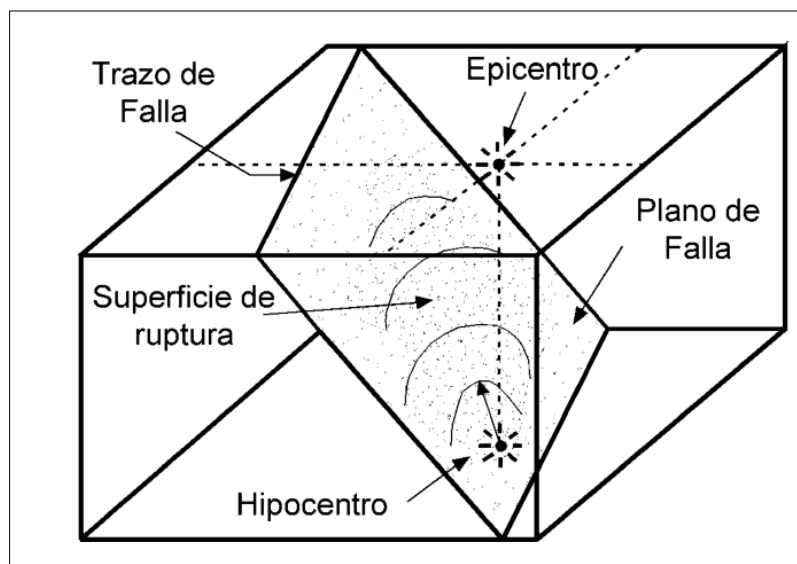
desciende por debajo de la anterior, porque es la más densa de las losas en colisión (Sucuoğlu y Akkar 2014).

Casi todos los sismos en el mundo se ubican a lo largo de los límites de las placas tectónicas y se denominan sismos intercalados. La circunferencia del Océano Pacífico donde generalmente ocurre un proceso de subducción entre las placas oceánicas y continentales, es la región límite más activa en este sentido (Sucuoğlu y Akkar 2014).

### 2.2.2. Sismicidad

Los sismos ocurren cuando el esfuerzo en la tierra alcanza un nivel mayor a la resistencia de la roca, causando que los lados opuestos de la misma fallen repentinamente o se deslicen violentamente pasando de un lado a otro. Estos esfuerzos pueden actuar perpendicularmente a la falla empujando las rocas entre ellas, o paralelamente a la falla moviendo las rocas unas contra otras. Cuando se acumula un esfuerzo suficientemente grande para superar la resistencia de la falla, puede ocurrir un sismo produciéndose un chasquido en las rocas perdiendo el equilibrio y liberando la energía almacenada en forma de ondas sísmicas, las cuales mueven las rocas a su alrededor (Mena 2002: 10).

**Figura 2.1.** Origen de un sismo, con su proyección en la superficie terrestre



**Fuente:** Tomado de Nyffenegger, citado por Mena 2002: 11

Un sismo empieza en un punto llamado foco o hipocentro situado en la superficie de ruptura de la falla que se localiza por una latitud, longitud y profundidad, y una



proyección en la superficie de la tierra, llamada epicentro con coordenadas de latitud y longitud (Nyffenegger, citado por Mena 2002).

### **2.2.3. Sismotectónica de Perú**

El borde occidental de América del Sur se caracteriza por ser una de las regiones sísmicas más activas en el mundo. El Perú forma parte de esta región y su actividad sísmica más importante está asociada al proceso de subducción de la placa oceánica bajo la placa continental, generando sismos de magnitud elevada con relativa frecuencia. Un segundo tipo de actividad sísmica está producida por las deformaciones corticales presentes a lo largo de la Cordillera Andina, con sismos menores en magnitud y frecuencia (Tavera y Buforn 1998).

El Perú se encuentra sometido a dos distintos regímenes de esfuerzos. El primero de ellos asociado a la actividad sísmica de carácter superficial, muestra un régimen de compresión horizontal perpendicular a la dirección de la fosa peruana-chilena (borde Oeste de la Cordillera Andina) como resultado del proceso de convergencia entre las placas oceánica y continental. El segundo régimen de esfuerzo, está asociado a la actividad sísmica con foco a profundidad intermedia y profunda (Tavera y Buforn 1998).

### **2.2.4. Efectos de los sismos en hospitales**

En América Latina y el Caribe, el 67 % de los 18 mil hospitales están situados en zonas donde el riesgo ante desastres es elevado. El impacto de los desastres en los establecimientos de salud, produjo que más de 45 millones de personas dejaran de recibir atención médica en hospitales durante años y la pérdida económica directa, por la destrucción de la infraestructura y el equipamiento, superó los 4 mil millones de dólares en los últimos 25 años (MINSa 2010).

El sismo del 2001 afectó 246 establecimientos en la zona sur de Perú, y el sismo del 2007 ocasionó daños a 84 establecimientos, incluyendo a los hospitales del Ministerio de Salud y del Seguro Social de Salud, en tres provincias de la región Ica, los cuales fueron severamente dañados y salieron de operación, por lo que se implementó estrategias para asegurar la continuidad de la atención (MINSa 2010).

La vulnerabilidad sísmica de las instalaciones de salud, ha sido enfrentada exitosamente con obras de reforzamiento estructural que les permita soportar adecuadamente el impacto de esos eventos. Esta opción evita los daños del colapso estructural sobre los ocupantes, además del costo de instalación de una nueva cama hospitalaria el cual oscila entre 30 mil a cien mil dólares americanos según la complejidad tecnológica planteada (Morales-Soto y Sato-Onuma 2008).

### **2.2.5. Vulnerabilidad Sísmica de los hospitales**

La vulnerabilidad sísmica es el grado de daño en las estructuras ocasionado por un movimiento sísmico de determinadas características (Yépez *et al.* 1995: 37).

Un estudio de vulnerabilidad sísmica en un establecimiento de salud, busca determinar la susceptibilidad o el nivel de daño esperado en la infraestructura, equipamiento y funcionalidad.

Los hospitales son complejos desde el punto de vista funcional, tecnológico y administrativo; a la vez que, son altamente vulnerables por las siguientes características (OPS 1993):

**Complejidad.** Los centros de salud son edificios muy complejos que suplen las funciones de hotel, oficinas, laboratorio y bodega.

**Ocupación.** Los hospitales son edificios que alojan pacientes, empleados, personal médico y visitantes; además, están ocupados 24 horas al día.

**Suministros críticos.** La mayoría de los suministros que requieren las instalaciones hospitalarias (farmacéuticos, tablillas, vendajes, etc.) son esenciales para la sobrevivencia del paciente y son cruciales para el tratamiento de víctimas de sismos. Las zonas de almacenamiento y archivo no deben sufrir daño, pues contienen las historias de los pacientes que son vitales para el tratamiento adecuado.

**Servicios públicos.** Los hospitales requieren de electricidad, agua, combustibles, recolección de basuras, comunicación interna y externa, ascensores en buen estado; y necesitan que los equipos de radiología, monitoreo, soporte de vida, esterilización y demás, tengan energía.

**Materiales peligrosos.** En los hospitales, si los estantes que contienen medicamentos o químicos se voltean, pueden constituir amenazas por toxicidad tanto en forma líquida como gaseosa. Los incendios pueden iniciarse por acción de químicos, cilindros de gas volteados o la ruptura en líneas de oxígeno pueden plantear serios peligros.

**Artículos pesados.** Muchos hospitales tienen equipo o televisores en estantes altos encima o cerca de las camas de los pacientes, éstos pueden caer y causar serios accidentes. Otras piezas de equipo especializado tales como máquinas de rayos X, generadores alternos, son pesados y susceptibles de ser derribados o lanzados por la habitación durante el sismo.

**Problemas externos.** El daño sufrido por la comunidad impedirá el acceso de los bomberos, de la policía, y tal vez, del servicio telefónico, mientras que habrá una entrada sin precedentes de heridos.

## **2.2.6. Componentes de Vulnerabilidad Sísmica**

### **A. Vulnerabilidad estructural**

#### **A.1. Definición**

La vulnerabilidad estructural es el posible daño a producirse en los elementos estructurales como cimientos, columnas, vigas y losas, ante un evento sísmico (OPS 2004: 35).

#### **A.2. Daños estructurales**

A causa de sismos fuertes es común que se presenten daños estructurales en columnas, tales como grietas diagonales causadas por cortante y/o torsión, grietas verticales, desprendimiento del recubrimiento, aplastamiento del concreto y pandeo de las barras longitudinales por exceso de esfuerzos de flexocompresión. En vigas, se presentan grietas diagonales y rotura de estribos, a causa de cortante y/o torsión, grietas verticales, rotura del refuerzo longitudinal y aplastamiento del concreto por la flexión que impone el sismo arriba y abajo de la sección como resultado de las cargas alternadas (OPS 2004: 36-37).

Las conexiones o uniones entre elementos estructurales son, por lo general, los puntos más críticos. En las uniones viga - columna (nudos) el cortante produce

grietas diagonales y es común ver fallas por adherencia y anclaje del refuerzo longitudinal de las vigas, a causa del poco desarrollo del mismo y/o a consecuencia de esfuerzos excesivos de flexión. En las losas se pueden presentar grietas por punzonamiento alrededor de las columnas y grietas longitudinales a lo largo de la placa, debido a la excesiva demanda por flexión que en ciertas circunstancias puede imponer el sismo (OPS 2004: 37).

**Tabla 2.1.** Daños estructurales más comunes.

<b>Elemento Estructural</b>	<b>Tipo de Daño</b>	<b>Causa</b>
<b>Columnas</b>	Grietas diagonales	Cortante o torsión
	Grietas verticales	Flexocompresión
	Desprendimiento del recubrimiento	Flexocompresión
	Aplastamiento del concreto y pandeo de barras	Flexocompresión
<b>Vigas</b>	Grietas diagonales	Cortante o torsión
	Rotura de estribos	Cortante o torsión
	Grietas verticales	Flexión
	Rotura del refuerzo	Flexión
	Aplastamiento del concreto	Flexión
<b>Unión viga - columna</b>	Grietas diagonales	Cortante
	Falla por adherencia del refuerzo de vigas	Flexión
<b>Sistemas de piso</b>	Grietas alrededor de columnas en losas o placas planas	Penetración
	Grietas longitudinales	Flexión
<b>Muros de concreto</b>	Grietas diagonales	Cortante
	Grietas horizontales	Flexocompresión
	Aplastamiento del concreto y pandeo de barras	Flexocompresión
<b>Muros de mampostería</b>	Grietas diagonales	Cortante
	Grietas verticales en las esquinas y centro	Flexión y volteo
	Grietas como placa perimetralmente apoyada	Flexión

**Fuente:** Tomado de Iglesias *et al.* 1985: 16

La Universidad Nacional de Colombia (2011: 3), indica que el daño sísmico sobre los elementos estructurales se debe a problemas de:

- Configuración geométrica (irregularidades en planta y altura).
- Concentración de esfuerzos debido a plantas complejas.
- Efectos de columnas débiles.
- Excesiva flexibilidad estructural.

- Excesiva flexibilidad del diafragma de piso (lo que implica deformaciones laterales no uniformes).

## **B. Vulnerabilidad no estructural**

El ítem B ha sido extraído de la OPS (2004: 83-102).

### **B.1. Definición**

La vulnerabilidad no estructural es el posible daño a producirse en los elementos no estructurales, ante un evento sísmico.

Los sismos moderados ocurren con más frecuencia, afectando los elementos no estructurales de los hospitales; en cambio, los elementos estructurales se verán afectados frente a sismos severos y poco frecuentes, razón por la cual un edificio puede quedar en pie luego de un desastre y quedar inhabilitado debido a daños no estructurales. Es así que, ante un evento sísmico, los aspectos vitales de un hospital, aquellos que se relacionan directamente con su propósito y función, son los que con mayor facilidad se ven afectados o destruidos.

En los hospitales, entre el 85 % y el 90 % del valor de la instalación está en acabados arquitectónicos, sistemas mecánicos y eléctrico, y en el equipo allí contenido.

### **B.2. Elementos no estructurales**

Los elementos no estructurales son tabiques, ventanas, puertas, cerramientos, cielos rasos, paneles, equipos, instalaciones mecánicas y sanitarias, entre otros. La excitación de los elementos no estructurales es en general mayor que la excitación en la base, porque están sometidos a la aceleración total, dada como la aceleración de respuesta del piso relativa al suelo más la aceleración de éste.

El estudio de la vulnerabilidad sísmica en elementos no estructurales es importante, debido a las siguientes razones:

1. Los establecimientos hospitalarios deben mantenerse lo más intactos posible luego de un sismo, para seguir prestando la atención médica de sus pacientes; así como, para atender la posible demanda por servicios médicos que se pueda presentar luego del desastre sísmico en la región de injerencia.

2. Los hospitales albergan un gran número de pacientes, que en la ocurrencia de un sismo se encuentran prácticamente inhabilitados para la evacuación de la edificación.
3. Los hospitales disponen de una compleja red de instalaciones eléctricas, mecánicas y sanitarias, así como de un número importante de equipos costosos; lo que resulta indispensable tanto para el normal funcionamiento del hospital como para la atención de una emergencia.
4. La relación entre el costo de los elementos no estructurales y el costo total de la edificación tiene un valor superior en hospitales que en otras edificaciones.

Los elementos no estructurales se pueden clasificar en las siguientes tres categorías:

1. Elementos arquitectónicos, incluyen a muros exteriores no portantes, paredes divisorias, sistemas de tabiques interiores, ventanas, cielo raso, sistema de alumbrados, etc.
2. Equipos y mobiliarios, incluyen al equipo médico, equipo industrial mecánico, muebles de oficina, recipientes de medicamentos, etc.
3. Las instalaciones básicas incluyen los sistemas de abastecimiento de servicio tales como electricidad, agua, gases médicos, vapor, vacío, comunicaciones internas y externas, etc.

### **B.3. Metodología de evaluación**

#### **B.3.1. Instalaciones básicas y equipos**

Para el estudio de los elementos, se hace una selección previa, a partir de un inventario general de los equipos considerados importantes o estratégicos por sus características físicas (dimensiones, peso, forma), por su alto costo económico, por su importancia para la operación de los servicios esenciales del hospital o por las condiciones de su anclaje.

Con el objetivo de determinar las prioridades de intervención, se consideran dos parámetros:

1. La vulnerabilidad del elemento o sistema. La vulnerabilidad sísmica de las instalaciones y equipos puede determinarse mediante metodologías cualitativas y cuantitativas, y se mide en tres categorías: baja, mediana y alta.

*Baja vulnerabilidad.* El componente evaluado está razonablemente bien anclado, y hay una baja probabilidad de que se dañe ante las fuerzas de diseño y la deformación del edificio.

*Mediana vulnerabilidad.* El componente está anclado, pero hay una moderada probabilidad de falla de esta sujeción ante las fuerzas de diseño y las deformaciones del edificio.

*Alta vulnerabilidad.* El componente carece de anclaje o éste es insuficiente o inapropiado, por lo tanto, existe una alta probabilidad de daño ante fuerzas de diseño y deformaciones del edificio.

2. Las consecuencias, como un estimado del efecto de la falla o daño en el componente. Las consecuencias se miden en tres categorías:

*Bajas consecuencias.* El componente representa una baja probabilidad de ocasionar lesiones a los ocupantes o de interferir con el funcionamiento del establecimiento.

*Moderadas consecuencias.* El componente representa una moderada probabilidad de causar lesiones a los ocupantes o de interferir con el funcionamiento del establecimiento.

*Altas consecuencias.* El componente representa una alta probabilidad de causar lesiones (e inclusive muertes) a los ocupantes, o de comprometer seriamente el funcionamiento del edificio.

Se define una matriz de prioridades según los dos parámetros:

**Tabla 2.2.** Matriz de prioridades

<b>Vulnerabilidad</b>	<b>Consecuencias</b>		
	<b>Altas</b>	<b>Medias</b>	<b>Bajas</b>
<b>Alta</b>	1	4	7
<b>Media</b>	2	5	8
<b>Baja</b>	3	6	9

**Fuente:** Tomado de OPS 2004: 92

### **B.3.2. Elementos arquitectónicos**

Los elementos arquitectónicos que son más sensibles a la deformación son:

#### **a. Muros no estructurales**

Los muros no estructurales son las paredes de albañilería, u otro material que sirva con fines divisorios de espacios, que soportan su propio peso y tienen capacidad muy limitada para soportar fuerzas laterales, así como para absorber deformaciones significativas.

En estos muros, la falla ocurre por agrietamiento y desplazamiento lateral a lo largo de las grietas. Las grietas pequeñas, debidas al leve movimiento de la estructura portante, por lo general, no son críticas; aunque inducen a desprendimientos del recubrimiento (pañetes, revoques, cerámica), lo cual podría eventualmente interferir con el funcionamiento del hospital dependiendo del tamaño de los pedazos que se desprendan. Para un nivel de seguridad de ocupación inmediata, se admite que las grietas no comprometan la capacidad al cortante del muro y que no haya deformaciones fuera del plano.

Si los muros no estructurales fallan irregularmente, pueden causar graves concentraciones de esfuerzos en columnas y vigas que no se previeron en el diseño, lo que puede comprometer incluso la estabilidad de la estructura.

#### **b. Acabados y terminaciones**

**Figura 2.2.** Vulnerabilidad causada por los acabados y terminaciones



**Fuente:** Tomado de OPS 2004: 99

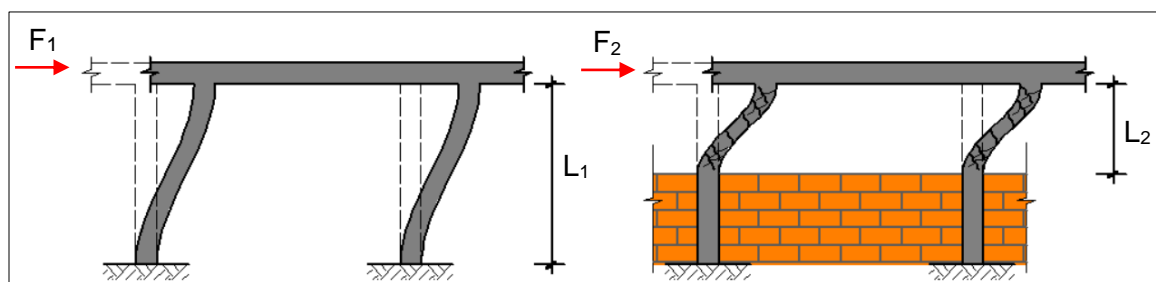


Si el recubrimiento del edificio cae durante un movimiento sísmico en forma parcial, además de provocar daños en las personas o bienes en la periferia del edificio, se presentará una excentricidad que induciría efectos de torsión al edificio. Esta torsión que no se tuvo en cuenta en los cálculos estructurales originales podría dar como resultado algunos colapsos parciales.

### c. Columna corta

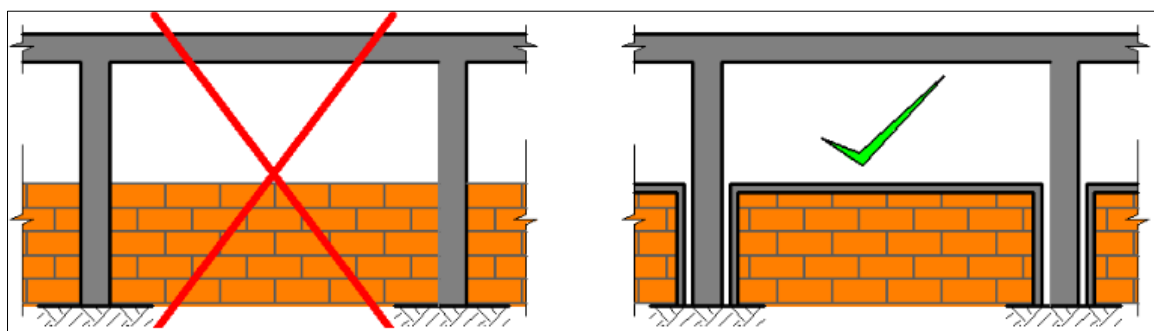
Es un fenómeno que sucede cuando se cierran vanos de la estructura con albañilería de relleno hasta cierto nivel, dejando en la parte superior únicamente espacio para ventanas altas. Esto confina la parte inferior de las columnas y, esencialmente, acorta su longitud efectiva. Las columnas cortas fallan frágilmente en caso de sismos.

**Figura 2.3.** Efecto de columna corta



**Fuente:** Tomado de Beauperthuy y Urich s.f.

**Figura 2.4.** Separación de las paredes



**Fuente:** Tomado de Beauperthuy y Urich s.f.

### d. Cielos rasos

Los cielos rasos son elementos no estructurales sensibles a la deformación y a la aceleración producida por sismos. La deformación de las losas puede causar distorsión horizontal, y la deformación de la estructura principal puede provocar que

el cielo raso pierda su soporte y caiga. El comportamiento sísmico de los cielos rasos suspendidos depende primordialmente de la respuesta sísmica de su soporte. El diafragma de aluminio, por lo general, muestra un buen comportamiento, siempre y cuando esté debidamente anclado (cables o soportes adecuados) y si el material adhesivo que une las láminas a los perfiles es efectivo.

**Figura 2.5.** Daños en cielos rasos



**Fuente:** Tomado de OPS 2004: 101

#### **e. Ventanería**

Los marcos metálicos anclados a la estructura o a muros no estructurales, al ser sometidos a grandes deformaciones se torcerán y sufrirán pandeo, provocando que el vidrio se salga del marco o se quiebre. Si la estructura no se encuentra debidamente rígida para restringir las deformaciones laterales y la distorsión angular de los vanos en los cuales se encuentran las ventanas, es de esperarse que en caso de un sismo moderado o intenso se rompa un número importante de vidrios por el daño o deformación de los marcos de las ventanas.

#### **B.4. Daño no estructural**

Los daños a elementos no estructurales se deben generalmente a la unión inadecuada de estos elementos con la estructura, o a una falta de rigidez de la misma.

## **C. Vulnerabilidad funcional**

El ítem C ha sido extraído de la OPS (2004: 121-135).

### **C.1. Definición**

La vulnerabilidad funcional es el posible daño a producirse en la capacidad de brindar servicios del edificio, ante un evento sísmico.

La funcionalidad de un hospital está relacionada a los aspectos externos de la infraestructura como: servicios públicos (suministro de agua, alcantarillado, energía, etc.), vías adyacentes, restricciones ambientales, entre otros.

Ante la ocurrencia de un evento sísmico, un hospital debe continuar con el tratamiento de los pacientes alojados en sus instalaciones y debe atender a las personas lesionadas por el evento, además de salvaguardar la vida y salud de sus ocupantes. Para realizar esto, el personal debe estar en el sitio y conocer cómo responder ante la situación. Tanto el edificio como su equipamiento y sus insumos deben permanecer en condiciones de servicio.

Los elementos del sistema funcional de un hospital son los procesos, edificaciones y equipamiento. El hospital puede brindar una respuesta efectiva al evento sísmico con un ordenamiento sistemático y una fácil movilización del personal, de equipos y suministros, dentro de un ambiente seguro durante la operación normal. Con la deficiencia en cualquiera de los elementos del sistema funcional, podría producirse una crisis en el establecimiento de salud.

1. Procesos. Tienen que ver especialmente con la movilización de gente, equipos y suministros. Además, se incluyen aquí los procesos administrativos de rutina, tales como contrataciones, adquisiciones, manejo de recursos humanos, derivación de pacientes entre los diferentes servicios clínicos y de apoyo del hospital, etc.
2. Edificaciones. Se deben hacer consideraciones en el diseño y construcción de las edificaciones, futuras ampliaciones y remodelaciones, así como en las labores de operación y mantenimiento, con el fin de proveer seguridad y preservar ciertas áreas críticas del hospital, tales como la unidad de emergencias, las unidades de diagnóstico, las salas de operación, la farmacia,

las áreas de almacenamiento de alimentos y medicinas, las centrales de esterilización, y los servicios de registro y reserva, u otras áreas que cada institución pueda definir como prioritarias.

3. Equipamiento. Inspecciones regulares y mantenimiento apropiado de estos elementos podrían asegurar que siempre estarán en servicio y en buen estado.

Los aspectos administrativos y organizativos son de vital importancia para incorporar las medidas de prevención y mitigación, con anterioridad a la ocurrencia de un desastre, y poder asegurar el funcionamiento del hospital después de la ocurrencia del mismo.

En las instalaciones de salud, el estudio de la vulnerabilidad administrativo - organizativa, el análisis comienza con una inspección visual de las instalaciones y con la preparación de un reporte preliminar de evaluación para identificar áreas que requieran atención, paralelamente con el estudio de los procesos administrativos, sus puntos críticos y su flexibilidad en situaciones de emergencia.

## **C.2. Aspectos administrativos**

Para el análisis de los aspectos administrativos, debe partirse de las relaciones espaciales y administrativas del hospital como institución con respecto a su entorno.

### **C.2.1. Distribución espacial**

En el estudio de la vulnerabilidad funcional se debe determinar la distribución e interacción de los espacios, tanto en condiciones normales como para la atención de un número de víctimas que sobrepase la capacidad regular del hospital. Se debe considerar:

- Accesos al conjunto hospitalario. Accesos vehiculares, accesos peatonales, accesos para personal y público en general, accesos peatonales auxiliares (exclusivos para personal del hospital y servicios).
- Relaciones internas de la edificación (programa general del hospital). División en áreas funcionales críticas y complementarias, organización espacial interna y externa, y capacidad de los aspectos espaciales necesarios para desempeñar la atención que debe brindar el hospital después de emergencias sin desatender sus funciones regulares.

### **C.3. Aspectos organizativos**

Un hospital puede enfrentarse a dos tipos de emergencia, externa e interna:

#### **C.3.1. Emergencia externa**

La emergencia externa, puede deberse a una crisis mayor a causa de un desastre natural en la comunidad, partiendo del hecho de que el hospital deberá estar en condiciones mínimas para seguir operando (daño estructural y no estructural reducido o fácilmente controlable), o a causa de una demanda desmedida de alguno de los servicios, especialmente los de Urgencias, debida a un factor externo puntual (epidemia, accidente de tránsito en las inmediaciones, etc.).

Existe una serie de servicios esenciales, que deben continuar en operación o restablecerse de inmediato con la ocurrencia de un evento sísmico, los cuales son: sistemas electromecánicos, prestación de energía, de comunicaciones y el abastecimiento de agua.

#### **C.3.2. Emergencia interna**

Una emergencia interna es causada por una circunstancia que provoca el colapso funcional en alguno de los servicios; ocasionado, por ejemplo, por alguna falla de operación (incendio), o por la salida de funcionamiento de líneas vitales o equipos indispensables (por ejemplo, por falta de mantenimiento preventivo o explosiones). En algunos casos pueden presentarse en forma simultánea los dos tipos de emergencia.

El suceso de un sismo, provoca la emergencia interna de un hospital; existiendo aspectos de operación que pueden llevar al colapso funcional. En el caso en que el colapso funcional se vuelva inmanejable, se debe emplear la planificación de la evacuación; en este caso, un instrumento útil es la señalización del hospital.

### **C.4. Niveles de medición**

La funcionalidad del hospital, dependiendo de los diferentes parámetros que la determinan, se mide en tres niveles:

**Bueno.** El parámetro evaluado cumple razonablemente con los requisitos indispensables exigidos de acuerdo con las normas locales vigentes; no hay necesidad de modificarlo.

**Regular.** El parámetro evaluado cumple moderadamente con los requisitos indispensables exigidos; con una modificación menor, se puede llevar al nivel idóneo.

**Malo.** El parámetro evaluado no cumple con los requisitos indispensables para un funcionamiento apropiado; debe ser modificado para resolver esta deficiencia.

### **2.2.7. Métodos para el Análisis de Vulnerabilidad Sísmica**

No existen metodologías estándares para estimar la vulnerabilidad de las estructuras; sin embargo, hay diversos métodos para realizar el análisis de vulnerabilidad sísmica de un edificio. La OPS (2004: 139-140) clasifica los métodos en los siguientes grupos:

#### **A. Métodos cualitativos**

Los métodos cualitativos se utilizan para evaluar la vulnerabilidad de una muestra numerosa de edificaciones y seleccionar aquellas que ameriten un análisis más detallado, o cuando se tiene la certeza acerca de la seguridad de una determinada estructura y se pretende corroborar dicho nivel de seguridad. Los métodos cualitativos utilizan características generales de la estructura para calificarla.

Están asociados a índices globales que han sido calibrados con la experiencia de estructuras existentes, que permiten identificar el riesgo en términos generales y en algunos casos el nivel de daño. Entre estos, se pueden mencionar los propuestos por:

- Hirosawa, en su estudio “Retrofitting and Restoration of Buildings in Japan”.
- Gallegos y Ríos, en su estudio “Índice de calidad estructural sismorresistente”.
- Meli, en su estudio “Diseño sísmico de muros de mampostería, la práctica actual y el comportamiento observado”.
- Astroza *et al.*, en su estudio “Calificación sísmica de edificios de albañilería de ladrillos confinada con elementos de hormigón armado”.

- Shiga, en su estudio “Earthquake Damage and the Amount of Walls in Reinforced Concrete Buildings”

Algunos de los métodos cualitativos constituyen el primer nivel de evaluación de los métodos analíticos, como el caso del método japonés, la evaluación diseñada por Iglesias (quién evaluó la capacidad sísmica de edificios en la Ciudad de México), y el método ATC 21 – FEMA 154 (Procedimiento de Análisis Visual Rápido, Rapid Visual Screening Procedure “RVS”).

En los métodos eminentemente cualitativos, la construcción recibe una calificación determinada. El primer nivel del método japonés requiere del cómputo de ciertas variables, y sus ecuaciones están estrechamente relacionadas con las de los niveles superiores del método.

## **B. Métodos cuantitativos**

Los métodos cuantitativos se utilizan cuando la importancia de la edificación así lo amerita, o para profundizar en los resultados obtenidos de los métodos cualitativos, cuando estos últimos no entreguen resultados determinantes sobre la seguridad de la estructura.

La vulnerabilidad estructural se determina comparando la capacidad resistente, relaciones de forma, mantenimiento y daños anteriores de la edificación, con el nivel de sollicitación demandado por los sismos que representan el peligro sísmico y las condiciones locales del sitio donde se ubica la edificación.

Para realizar un análisis de vulnerabilidad sísmica utilizando métodos cuantitativos, es necesario contar con cierta información básica como características de los materiales utilizados en la edificación, caracterización del suelo en la zona de estudio, planos estructurales, entre otra información.

El método de Hirosawa modificado, es un método cuantitativo que ha sido usado en por países como Perú, Chile, México y Ecuador, introduciendo algunas modificaciones para que dicha metodología sea válida para las tipologías y materiales constructivos utilizados en los países latinoamericanos.

En el método de Hirosawa modificado, la vulnerabilidad estructural se determina comparando el cálculo de dos índices y estableciendo que la edificación es segura sísmicamente cuando el índice correspondiente a la resistencia provista por el edificio ( $I_s$ ) es mayor que la resistencia demandada ( $I_{s0}$ ).

## **2.2.8. Método ATC 21 - FEMA 154**

### **A. Definición**

El Método ATC 21 - FEMA 154 (Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards - Evaluación Visual Rápida de Edificios con Potenciales Riesgos Sísmicos) es un método cualitativo, usado en los Estados Unidos por el Federal Emergency Management Agency (FEMA). Su objetivo es identificar, inventariar y clasificar edificios que son potencialmente peligrosos desde el punto de vista sísmico.

### **B. Procedimiento**

El procedimiento utiliza un sistema de puntuación según el sistema estructural resistente a la carga lateral, y se identifican los atributos del edificio que modifican el rendimiento sísmico esperado de este sistema estructural (Vizconde 2004).

Hay tres formularios de recopilación de datos, una para cada zona sísmica: baja, moderada y alta.

El sistema de puntuación estructural consiste en una matriz de puntuaciones de riesgo estructural básico (una para cada tipo de edificio y su sistema sísmico resistente a la fuerza lateral asociado) y modificadores de puntuación, para tener en cuenta los atributos observados que modifican el comportamiento sísmico.

La vulnerabilidad sísmica se determina mediante el puntaje estructural final ( $S$ ), si el resultado de la evaluación es mayor o igual que dos ( $S \geq 2$ ), la edificación tiene un adecuado comportamiento sísmico; si el resultado es menor a dos y mayor a cero ( $0 < S < 2$ ) la estructura tiene un regular comportamiento sísmico; y si el puntaje estructural final es negativo, la estructura tiene un débil comportamiento sísmico, entonces es necesario una evaluación más detallada y revisión de los planos estructurales. El índice 2 significa que la edificación tiene una probabilidad de 1 a 100 de que colapse (Fernández y Parraga 2013).



## **C. Elementos del formulario FEMA 154**

El ítem C ha sido extraído del ATC 21 (2002: 11-41).

### **a. Identificación del edificio**

Los datos de identificación del edificio se desarrollan durante la etapa de planificación previa o se completan en campo, se registra la siguiente información:

- Dirección, la identificación y ubicación del edificio es de importancia para el uso posterior en la evaluación de riesgos.
- Código postal, es útil para la recopilación posterior y análisis resumidos.
- Otras identificaciones.
- Pisos, la altura de una estructura a veces está relacionada con la cantidad de daño que puede sufrir. En suelos blandos, un edificio alto puede experimentar sacudidas considerablemente más fuertes y de mayor duración que un edificio más corto del mismo tipo.
- Año de construcción, la edad puede ser un factor para determinar el tipo de construcción y, por lo tanto, puede afectar los puntajes finales. Ciertas partes de la estructura pueden haber sido diseñadas y construidas antes que otras. Si este fuera el caso, las fechas de construcción se pueden indicar en la sección de comentarios o en el boceto.
- Evaluador, fecha, área total de planta (m<sup>2</sup>), nombre del edificio y uso.

### **b. Boceto en planta y elevación del edificio**

Se debe dibujar un boceto en planta y elevación del edificio. El boceto debe tener en cuenta y enfatizar características especiales tales como grietas significativas existentes o problemas de configuración. Las dimensiones deben ser incluidas.

### **c. Ocupación del edificio**

Se necesitan dos conjuntos de información relativos a la ocupación: uso del edificio y número estimado de personas que ocupan el edificio.

### **c.1. Clase de ocupación**

Se han definido nueve clases de uso del edificio, como: sala pública, comercial, servicios de emergencia, gobierno, histórico, industrial, oficina, residencial, edificios escolares.

Si hay varios tipos de usos en el edificio, como comercial y residencial, ambos deben estar rodeados por un círculo. Si ninguna de las clases definidas parece ajustarse al edificio, se indica el uso en la parte superior derecha del formulario o se incluye una explicación en la sección de comentarios. Los usos de los edificios de la presente investigación, se describen a continuación:

- **Servicios de emergencia.** Se define como cualquier instalación que probablemente se necesitaría en una gran catástrofe. Estos incluyen estaciones de policía y bomberos, hospitales y centros de comunicaciones.
- **Oficina.** Los edificios de oficinas típicas tienen función administrativa.
- **Residencial.** Esta clase de ocupación se refiere a edificios residenciales como casas, casas adosadas, dormitorios, moteles, hoteles, apartamentos y condominios, y residencias para ancianos o discapacitados.

### **c.2. Número estimado de personas que ocupan el edificio**

El número de personas que ocupan el edificio, se define en rangos tales como 1-10, 11-100, 101-1000 y más de 1000 ocupantes. El rango que mejor describe la ocupación promedio del edificio se encierra en un círculo.

### **d. Tipo de suelo**

El tipo de suelo debe identificarse y documentarse en el formulario de recopilación de datos, durante la fase de adquisición y revisión de datos de suelos o identificarlo durante la visita al sitio de construcción.

El método FEMA 154 clasifica los suelos en 6 tipos como se indica en la Tabla 2.3, esta clasificación en comparación con la NTE.030 también considera la Velocidad Promedio de las Ondas de Corte “Vs”, el Promedio Ponderado del Ensayo Estándar de Penetración “N<sub>60</sub>” y el Promedio Ponderado de la Resistencia al Corte en Condición no Drenada “Su”.

**Tabla 2.3.** Tipos de suelo y parámetros

<b>Tipo de perfil</b>	<b>Descripción</b>	<b>Vs</b> (Velocidad de onda de corte) en m/s	<b>N</b> (Número de golpes del ensayo)	<b>Su</b> (Resistencia al corte sin drenar)	<b>Características y ejemplo</b>
A	Perfil de roca dura	$vs \geq 1500$			Roca dura
B	Perfil de roca de rigidez media	$1500 > vs \geq 760$			Roca de rigidez media
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de corte. Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios.	$760 > vs \geq 360$	$N \geq 50$	Mayor que 100 kpa ( $\approx 1 \text{ kgf/cm}^2$ )	Gravas y arenas muy densas y compactas (GM, GP)
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de la onda de corte. Perfiles de suelos rígidos que cumplan con cualquiera de las dos condiciones.	$360 > vs \geq 180$	$50 > N \geq 15$	Entre 100 kPa ( $\approx 1 \text{ kgf/cm}^2$ ) y 50 kPa	Suelos granulados medianamente densos Suelos cohesivos de consistencia dura (SM, SC)
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de corte. Perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas.	$180 > vs$	$N < 15$	Menor de 50 kPa ( $\approx 0,5 \text{ kgf/cm}^2$ )	Suelos granulares poco densos, suelos cohesivos blandos o semi duros (ML, CL)
F	Los suelos requieren evaluaciones de sitio específico F1 - Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como: suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc. F2 - Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H > 3 m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas). F3 - Arcillas de muy alta plasticidad (H > 7,5 m con Índice de Plasticidad IP > 75) F4 - Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (H > 36 m)				

**Fuente:** Tomado de Fernandez y Parraga 2013: 56

#### **e. Elementos no estructurales con riesgo de caer**

Los elementos no estructurales con riesgo de caer, pueden presentar riesgos para la vida si no están anclados adecuadamente al edificio. Los elementos no estructurales con riesgo de caer de mayor preocupación son:

- Muros no reforzados. Son comunes en mamposterías antiguas y viviendas con marcos de madera.
- Parapetos. Los parapetos a menudo existen en tres lados del edificio, y su altura puede ser visible desde la parte posterior de la estructura.
- Revestimiento pesado. Los elementos grandes y pesados de revestimiento, generalmente prefabricados de concreto o piedra tallada, pueden caerse del edificio durante un sismo si no están bien anclados. Los muros cortina de vidrio no se consideran revestimientos pesados.

Si hay otros riesgos de caídas, se debe verificar la casilla "Otro" y el tipo de peligro indicado en la línea debajo de este cuadro. Se usa la sección de comentarios si se requiere espacio adicional.

#### **f. Identificación del tipo de estructura y puntaje básico**

El procedimiento del ATC 21 - FEMA 154 considera quince tipos de sistemas estructurales, los cuales se detallan a continuación (los códigos de referencia alfanuméricos utilizados en el formulario de recopilación de datos se muestran entre paréntesis):

1. Estructura de madera residenciales y comerciales (W1).
2. Estructura de madera (W2).
3. Estructura de acero resistente a momento (S1).
4. Estructura de acero arriostrada (S2).
5. Estructura de metal ligero (S3).
6. Estructura de acero de muros de corte y concreto reforzado (S4).
7. Estructura de acero con muros de relleno de albañilería no reforzada (S5).
8. Estructura de pórticos de concreto armado (C1).
9. Estructura de pórticos de concreto armado con placas (C2).

10. Estructura de pórticos de concreto armado con muros de relleno confinado (C3).
11. Estructura de concreto prefabricado (PC1).
12. Estructura de concreto armado prefabricado (PC2).
13. Edificios de albañilería reforzada con suelo flexible y diafragmas de techo (RM1).
14. Edificios de albañilería reforzada con suelo rígido y diafragmas de techo (RM2).
15. Edificios de pared de apoyo de mampostería no reforzada (URM).

Para cada uno de estos quince tipos de construcción, hay un puntaje de riesgo estructural básico que refleja la probabilidad estimada de que el colapso del edificio ocurrirá si el edificio está sujeto a movimientos sísmicos severos. Los puntajes estructurales básicos se proporcionan en cada formulario de recopilación de datos.

#### **f.1. Identificación del tipo de estructura**

Se identifica el tipo de estructura, y se ubica el código alfanumérico apropiado en el formulario de recopilación de datos.

#### **f.2. Inspecciones interiores**

Siempre que sea posible, el evaluador debe buscar acceso al interior del edificio para identificar o verificar el sistema estructural del edificio.

#### **f.3. Edificios con más de un sistema estructural**

En algunos casos, los edificios que tienen más de un sistema estructural, debe evaluarse para todos los tipos de sistemas estructurales, y debe regir la puntuación estructural final más baja (S).

#### **g. Descripción de tipos de estructuras según ATC 21 - FEMA 154**

Los tipos de estructuras que describen las características estructurales de los edificios evaluados se presentan en la Tabla 2.4.

La clasificación del sistema estructural de pórticos de concreto armado (C1) y pórticos de concreto armado con placas (C2) que considera el ATC 21 - FEMA 154, es semejante a la clasificación que realiza la NTE.030 referente al sistema estructural de concreto armado (ver Tabla 2.13).

**Tabla 2.4.** Descripciones de tipos de estructuras según ATC 21 - FEMA 154

Identificador de Edificio	Fotografía	Puntuación básica de riesgo estructural	Características y Rendimiento
W1		<p>H = 4,4 M = 5,2 L = 7,4</p>	<p>Los materiales de acabado exterior más comunes son el revestimiento de madera, el revestimiento de metal o el estuco.</p>
W2		<p>H = 3,8 M = 4,8 L = 6,0</p>	<p>Tipo de estructura que se usa para grandes edificios de apartamentos, edificios comerciales o estructuras industriales.</p>
S1		<p>H = 2,8 M = 3,6 L = 4,6</p>	<p>Tipo de estructura que se usa para edificios comerciales, institucionales y públicos.</p>
S2		<p>H = 3,0 M = 3,6 L = 4,8</p>	<p>Al ocurrir un sismo los marcos arriostrados sufren daños en las conexiones de las abrazaderas, especialmente en los niveles inferiores.</p>

Continuación **Tabla 2.4.** Descripciones de tipos de estructuras según ATC 21 - FEMA 154




Identificador de Edificio	Fotografía	Puntuación básica de riesgo estructural	Características y Rendimiento
S3		<p>H = 3,2 M = 3,8 L = 4,6</p>	<p>Los edificios de metal ligero pueden tener muros de mampostería de altura parcial.</p>
S4		<p>H = 2,8 M = 3,6 L = 4,8</p>	<p>Las cargas laterales son resistidas por los muros de corte.</p>
S5		<p>H = 2,0 M = 3,6 L = 5,0</p>	<p>Las columnas de acero son relativamente delgadas y pueden estar ocultas en las paredes.</p>
C1		<p>H = 2,5 M = 3,0 L = 4,4</p>	<p>La rigidez relativamente baja del marco, puede conducir a un daño no estructural sustancial.</p>

Continuación **Tabla 2.4.** Descripciones de tipos de estructuras según ATC 21 - FEMA 154

Identificador de Edificio	Fotografía	Puntuación básica de riesgo estructural	Características y Rendimiento
C2		<p>H = 2,8 M = 3,6 L = 4,8</p>	<p>El daño comúnmente observado en edificios más altos se debe a discontinuidades, golpes y configuraciones irregulares.</p>
C3		<p>H = 1,6 M = 3,2 L = 4,4</p>	<p>Las paredes de relleno tienden a pandearse y caerse fuera del plano, cuando se las somete a un fuerte movimiento sísmico.</p>
PC1		<p>H = 2,6 M = 3,2 L = 4,4</p>	<p>Edificios de uno o dos pisos y tienen forma rectangular en planta. El techo puede ser un diafragma de madera, soportado en el interior del edificio sobre columnas de tubos de acero.</p>
PC2		<p>H = 2,4 M = 3,2 L = 4,6</p>	<p>Las conexiones mal diseñadas, entre elementos prefabricados, pueden fallar.</p>



Continuación **Tabla 2.4.** Descripciones de tipos de estructuras según ATC 21 - FEMA 154

Identificador de Edificio	Fotografía	Puntuación básica de riesgo estructural	Características y Rendimiento
RM1		<p>H = 2,8 M = 3,6 L = 4,8</p>	<p>Las paredes son de ladrillo o bloque de hormigón. Los sistemas de piso y techo más comunes son madera, acero ligero o concreto prefabricado.</p>
RM2		<p>H = 2,8 M = 3,4 L = 4,6</p>	<p>Las paredes son de ladrillo o bloque de concreto. Los sistemas de piso y techo más comunes son madera, acero ligero o concreto prefabricado.</p>
URM		<p>H = 1,8 M = 3,4 L = 4,6</p>	<p>El rendimiento es pobre debido a la falta de anclaje de las paredes a los pisos y el techo, el mortero blando y los pilares estrechos entre las aberturas de las ventanas.</p>

Nota 1: La puntuación básica de riesgo estructural depende de la sismicidad de la zona de estudio, clasificada en tres niveles según el ATC 21 - FEMA 154, alta, moderada y baja (H, M, L respectivamente).

**Fuente:** Adaptado de ATC 21 2002: 26-34

## **h. Modificadores de puntuación**

El formulario de recopilación de datos considera los principales factores que afectan significativamente el comportamiento estructural, durante los sismos, y la asignación de modificadores de puntuación relacionados con cada uno de estos factores (atributos).

Las siguientes son descripciones de cada atributo, para identificarlos en campo. Si un atributo no se aplica a un tipo de edificio determinado, el modificador de puntuación se indica con "N/A", que indica "No Aplicable".

**Edificios de mediana altura.** Si el edificio tiene de 4 a 7 pisos, se considera un edificio de mediana altura.

**Edificios de gran altura.** Si el edificio tiene 8 o más pisos, se considera un edificio de gran altura.

**Irregularidad vertical.** Los ejemplos de irregularidades verticales incluyen edificios en las laderas y edificios con piso blando. Se aplica el modificador si el edificio tiene una forma irregular en alzado.

**Irregularidad en planta.** La irregularidad en planta puede ocurrir en todos los tipos de edificios. El daño en las conexiones, puede reducir significativamente la capacidad de un elemento portador de carga vertical, lo que lleva a un colapso parcial o total.

**Pre – Código.** Este modificador de puntuación se aplica para edificios en regiones de sismicidad alta y moderada. Se considera si el edificio que se proyectó fue diseñado y construido antes de la adopción de códigos sísmicos aplicables para ese tipo de construcción.

**Post – Benchmark.** Este modificador de puntaje se aplica si el edificio fue diseñado y construido después de que los códigos sísmicos sean actualizados, para ese tipo de construcción.

**Tipo de suelo C, D o E.** No existe un Modificador de Puntuación para el suelo Tipo F porque los edificios en el Tipo de suelo F no pueden ser seleccionados de manera efectiva por el procedimiento de ATC 21 - FEMA 154.

### **i. Puntaje final**

El puntaje estructural final (S) se determina, al sumar (o restar) los modificadores de puntuación, al puntaje de peligro estructural básico para el edificio. Con base en esta información, el evaluador luego decide si se requiere una evaluación detallada para el edificio.

### **j. Fotografía del edificio**

Debe tomarse al menos una fotografía del edificio, con fines de identificación.

### **k. Sección de comentarios**

Esta última sección es para registrar cualquier comentario con respecto a la construcción, ocupación, condición o calidad de los datos.

## **2.2.9. Método de Hirosawa**

El método propuesto por Hirosawa es utilizado oficialmente en Japón por el Ministerio de Construcción, en la evaluación de la seguridad sísmica de edificios de concreto armado. El método recomienda tres niveles de evaluación, que van de lo simple a lo detallado, y se basa en el análisis del comportamiento sísmico de cada piso del edificio en las direcciones principales de la planta (OPS 2004: 140).

El método fue propuesto originalmente para ser utilizado en edificios de concreto armado de altura media existentes o dañados, del orden de seis a ocho pisos estructurados con muros o pórticos. En estudios más recientes el método se ha aplicado a edificios mixtos de concreto armado y albañilería (OPS 2004: 140).

Este método considera la resistencia de la estructura, su configuración geométrica, el nivel de daños actuales, y otros parámetros en la evaluación del Índice de Vulnerabilidad Estructural ( $I_S$ ), que indica una medida de la resistencia del sistema. Este índice es comparado con el Índice de Juicio Estructural ( $I_{SO}$ ), que está relacionado directamente con la excitación sísmica extrema que podría presentarse en el sistema (Ugarte *et al.* 1997).

La OPS (2004: 140) establece la vulnerabilidad estructural de la siguiente manera:

1. Si  $I_S \geq I_{S0}$  se puede considerar que el edificio tiene un comportamiento sísmico seguro frente a un evento sísmico.
2. Si  $I_S < I_{S0}$  se puede considerar que el edificio tiene un comportamiento incierto frente a un evento sísmico y, por lo tanto, se considera como inseguro.

### **A. Cálculo del Índice de Vulnerabilidad Estructural, $I_S$**

El ítem A ha sido extraído de la OPS (2004: 140-152). El Índice de Vulnerabilidad Estructural se calcula mediante la ecuación siguiente:

$$I_S = E_0 \cdot S_D \cdot T \quad (2.1)$$

Donde:

$E_0$ : Índice sísmico básico de comportamiento estructural.

$S_D$ : Índice de configuración estructural.

$T$ : Índice de deterioro de la edificación.

#### **A.1. Cálculo de $E_0$**

Al aplicar el primer nivel de evaluación, el término  $E_0$  se determina a partir de la resistencia última de corte de cada piso. Esta resistencia se calcula para cada dirección de la planta por la suma de los productos del área de la sección transversal de un muro o columna y de su resistencia de corte, reduciendo este producto por un factor ( $\alpha_i$ ) que considera la presencia de elementos que alcanzan su resistencia a un nivel de deformación menor que el resto de los elementos sismorresistentes como, por ejemplo, columnas cortas o muros de albañilería, reforzados o no, si se comparan con muros o columnas de concreto armado.

El índice  $E_0$  es proporcional al producto del coeficiente de resistencia (C) y de ductilidad (F).

$$E_0 \propto C \cdot F \quad (2.2)$$

Para el cálculo de  $E_0$ , todo elemento que forma parte de la estructura sismorresistente debe clasificarse en alguna de las categorías siguientes:

- i. Columnas cortas de concreto armado. Son todas las columnas en las que la relación  $h/b$ , entre la altura libre (h) y el ancho de la sección transversal (b), es igual o menor que 2. El comportamiento sísmico de estas columnas está

controlado por una falla de corte frágil que se caracteriza por el reducido nivel de deformación en el que se alcanza la resistencia y por la baja capacidad de deformación inelástica.

- ii. Columnas de concreto armado. Son todas las columnas en las que la relación  $h/b$  es mayor que 2.
- iii. Muros de concreto armado. Son los elementos de concreto armado con una sección transversal en que la relación entre el lado mayor y el lado menor de la sección transversal es mayor que 3.
- iv. Muros de relleno de albañilería. Son aquellos muros de albañilería, normalmente con escaso o ningún refuerzo, ubicados en el interior de los vanos de la subestructura resistente (pórticos) sin aislarlos de ella.
- v. Muros de albañilería armada o muros de albañilería confinada con elementos esbeltos de concreto armado, pilares y cadenas.

Los muros considerados corresponden a aquellos muros que se han diseñado y construido en forma tal que puedan transmitir cargas horizontales y verticales de un nivel al nivel inferior y a la fundación; no se consideran aquellos muros que sólo resisten las cargas provenientes de su propio peso, como son parapetos y tabiques de relleno o divisorios aislados de la estructura sismorresistente.

El índice  $E_0$  se calcula con la ecuación siguiente:

$$E_0 = \frac{(n_p + 1)}{(n_p + i)} \cdot \{\alpha_1 \cdot (C_{mar} + C_{sc} + C_a + C_{ma}) + \alpha_2 \cdot C_w + \alpha_3 \cdot C_c\} \cdot F \quad (2.3)$$

Donde:

$\alpha_i$ : Factor de reducción de la capacidad resistente de acuerdo con el nivel de deformación en que alcanzan la resistencia los elementos que controlan el comportamiento sísmico. Los valores de estos factores se entregan en la Tabla 2.5 cuando la capacidad sísmica está controlada por los elementos más frágiles (Tipo A), los menos frágiles (Tipo B) y los dúctiles (Tipo C) respectivamente.

$n_p$ : Número de pisos del edificio.

$i$ : Piso que se evalúa.

$C_{mar}$ : Índice de resistencia proporcionada por los muros de relleno de albañilería.

$C_{sc}$ : Índice de resistencia proporcionada por las columnas cortas de concreto armado.

$C_a$ : Índice de resistencia proporcionada por los muros de albañilería no reforzada o parcialmente confinada.

$C_{ma}$ : Índice de resistencia proporcionada por los muros de albañilería confinada.

$C_w$ : Índice de resistencia proporcionada por los muros de concreto armado.

$C_c$ : Índice de resistencia proporcionada por las columnas no cortas de concreto armado.

F: Índice de ductilidad asociado a los elementos verticales.

$F = 1,0$  si  $C_{mar}$ ,  $C_a$  y  $C_{sc}$  son iguales a cero.

$F = 0,8$  si  $C_{mar}$ ,  $C_a$  y  $C_{sc}$  son distintos de cero.

En caso de que los muros de albañilería confinada controlen la capacidad resistente, el valor de F es igual a 1,0 considerando la capacidad de deformación inelástica que se logra con los elementos de confinamiento.

La capacidad sísmica debe calcularse en primer lugar considerando la falla de elementos más frágiles; sin embargo, si la falla de este grupo no produce inestabilidad del sistema, la capacidad sísmica debe calcularse considerando el próximo grupo y despreciando la resistencia de los elementos que han fallado.

**Tabla 2.5.** Valores de los coeficientes  $\alpha_1$

Tipo	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	Modo de falla
<b>A</b>	1,00	0,70	0,50	Muros de rellenos de albañilería o columnas cortas o muros de albañilería no reforzada y parcialmente confinada o muros de albañilería confinada controlan la falla.
<b>B</b>	0,00	1,00	0,70	Muros de concreto armado controlan la falla.
<b>C</b>	0,00	0,00	1,00	Columnas de concreto armado controlan la falla.

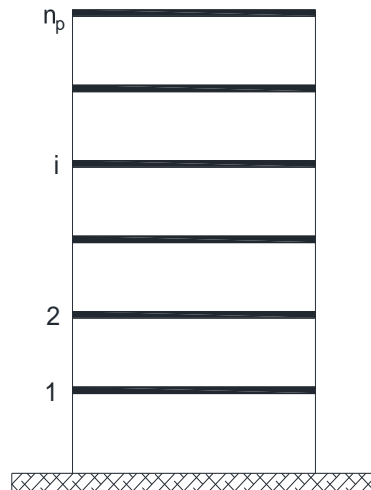
**Fuente:** Tomado de OPS 2004: 143

En la Tabla 2.5 se observa que el modo de falla depende del sistema estructural del edificio, esta consideración tiene similitud al ítem de sistemas estructurales de concreto armado, definido en la NTE.030, en el tipo B y C, referente a muros estructurales y pórticos respectivamente (ver Tabla 2.13).

El término  $(n_p+1) / (n_p+i)$  considera la relación entre el coeficiente de corte basal y el coeficiente de corte del piso  $i$ , cuando estos esfuerzos de corte se establecen en función del peso del edificio por sobre el nivel considerado (ver Figura 2.6).

Los índices de resistencia ( $C$ ) se han determinado considerando las características de refuerzo de los muros de concreto armado construidos en Chile (cuantía y modalidad de refuerzo), lo que incorpora modificaciones en las expresiones propuestas por Hirosawa e Iglesias. Para los muros de albañilería se usa la resistencia propuesta por Iglesias para los muros de relleno (muros tipo diafragma), y la resistencia de agrietamiento diagonal recomendada por Raymondi para los muros de albañilería confinada.

**Figura 2.6.** Determinación de los coeficientes  $i$ ,  $n_p$



Las ecuaciones usadas son:

$$C_{mar} = \frac{0,6 \cdot 0,85 \cdot \tau_0 \cdot \sum A_{mar}}{\sum_{j=i}^{n_p} W_j} \quad (2.4)$$

$$C_{sc} = \frac{f'_c}{200} \cdot \frac{15 \cdot \sum A_{sc}}{\sum_{j=i}^{n_p} W_j} \quad (2.5)$$

$$C_{ma} = \frac{0,6 \cdot (0,45 \cdot \tau_0 + 0,25 \cdot \sigma_0) \cdot \sum A_{ma}}{\sum_{j=i}^{n_p} W_j} \quad (2.6)$$

$$C_a = C_{ma} \quad (2.7)$$

$$C_w = \frac{f'_c}{200} \cdot \frac{30 \cdot \sum A_{m_1} + 20 \cdot \sum A_{m_2} + 12 \cdot \sum A_{m_3} + 10 \cdot \sum A_{m_4}}{\sum_{j=i}^{n_p} W_j} \quad (2.8)$$

$$C_c = \frac{f'_c}{200} \cdot \frac{10 \cdot \sum A_{c_1} + 7 \cdot \sum A_{c_2}}{\sum_{j=i}^{n_p} W_j} \quad (2.9)$$

$$\sigma_0 = Pu/A \quad (2.10)$$

Donde:

$f'_c$  = Resistencia cilíndrica a la compresión del concreto.

$\sum A_{mar}$  = Suma de las áreas de los muros de relleno de albañilería del piso en evaluación en la dirección analizada.

$\sum A_{sc}$  = Suma del área de las columnas cortas de concreto armado del piso en evaluación.

$\sum A_{ma}$  = Suma de las áreas de los muros de albañilería confinada del piso en evaluación en la dirección analizada.

$\sum A_{m_1}$  = Suma de las áreas de los muros de concreto armado del piso en evaluación con columnas en ambos extremos, con cuantía de refuerzo horizontal igual o mayor que 1,2 % y una esbeltez (H/L) del muro mayor que 2. En estos muros la resistencia al corte está controlada por la resistencia de aplastamiento de la diagonal comprimida debido a su alta cuantía de refuerzo horizontal.

$\sum A_{m_2}$  = Suma de las áreas de los muros de concreto armado del piso en evaluación con columnas en ambos extremos y cuantía de refuerzo horizontal mínima. En estos muros la resistencia al corte es proporcionada principalmente por la armadura horizontal.

$\sum A_{m_3}$  = Suma de las áreas de los muros de concreto armado del piso en evaluación, sin columnas o con una columna en alguno de sus extremos, una esbeltez del muro igual o menor que 2 y una cuantía de armadura mínima. En estos muros la resistencia al corte está definida por la carga de agrietamiento diagonal del concreto, debido a su reducida cuantía de armadura de refuerzo.



$\sum A_{m_4}$  = Suma de las áreas de los muros de concreto armado del piso en evaluación, sin columnas o con una columna en alguno de sus extremos y una esbeltez del muro mayor que 2. En estos muros la resistencia al corte está dada por las ecuaciones de la norma ACI 318.

$\sum A_{c1}$  = Suma del área de las columnas de concreto armado donde la relación entre la altura libre (h) y el ancho (b) es menor que 6.

$\sum A_{c2}$  = Suma del área de las columnas de concreto armado donde la relación entre la altura libre (h) y el ancho (b) es igual o mayor que 6.

$W_j$  = Peso del piso j.

$\tau_0$  = Resistencia al corte de la albañilería.

$\sigma_0$  = Esfuerzo axial que producen las cargas verticales de peso propio y las sobrecargas de uso.

L = Largo del muro.

H = Altura del piso si L es igual o mayor que 3 m, o altura libre del muro si L es menor que 3 m.

$P_u$  = Fuerza axial en la columna.

A = Área de la sección transversal de la columna.

La NTE.060 indica que la función principal de los muros estructurales es la de resistir fuerzas horizontales en su plano originadas por la acción de los sismos, respecto a esto el Método de Hirosawa, para el coeficiente  $\sum A_{m_2}$ , indica que en los muros estructurales la resistencia al corte es proporcionada principalmente por la armadura horizontal.

Para el coeficiente  $\sum A_{m_4}$ , el Método de Hirosawa señala que en los muros estructurales la resistencia al corte está dada por las ecuaciones de la norma ACI 318, definición similar que sostiene la NTE.060; porque la resistencia al cortante depende de la resistencia proporcionada por el concreto y la resistencia proporcionada por el refuerzo.

La resistencia al corte de la albañilería ( $\tau_0$ ) y el esfuerzo axial ( $\sigma_0$ ), que considera el Método de Hirosawa, también se definen en la NTE.070.

En estas ecuaciones las áreas se deben expresar en  $\text{cm}^2$ , las resistencias y esfuerzos en  $\text{kgf/cm}^2$ , y los pesos en  $\text{kgf}$ . Los coeficientes que acompañan a las áreas corresponden a la resistencia al corte de los diferentes tipos de elementos que forman el sistema sismorresistente, expresados en  $\text{kgf/cm}^2$ .

## A.2. Cálculo de $S_D$

Este coeficiente cuantifica la influencia de las irregularidades de la configuración estructural, y de la distribución de rigidez y de masa en el comportamiento sísmico de la edificación. La información para calcular  $S_D$  se obtiene principalmente de los planos estructurales y se complementa con visitas a terreno.

**Tabla 2.6.** Valores de los coeficientes  $G_i$  y  $R_i$

Ítems ( $q_i$ )	$G_i$			$R_i$
	1,0	0,9	0,8	
1. Regularidad	Regular ( $a_1$ )	Mediano ( $a_2$ )	Irregular ( $a_3$ )	1,0
2. Relación largo-ancho	$B < 5$	$5 < B < 8$	$B > 8$	0,5
3. Contratación de planta	$0,8 < c$	$0,5 < c < 0,8$	$c < 0,5$	0,5
4. Atrio o patio interior	$R_{ap} = 0,1$	$0,1 < R_{ap} < 0,3$	$0,3 < R_{ap}$	0,5
5. Excentricidad de atrio o patio interior	$f_1 = 0,4$ $f_2 = 0,1$	$f_1 < 0,4$ $0,1 < f_2 < 0,3$	$0,4 < f_1$ $0,3 < f_2$	0,25
6. Subterráneo	$1,0 < R_{as}$	$0,5 < R_{as} < 1,0$	$R_{as} < 0,5$	1,0
7. Junta de dilatación	$0,01 < s$	$0,005 < s < 0,01$	$s < 0,005$	0,5
8. Uniformidad de altura de piso	$0,8 < R_h$	$0,7 < R_h < 0,8$	$R_h < 0,7$	0,5

**Fuente:** Tomado de OPS 2004: 148

Hirosawa propone calcular  $S_D$  cuando se usa el primer nivel de evaluación de vulnerabilidad con la ecuación siguiente:

$$S_D = \prod_{i=1}^{1=8} q_i \quad (2.11)$$

Donde:

$$q_i = \{1,0 - (1 - G_i) \cdot R_i\} \text{ para } i = 1, 2, 3, 4, 5, 7 \text{ y } 8 \quad (2.12)$$

$$q_i = \{1,2 - (1 - G_i) \cdot R_i\} \text{ para } i = 6 \quad (2.13)$$

Los valores de  $G_i$  y  $R_i$  recomendados por Hirosawa se indican en la Tabla 2.6.

La descripción de cada una de las características es:

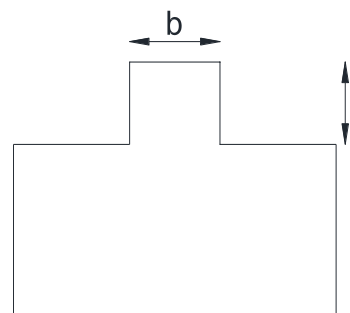
### 1. Regularidad $a_i$

$a_1$ : La planta es simétrica en cada dirección y el área de salientes ( $A_s$ ) es menor o igual al 10 % del área total ( $A_t$ ) de la planta. Estas salientes, son consideradas en el caso que  $l/b \geq 0,5$

$a_2$ : La planta no es regular, y el área de salientes es igual o menor que el 30 % del área de la planta. Dentro de esta categoría se encuentran las plantas tipo L, T, U y otras.

$a_3$ : La planta es más irregular que el caso  $a_2$ , y el área de salientes es mayor que el 30 % del área de la planta.

**Figura 2.7.** Regularidad en planta



**Fuente:** Tomado de OPS 2004: 148

### 2. Relación largo - ancho, B:

Razón entre la dimensión mayor ( $l$ ) y menor ( $b$ ) de la planta. En las plantas tipo L, T, U y similares, se considera el lado mayor como  $2 \cdot l$ , para  $l$  indicado en la Figura 2.8.

### 3. Contracción de planta, c:

La contracción de planta se calcula con la ec. (2.14):

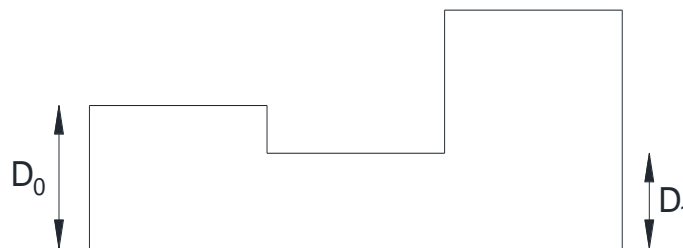
$$c = \frac{D_1}{D_0} \quad (2.14)$$

**Figura 2.8.** Longitud que se considera en las plantas tipo L, T, U y similares



**Fuente:** Tomado de OPS 2004: 149

**Figura 2.9.** Contracción en planta



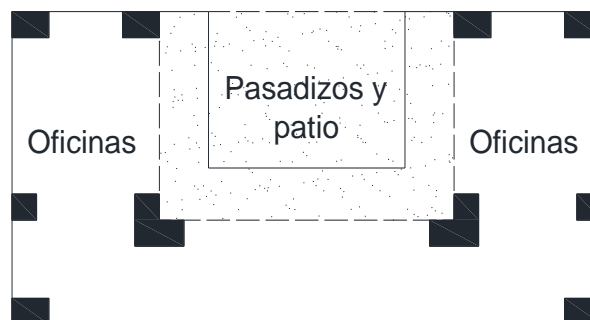
**Fuente:** Tomado de OPS 2004: 149

La NTE.030 determina la regularidad en planta con criterios como esquinas entrantes, discontinuidad del diafragma, sistemas no paralelos; el Método de Hirosawa compara el área de salientes con el área total, evalúa la forma del edificio y la contracción en planta.

#### 4. Atrio o patio interior, $R_{ap}$

Razón entre el área del atrio o patio ( $A_{patio}$ ) y el área total ( $A_{total}$ ) de la planta, incluida el área del atrio. Sin embargo, una caja de escaleras estructurada con muros de concreto armado no se considera en este análisis.

**Figura 2.10.** Relación de área de patio vs área total



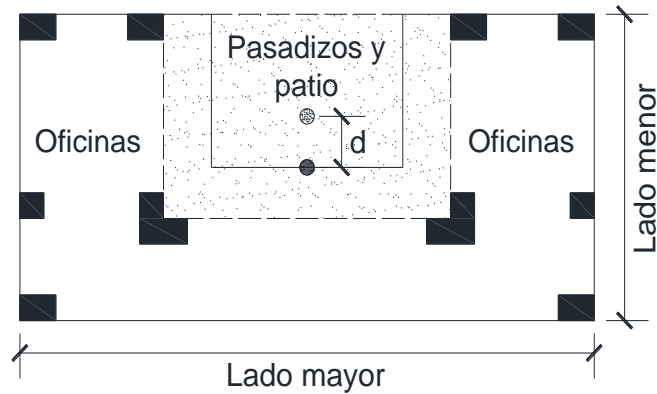
**Fuente:** Adaptado de Mattos 2014: 42

## 5. Excentricidad de atrio o patio interior, $f$ :

$f_1$ : Razón entre la distancia del centro de la planta al centro del atrio ( $d$ ) y la longitud menor de la planta.

$f_2$ : Razón entre la distancia del centro de la planta al centro del atrio ( $d$ ) y la longitud mayor de la planta.

**Figura 2.11.** Relación de excentricidad del patio interior con el área total

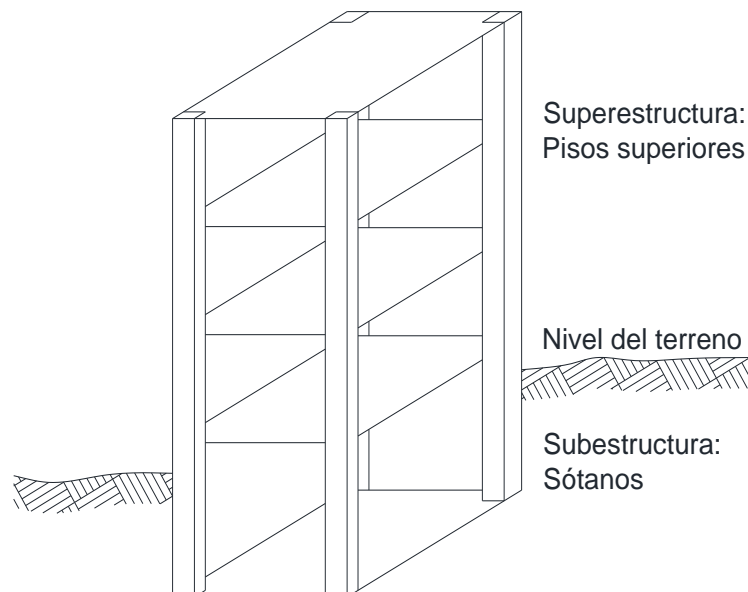


**Fuente:** Adaptado de Mattos 2014: 42

## 6. Subterráneo, $R_{as}$ :

Razón entre el área promedio de la planta de los subterráneos y el área promedio de la planta del edificio.

**Figura 2.12.** Relación de área promedio de sótanos y área promedio de pisos superiores

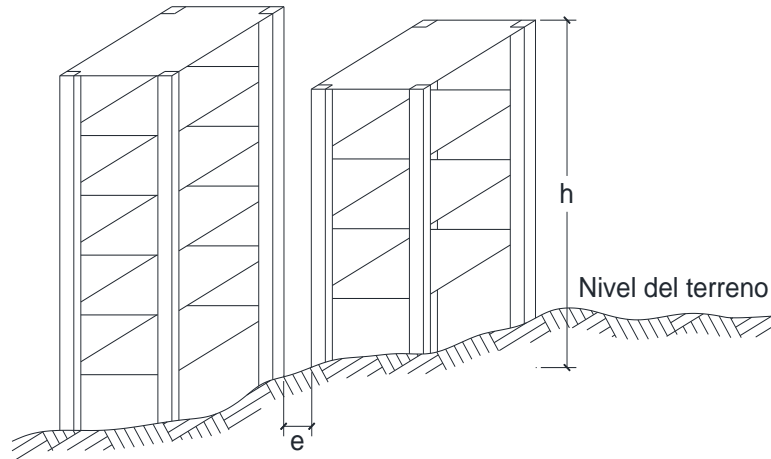


**Fuente:** Adaptado de Mattos 2014: 43

## 7. Junta de dilatación, $s$ :

Razón entre el espesor de la junta de dilatación sísmica ( $e_{\text{separación}}$ ) y la altura del nivel sobre el suelo donde se encuentra ( $h_{\text{edificio}}$ ).

**Figura 2.13.** Separación sísmica de edificios



**Fuente:** Adaptado de Mattos 2014: 43

## 8. Uniformidad de altura de piso, $R_h$ :

Razón entre la altura del piso inmediatamente superior al analizado y la altura de éste. Para el caso del piso superior, el piso inmediatamente superior de esta ecuación es reemplazado por el piso inmediatamente inferior.

Según Hirosawa, el valor de  $S_D$  se calcula usando el valor más desfavorable entre los obtenidos para la característica en los diferentes pisos, valor que se asume como representativo del edificio completo.

### A.3. Cálculo de T

Este índice cuantifica los efectos que produce el deterioro de la estructura, debido al paso del tiempo o bien a la acción de sismos pasados u otras acciones que puedan haberla afectado. El índice se calcula a partir de la información obtenida de las visitas al edificio y de la información que proporcione el propietario.

El índice T se determina con la Tabla 2.7; considerando que se usa un valor único del índice T para el edificio, este valor debe corresponder al menor valor obtenido de la Tabla 2.7.

El criterio de la clasificación del daño se muestra en Tabla 2.8.

**Tabla 2.7.** Valores del índice T para diferentes causas y tipos de deterioro

<b>Deformación permanente (T<sub>1</sub>)</b>	
<b>Característica</b>	<b>T<sub>1</sub></b>
El edificio presenta inclinación debido a asentamiento diferencial.	0,7
El edificio está construido sobre relleno artificial.	0,9
El edificio ha sido reparado debido a deformaciones presentadas anteriormente.	0,9
Tiene visible deformación de vigas o columnas.	0,9
No presenta signos de deformación.	1,0
<b>Grietas en muros o columnas debido a corrosión del acero de refuerzo (T<sub>2</sub>)</b>	
<b>Característica</b>	<b>T<sub>2</sub></b>
Presenta filtraciones con corrosión visible de armaduras.	0,8
Presenta grietas inclinadas visibles en columnas.	0,9
Presenta grietas visibles en muros.	0,9
Presenta filtraciones, pero sin corrosión de armaduras.	0,9
Nada de lo anterior.	1,0
<b>Incendios (T<sub>3</sub>)</b>	
<b>Característica</b>	<b>T<sub>3</sub></b>
Ha experimentado incendio, pero no fue reparado.	0,7
Ha experimentado incendio y fue adecuadamente reparado.	0,8
No ha experimentado incendio.	1,0
<b>Uso del cuerpo o bloque (T<sub>4</sub>)</b>	
<b>Característica</b>	<b>T<sub>4</sub></b>
Almacena sustancias químicas.	0,8
No contiene sustancias químicas.	1,0
<b>Tipo de daño estructural (T<sub>5</sub>)</b>	
<b>Característica</b>	<b>T<sub>5</sub></b>
Presenta daño estructural grave.	0,8
Presenta daño estructural fuerte.	0,9
Presenta daño estructural ligero o no estructural.	1,0

**Fuente:** Tomado de OPS 2004: 150-151

**Tabla 2.8.** Clasificación de daños causados por sismo.

Tipo de daño	Descripción
<b>No estructural</b>	Daños únicamente en elementos no estructurales.
<b>Estructural ligero</b>	Grietas de menos de 0,5 mm de espesor en elementos de concreto armado. Grietas de menos de 3 mm de espesor en muros de albañilería.
<b>Estructural fuerte</b>	Grietas de 0,5 al 1 mm de espesor en elementos de concreto armado. Grietas de 3 a 10 mm de espesor en muros de albañilería.
<b>Estructural grave</b>	Grietas de más de 1 mm de espesor en elementos de concreto armado. Aberturas en muros de albañilería. Aplastamiento del concreto, rotura de estribos y pandeo del refuerzo en vigas, columnas y muros de concreto armado. Agrietamiento de capiteles y consolas. Desplome de columnas. Desplome del edificio en más de 1 % de su altura. Asentamiento de más de 20 cm.

**Fuente:** Tomado de Iglesias *et al.* 1985: 21-22

## B. Cálculo del Índice de Juicio Estructural, $I_{SO}$

La OPS (2004: 152) indica que el Índice de Juicio Estructural se calcula con la ecuación siguiente:

$$I_{SO} = E_{SO} \cdot Z \cdot G \cdot U \quad (2.15)$$

Donde:

$E_{SO}$  = Resistencia sísmica básica requerida.

$Z$  = Factor de zona sísmica; su valor depende del peligro sísmico del lugar donde se ubica el edificio ( $0,5 \leq Z \leq 1$ ).

$G$  = Factor de influencia de las condiciones topográficas y geotécnicas.

$U$  = Factor de importancia del edificio por su uso.

El factor  $G$  se considera igual a 1,0 para condiciones topográficas sin pendiente e igual a 1,1 para zona de pendiente. El factor de importancia  $U$  se considera igual a 1,0 dado que las condiciones demandadas por el uso del edificio se consideran al establecer el valor de  $E_{SO}$  (OPS 2004: 153).

La ec. (2.15) tiene variables que se aplican al Código de Diseño Sismo Resistente de Japón. Para relacionar los Índices de Juicio Estructural de Perú y Japón, Luna Victoria Vera (1998: 85-94) indica el valor de la aceleración espectral ( $S_a$ ) según el Código de Japón, para sismo severo; y establece la relación que existe entre  $I_{SO}$  y  $S_a$  de la NTE.030 y el Código de Japón, como se muestra a continuación:



$$S_{a\text{Japón}} = 0,863 \cdot g \quad (2.16)$$

$$\frac{ISO_{\text{Perú}}}{ISO_{\text{Japón}}} = \frac{S_{a\text{Perú}}}{S_{a\text{Japón}}} \quad (2.17)$$

La NTE.030 (2016), establece que el valor de la aceleración espectral  $S_a$  se calcula con la siguiente ecuación:

$$S_{a\text{Perú}} = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot g \quad (2.18)$$

Donde:

$S_a$  = Espectro de pseudo aceleraciones.

Z = Factor de zona.

U = Factor de uso o importancia.

C = Factor de amplificación sísmica.

S = Factor de amplificación del suelo.

R = Coeficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas.

g = Aceleración de la gravedad.

A continuación, se describen los factores que se necesitan para calcular la aceleración espectral. Los ítems a, b, c, d, e, f, g, h se han extraído de la NTE.030 (2016).

### a. Factor de Zona (Z)

A cada zona del territorio peruano se asigna un factor Z según se indica en la Tabla 2.9. El factor Z se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad.

**Tabla 2.9.** Factor de Zona “Z”

Zona	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10

**Fuente:** Tomado de la NTE.030 2016

### b. Factor de Uso (U)

El factor de uso o importancia (U), definido en la Tabla 2.10 se usará según la clasificación que se haga.

**Tabla 2.10.** Categoría de las Edificaciones y Factor “U”

<b>Categoría</b>	<b>Descripción</b>	<b>Factor U</b>
<b>A</b> <b>Edificaciones</b> <b>Esenciales</b>	A1: Establecimientos de salud del Sector Salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud.	Ver nota 1
	A2: Edificaciones esenciales cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después de que ocurra un sismo severo tales como: - Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1. - Puertos, aeropuertos, locales municipales, centrales de comunicaciones. Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía. - Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua. Todas aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre, tales como instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades.	1,5
<b>B</b> <b>Edificaciones</b> <b>Importantes</b>	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas. También se considerarán depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.	1,3
<b>C</b> <b>Edificaciones</b> <b>Comunes</b>	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	1,0
<b>D</b> <b>Edificaciones</b> <b>Temporales</b>	Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares.	Ver nota 2

Nota 1: Las nuevas edificaciones de categoría A1 tendrán aislamiento sísmico en la base cuando se encuentren en las zonas sísmicas 4 y 3. En las zonas sísmicas 1 y 2, la entidad responsable podrá decidir si usa o no aislamiento sísmico. Si no se utiliza aislamiento sísmico en las zonas sísmicas 1 y 2, el valor de U será como mínimo 1,5.

Nota 2: En estas edificaciones deberá proveerse resistencia y rigidez adecuadas para acciones laterales, a criterio del proyectista.

**Fuente:** Adaptado de la NTE.030 2016

### c. Factor de Suelo (S)

La Norma considera cinco tipos de perfiles de suelo:

- Perfil Tipo S<sub>0</sub>: Roca Dura
- Perfil Tipo S<sub>1</sub>: Roca o Suelos Muy Rígidos
- Perfil Tipo S<sub>2</sub>: Suelos Intermedios
- Perfil Tipo S<sub>3</sub>: Suelos Blandos
- Perfil Tipo S<sub>4</sub>: Condiciones Excepcionales

Deberá considerarse el tipo de perfil que mejor describa las condiciones locales, utilizándose los valores del factor de amplificación del suelo S y de los periodos T<sub>P</sub> y T<sub>L</sub>, de las Tabla 2.11 y Tabla 2.12 respectivamente.

**Tabla 2.11.** Factor de Suelo "S"

Zona	Suelo			
	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
Z <sub>4</sub>	0,80	1,00	1,05	1,10
Z <sub>3</sub>	0,80	1,00	1,15	1,20
Z <sub>2</sub>	0,80	1,00	1,20	1,40
Z <sub>1</sub>	0,80	1,00	1,60	2,00

**Fuente:** Tomado de la NTE.030 2016

**Tabla 2.12.** Periodos "T<sub>P</sub>" y "T<sub>L</sub>"

	Perfil de Suelo			
	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
T <sub>P</sub> (s)	0,30	0,40	0,60	1,00
T <sub>L</sub> (s)	3,00	2,50	2,00	1,60

**Fuente:** Tomado de la NTE.030 2016

### d. Periodo Fundamental de Vibración (T)

El valor de T se estima con la siguiente expresión:

$$T = \frac{h_n}{C_T} \quad (2.19)$$

Donde:

C<sub>T</sub> = 35 Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean únicamente:

- a. Pórticos de concreto armado sin muros de corte.
- b. Pórticos dúctiles de acero con uniones resistentes a momentos, sin arriostramiento.

$C_T = 45$  Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean:

- a. Pórticos de concreto armado con muros en las cajas de ascensores y escaleras.
- b. Pórticos de acero arriostrados.

$C_T = 60$  Para edificios de albañilería y para todos los edificios de concreto armado duales, de muros estructurales, y muros de ductilidad limitada.

### e. Factor de Amplificación Sísmica (C)

El factor de amplificación sísmica se define por las siguientes expresiones:

$$T < T_P \quad C = 2,5 \quad (2.20)$$

$$T_P < T < T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_P}{T}\right) \quad (2.21)$$

$$T > T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_P \cdot T_L}{T^2}\right) \quad (2.22)$$

### f. Coeficiente Básico de Reducción de las Fuerzas Sísmica ( $R_0$ )

Los sistemas estructurales se clasifican según los materiales usados y el sistema de estructuración sismorresistente en cada dirección de análisis, tal como se indica en la Tabla 2.13.

**Tabla 2.13.** Sistemas Estructurales

Sistema Estructural	Coeficiente Básico de Reducción $R_0$
<b>Acero:</b>	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	7
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	6
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	8
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	6
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
<b>Concreto Armado:</b>	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
<b>Albañilería Armada o Confinada</b>	3
<b>Madera (Por esfuerzos admisibles)</b>	7

**Fuente:** Tomado de la NTE.030 2016

### g. Factores de Irregularidad ( $I_a$ , $I_p$ )

**Tabla 2.14.** Factor de Irregularidad  $I_a$

<b>Irregularidades Estructurales en Altura</b>	<b>Factor de Irregularidad <math>I_a</math></b>
Irregularidad de Rigidez – Piso Blando	0,75
Irregularidades de Resistencia – Piso Débil	
Irregularidad Extrema de Rigidez	0,50
Irregularidad Extrema de Resistencia	
Irregularidad de Masa o Peso	0,90
Irregularidad Geométrica Vertical	0,90
Discontinuidad en los Sistemas Resistentes	0,80
Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes	0,60

**Fuente:** Tomado de la NTE.030 2016

**Tabla 2.15.** Factor de Irregularidad  $I_p$

<b>Irregularidades Estructurales en Planta</b>	<b>Factor de Irregularidad <math>I_p</math></b>
Irregularidad Torsional	0,75
Irregularidad Torsional Extrema	0,60
Esquinas Entrantes	0,90
Discontinuidad del Diafragma	0,85
Sistemas no Paralelos	0,90

**Fuente:** Tomado de la NTE.030 2016

### h. Coeficiente de Reducción de las Fuerzas Sísmicas (R)

El coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas se determinará como el producto del coeficiente  $R_0$  determinado a partir de la Tabla 2.13 y de los factores  $I_a$ ,  $I_p$  obtenidos de la Tabla 2.14 y Tabla 2.15.

$$R = R_0 \cdot I_a \cdot I_p \quad (2.23)$$

### 2.2.10. Niveles de Vulnerabilidad Sísmica

Según Morales y Onuma (1997), los niveles de vulnerabilidad sísmica son:

**Alta:** cuando los efectos redundarían en inoperatividad absoluta del sistema durante la etapa de emergencia.

**Media:** cuando los efectos llevarían al sistema a un nivel de sub operatividad en el que no podría sostener el nivel de complejidad tecnológica que le fue asignado.

**Baja:** cuando los efectos no producirían menoscabo funcionalmente importante en el sistema.

### 2.2.11. Hospital Seguro

En el país de México, en febrero de 1996, durante la Conferencia Internacional sobre Mitigación de Desastres en Instalaciones de Salud, se suscribió el acuerdo de “Hospitales Seguros” entre el Director de la OPS y el Secretario de Salud de México; de esta manera se definió el concepto de Hospital Seguro (OPS 1997: 26), como aquel que podía garantizar dos condiciones (Morales-Soto y Sato-Onuma 2008: 227).

1. Que los eventuales daños causados por el impacto del desastre en sus componentes físicos no afectarían la integridad de sus ocupantes.
2. Que después del desastre seguiría funcionando para dar asistencia a la población afectada.

La primera está relacionada con cualidades físicas de la edificación que descansa en sus componentes estructural y no estructural, la responsabilidad sobre la seguridad de estos elementos está centrada en ingenieros, arquitectos, administradores y el personal de salud.

El envejecimiento e inadecuado mantenimiento de las instalaciones incide negativamente en su comportamiento ante demandas sísmicas de gran intensidad. Otras acciones, aparentemente inofensivas (como hacer modificaciones sobre el diseño original para mejorar su “funcionamiento”) pueden afectar la resistencia de las estructuras y con esto la seguridad de las instalaciones (Morales y Sato 1997).

La segunda condición sustenta el objetivo de diseño funcional del hospital y es un tema propio del equipo de salud, en él se centra la responsabilidad de su preservación y ejecución (Morales-Soto y Sato-Onuma 2008: 227).

En base a los acuerdos internacionales, en Perú el Ministerio de Salud con la cooperación de la OPS/OMS ha impulsado la implementación de la estrategia de Hospitales Seguros frente a los desastres. Esta campaña se enfoca en la seguridad estructural de los hospitales y establecimientos de salud, en mantener los establecimientos de salud funcionales durante y después de los desastres, y en asegurar que los trabajadores de salud estén preparados para cuando una amenaza natural produzca un desastre. Asimismo, la OPS/OMS ha desarrollado un “Índice de Seguridad Hospitalaria” que permite evaluar el nivel de seguridad existente en los establecimientos de salud en caso que sean afectados por un desastre.

### **2.3. Definición de Términos Básicos**

**Daño sísmico.** El daño es el grado de degradación o destrucción causado por un fenómeno peligroso sobre las personas, bienes, los bienes de prestación de servicios y los sistemas naturales o sociales. Desde el punto de vista estructural, generalmente se relaciona con deformaciones irreversibles (Bonett 2003: 19).

**Sistema de construcción en seco (Drywall).** Es el procedimiento ágil, limpio, resistente y económico de construir muros, entresijos, cielos rasos, bases de cubierta, fachadas y otros elementos de una edificación, utilizando una estructura o bastidor a manera de esqueleto metálico o de madera, que se arma con tornillos o clavos (UNSCH s.f.: 15).

**Sistema de muros estructurales.** También llamados muros de corte o placas, son sistemas de elevada rigidez y ductilidad, resisten las cargas laterales debidas a las acciones sísmicas y de viento, limitando los desplazamientos laterales de la estructura y permite gran disipación de energía (Briceño y Carreras 2013: 1).

**Sistema estructural aporricado.** Este sistema está conformado por vigas y columnas de concreto armado, las cuales están conectadas entre sí por medio de nudos rígidos que permiten la transferencia de los momentos flectores y cargas

axiales hacia las columnas; para el relleno de los pórticos se utiliza mampostería de bloque o ladrillo (Barros y Peñafiel 2015: 13).

**Sistema estructural dual.** Es un sistema estructural que tiene un pórtico espacial resistente a momentos y sin diagonales, combinado con muros estructurales o pórticos con diagonales. El pórtico resiste las cargas verticales y las fuerzas horizontales son resistidas por la combinación de muros estructurales. Los dos sistemas en conjunto resisten la totalidad del cortante sísmico en la base, en proporción a sus rigideces relativas (Perea 2012: 70).

**Vulnerabilidad sísmica.** La vulnerabilidad sísmica de un edificio, grupo de edificios o de una zona urbana completa se define como su predisposición intrínseca a sufrir daño ante la ocurrencia de un movimiento sísmico de una severidad determinada (Barbat 1998).



**CAPÍTULO III**  
**MATERIALES Y MÉTODOS**

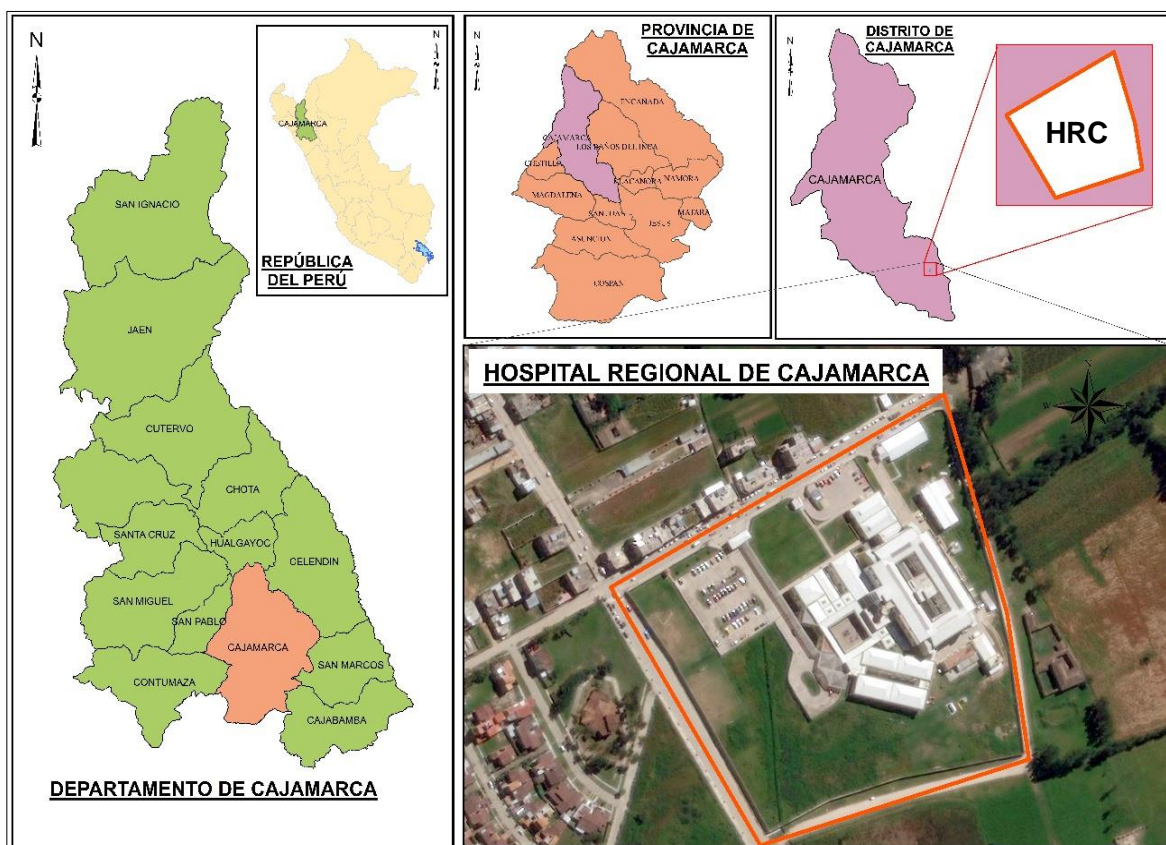
---

---

### 3.1. Ubicación Geográfica

El HRC se ubica en la Av. Larry Jhonson S/N, Barrio de Mollepampa, provincia y departamento de Cajamarca. Sus coordenadas geográficas son: 07°11'0,02" de latitud sur y 78°29'16,10" de longitud oeste, con altitud de 2686 m.s.n.m y las coordenadas UTM son: 777451,55E y 9205222,66N de acuerdo al DATUM WGS 84 – Hemisferio Sur, Huso 17 Zona M.

Figura 3.1. Ubicación geográfica del HRC.



### 3.2. Tiempo o época de la investigación

El estudio de la vulnerabilidad sísmica del Sector E y J del HRC, se realizó desde el mes de diciembre del 2017 hasta el mes de mayo del 2018.

### 3.3. Metodología

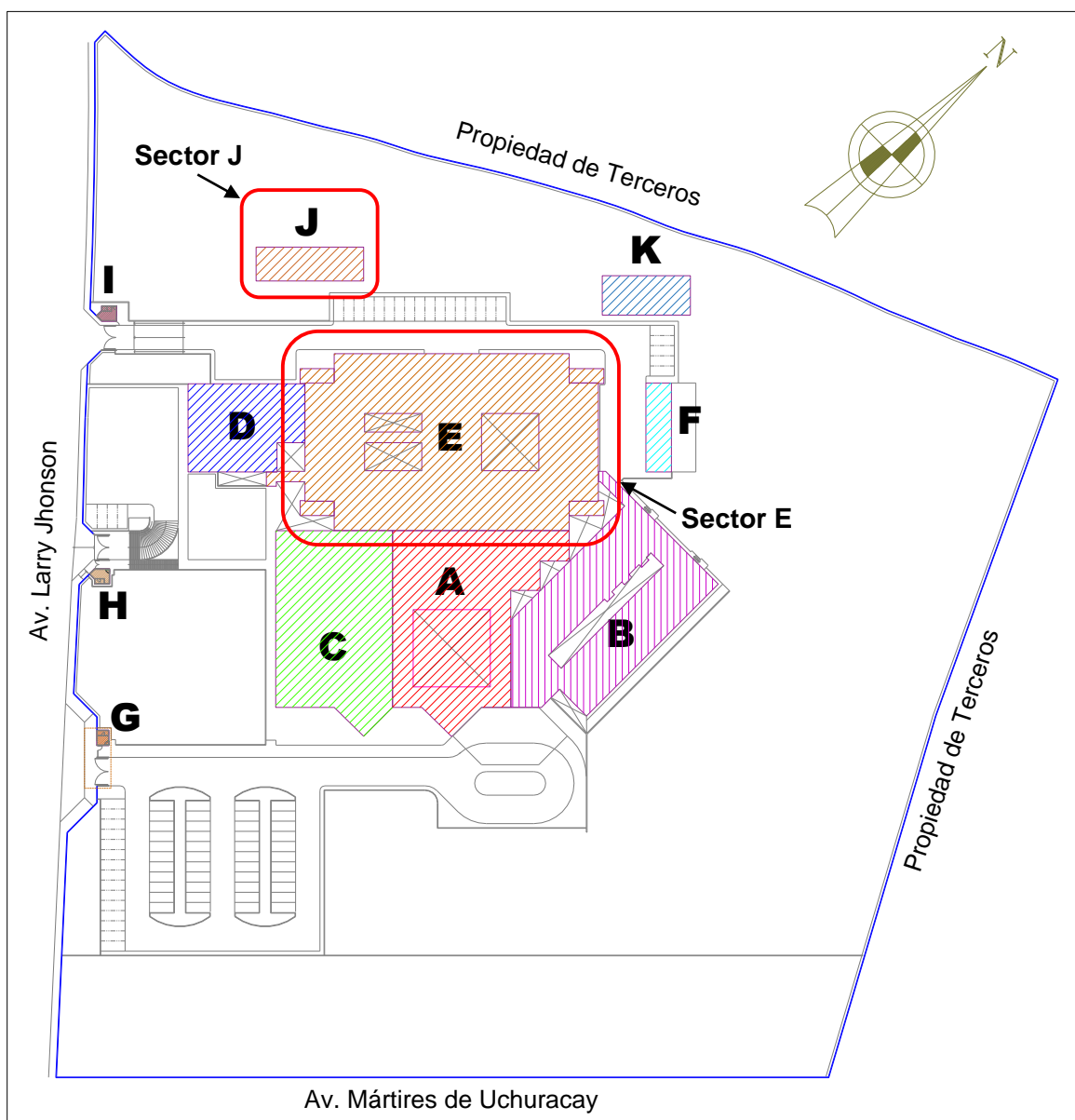
#### 3.3.1. Método de investigación

El método que se utilizó es tipo aplicativo, proyectivo, descriptivo y analítico. Diseño cualitativo, no experimental y transversal.

### 3.3.2. Población de estudio

La población de estudio es el HRC ubicado en el distrito de Cajamarca, compuesto por 12 sectores. El Plan Maestro de Inversiones (2014: 22), indica que el HRC ha sido categorizado como II-2 de acuerdo a lo indicado en la Resolución de Categorización N°443-2005-GR.CAJ/DRSDESP, de fecha 06.06.2005, y actualizada con la Resolución de Categorización N°1125-2014-GR.CAJ/DRS-DESP de fecha 29.09.2014.

**Figura 3.2.** Mosaico de sectores del HRC.



**Fuente:** Adaptado del Expediente Técnico del HRC

### **3.3.3. Muestra**

La selección de la muestra se realizó empleando un muestreo no probabilístico por conveniencia y está constituida únicamente por el Sector E y J del HRC.

### **3.3.4. Unidad de análisis**

La unidad de análisis es el módulo Sector E y J del HRC.

## **3.4. Procedimiento**

En la evaluación de la vulnerabilidad estructural se utilizó el Método ATC 21 - FEMA 154, que es un método cualitativo y el Método de Hirosawa, método cuantitativo, que se basa en el análisis del comportamiento sísmico de cada piso en las dos direcciones o líneas de resistencia del edificio.

Los resultados de la evaluación del componente estructural se usaron en el análisis de la vulnerabilidad no estructural y vulnerabilidad funcional; en ambos componentes se empleó la metodología de OPS/OMS, para determinar el nivel de vulnerabilidad.

El grado de vulnerabilidad sísmica se determinó considerando, en el resultado final, un peso relativo de cada componente: 50 % del componente estructural, 30 % del componente no estructural y 20 % del componente funcional (Chumacero 2009: 61).

### **3.4.1. Vulnerabilidad Sísmica**

En el estudio de cada componente de la vulnerabilidad sísmica, se consideró los siguientes datos preliminares:

#### **A. Normatividad**

- NTE.020 Cargas, del Reglamento Nacional de Edificaciones vigente.
- NTE.030 Diseño Sismorresistente, del Reglamento Nacional de Edificaciones vigente.
- NTE.060 Concreto Armado, del Reglamento Nacional de Edificaciones vigente.
- NTE.070 Albañilería, del Reglamento Nacional de Edificaciones, vigente.

## B. Especificaciones de los materiales

La resistencia mecánica del concreto de columnas, placas y vigas del Sector E se obtuvo de Díaz Tafur (2016); y para los demás datos, se tomó como referencia el Expediente Técnico del HRC (ver Tabla 3.1).

La unidad de albañilería usada en el Sector E y J del HRC, es Tipo V y peso específico igual a 1800 kg/cm<sup>3</sup>.

**Tabla 3.1.** Resistencia mecánica del concreto en Sector E y J

Edificio	Elemento	Valor (kg/cm <sup>2</sup> )
Sector E	Columnas y Placas	485
	Vigas	348
	Losa Aligerada y Escaleras	210
Sector J	Columnas	280
	Vigas	210
	Losa Aligerada y Escaleras	210

## C. Consideraciones Sísmicas

La ciudad de Cajamarca se encuentra ubicada en una zona Tipo 3, correspondiéndole un factor  $Z = 0,35$  (ver Tabla 2.9). El HRC es una edificación esencial, entonces le corresponde factor de uso  $U = 1,5$  (ver Tabla 2.10).

El estudio de suelos se consideró del Expediente Técnico y del Plan Maestro de Inversiones (2014 - 2034) del HRC, donde indica que el HRC posee un perfil de suelo  $S_2$ ; y para zona Tipo 3, el factor de suelo es  $S = 1,15$  (ver Tabla 2.11).

Para el perfil de suelo  $S_2$ , le corresponde los periodos  $T_p = 0,6$  y  $T_L = 2,0$  (ver Tabla 2.12). El Periodo Fundamental de Vibración ( $T$ ) se calcula de la ec. (2.19) los resultados se muestran en la Tabla 3.2.

**Tabla 3.2.** Periodo fundamental de vibración para el Sector E y J

	Sector E	Sector J
<b>h (m)</b>	20,17	5,80
<b><math>C_T</math></b>	60,00	35,00
<b>T (s)</b>	0,34	0,17

De acuerdo a las características de sitio, se define al factor de amplificación sísmica ( $C$ ) por la ec. (2.20), siendo para el edificio del Sector E y J:  $T < T_p$ ,  $C = 2,5$ .

El edificio del Sector E, presenta sistema estructural de concreto armado dual, entonces le corresponde Coeficiente Básico de Reducción de las Fuerzas Sísmica  $R_0 = 7$  (ver Tabla 2.13). El edificio del Sector J, presenta sistema estructural aporticado en el primer piso y sistema de construcción en seco (Drywall) en el segundo piso, entonces le corresponde  $R_0 = 8$  (ver Tabla 2.13).

El edificio del Sector E, presenta:

- Irregularidad Estructural en Altura ( $I_a$ ), el edificio presenta Irregularidad de Masa, entonces le corresponde  $I_a=0,90$  (ver Tabla 2.14).
- Irregularidad Estructural en Planta ( $I_p$ ), el edificio presenta Esquinas Entrantes, entonces le corresponde  $I_p=0,90$  (ver Tabla 2.15).

El edificio del Sector J, no presenta irregularidades.

El Coeficiente de Reducción de las Fuerzas Sísmicas (R) en el Sector E es  $R = 5,67$  y en el Sector J es  $R = 8$ , valores calculados con la ec. (2.23).

**Tabla 3.3.** Condiciones sísmicas del Sector E y J

Parámetro		Sector E	Sector J
Factor de Zona	Z	0,35	0,35
Factor de Uso	U	1,50	1,50
Factor de Suelo	S	1,15	1,15
Periodo Fundamental de Vibración	T	0,34	0,17
Factor de Amplificación Sísmica	C	2,50	2,50
Coeficiente Básico de Reducción de las Fuerzas Sísmica	$R_0$	7,00	8,00
Factores de Irregularidad en Altura	$I_a$	0,90	1,00
Factores de Irregularidad en Planta	$I_p$	0,90	1,00
Coeficiente de Reducción de las Fuerzas Sísmicas	R	5,67	8,00

## D. Configuración de los Edificios

El Sector E y J, tiene la siguiente configuración de acuerdo a Solano (2013), al Expediente Técnico del HRC (2010) y a los datos obtenidos en campo:

### D.1. Configuración del Sector E

El edificio del Sector E, tiene la siguiente configuración, de acuerdo a Solano (2013), al Expediente Técnico del HRC (2010) y a los datos obtenidos en campo:

**Tabla 3.4.** Altura de pisos del Sector E.

<b>Piso</b>	<b>Altura (m)</b>
<b>1<sup>er</sup></b>	4,30
<b>2<sup>do</sup></b>	3,80
<b>3<sup>er</sup></b>	3,30
<b>4<sup>to</sup></b>	3,00
<b>5<sup>to</sup></b>	3,30

**Fuente:** Tomado del Expediente Técnico del HRC

Es una estructura de concreto armado con sistema estructural dual, consta de 5 pisos y altura total de 20,17 ml.

La distribución por pisos es:

**Primer piso**, consta de: Hall, Ascensores, Oficinas Administrativas, Anatomía Patológica, Nutrición, Subestación Eléctrica, Tablero General Eléctrico, Grupo Electrónico, Depósitos, Talleres, Almacén General, Lavandería.

**Segundo piso**, consta de: Hall, Ascensores, Admisión, Asistencia Social, Farmacia, Historias Clínicas, Imagenología, Laboratorio, Emergencia, Central de Esterilización y Patología Clínica.

**Tercer piso**, consta de: Hall, Ascensores, Neonatología, Puerperio, Recuperación Quirúrgica, Centro Quirúrgico, Centro Obstétrico, UCI, UCI intermedio y UCI neonatología.

**Cuarto piso**, consta de: Hall, Ascensores, Jefaturas Médicas, Piso para instalaciones, Oficinas de Servicios de medicina.

**Quinto piso**, consta de: Hall, Ascensores, Hospitalización.

**Sexto piso**, consta de: Cuarto de Máquinas y Sala de Máquinas de ascensores.

Las características de la estructura son:

**Columnas:** 55 x 55 cm en el primer piso, 40 x 55 cm en el segundo, tercer y cuarto piso, 30 x 55 cm en el quinto piso.

**Placas:** espesor de 15 cm en zona de ductos, 20 cm en escaleras de escape y ascensor, 25 cm en escalera central, 30 cm en zona de patios.

**Vigas:** 30 x 60 cm en todos los ejes, 20 x 60 cm en escaleras de escape, 15 x 60 cm en zona de ductos, 50 x 25 cm en apoyo de escaleras en zona de escape y en apoyo de techo metálico de quinto piso.

**Losa aligerada en un sentido:** de 25 cm en el quinto piso, zona de ductos y escaleras.

**Losa aligerada en dos sentidos:** de 25 cm en el primer, segundo, tercer y cuarto piso.

**Escaleras:** ubicadas en las zonas de escape y en la zona central, de espesor de garganta de 15 cm en forma de “U”.

## D.2. Configuración del Sector J

El Sector J es una estructura de 2 pisos, de concreto armado con sistema aporticado en el primer piso y sistema de construcción en seco (Drywall) en el segundo piso; tiene altura total de 5,80 ml.

**Tabla 3.5.** Altura de pisos del Sector J.

Piso	Altura (m)
1 <sup>er</sup>	3,30
2 <sup>do</sup>	2,50

**Fuente:** Tomado del Expediente Técnico del HRC

**Primer piso,** corresponde a la Residencia Médica, sus características son:

- Columnas de sección 30 x 30 cm.
- Vigas de sección de 25 x 50 cm, 50 x 20 cm y 40 x 20 cm.
- Losa aligerada en un sentido de 20 cm de espesor, en toda la estructura.

**Segundo piso,** corresponde a los ambientes de Coordinación Estratégica Sanitaria ITS – VIH – TBC, sus características son:

- Columnas de tubo de acero LAC A500.
- Viga perimetral de tubo de acero LAC A500.
- Viga superior de tubo de acero LAC A500.
- En la mampostería se ha usado muro seco, sistema Drywall.



### **3.4.2. Vulnerabilidad Estructural**

En el análisis de la vulnerabilidad estructural se utilizó el Método ATC 21 y el Método de Hirosawa; con los resultados obtenidos se determinó el nivel de vulnerabilidad, indicado por la OPS (2010: 31-46).

#### **A. Aplicación del Método ATC 21 - FEMA 154**

##### **A.1. Sector E**

El Sector E se encuentra en una zona de alta sismicidad, y según el ATC 21 (2002: 80), se utilizó el formulario de recopilación de datos que corresponde a esta zona.

##### **A.2. Sector J**

El Sector J se encuentra en una zona de alta sismicidad, y según el ATC 21 (2002: 80), se utilizó el formulario de recopilación de datos que corresponde a esta zona.

#### **B. Aplicación del Método de Hirosawa**

En esta investigación se consideró el uso del método de segundo orden de Hirosawa, para el Índice de Vulnerabilidad Estructural ( $I_S$ ).

### **3.4.3. Vulnerabilidad No Estructural**

El resultado de la evaluación de la vulnerabilidad estructural del Sector E y J del HRC, se utilizó para determinar el posible desplazamiento o volcamiento de los elementos no estructurales; los que son sensibles a las deformaciones si se ven afectados por la deformación de la estructura principal.

En el análisis de la vulnerabilidad no estructural se utilizó la metodología indicada por la OPS (2004: 89-102).

Se determinó la vulnerabilidad no estructural de las instalaciones básicas y equipos, muros no estructurales, cielos rasos, acabados y terminaciones, ventanas y puertas. Para la evaluación de la tabiquería se consideró su estabilidad y fisuramiento.

En la evaluación de las instalaciones básicas y equipos se seleccionó los considerados importantes por sus características físicas, costo económico,

importancia para la operación de los servicios esenciales del hospital y por las condiciones de su anclaje.

La información se obtuvo del inventario general y de la evaluación en campo. En el formato utilizado se detallan:

- Equipos evaluados por ambientes de cada piso del Sector E y J.
- Dimensiones o características de los equipos.
- Grado estimado de vulnerabilidad (V), que se mide en tres categorías: baja (B), mediana (M) y alta (A).
- Consecuencias de su falla (C), que se miden en tres categorías bajas (B), moderadas (M) y altas (A).
- Prioridad, en función de la vulnerabilidad (V) y consecuencia (C); su valor se obtiene de la Tabla 2.2.
- Tipo de apoyo, anclaje o sujeción del equipo

#### **3.4.4. Vulnerabilidad Funcional**

En el análisis de la vulnerabilidad funcional se utilizó la metodología indicada por la OPS (2004: 124-135). En el análisis del componente funcional se evaluó los aspectos administrativos y organizativos.

En el aspecto administrativo, se evaluó la vulnerabilidad funcional respecto a la distribución e interacción de los espacios. En el aspecto organizativo, se evaluó el Plan de Prevención y Mitigación de Desastres del Sector E y J.

### **3.5. Tratamiento, análisis de datos y presentación de resultados**

En la obtención y tratamiento de los datos de cada variable, se utilizó el tipo de análisis estadístico y descriptivo. Los resultados de la aplicación de la metodología se presentaron en tablas y figuras.

#### **3.5.1. Evaluación de Vulnerabilidad Estructural**

Con el procedimiento descrito y la información proporcionada en el ítem 3.4.2, se evaluó el componente estructural del Sector E y J del HRC.

## **A. Evaluación con el Método ATC 21 - FEMA 154**

### **A.1. Sector E**

A continuación, se describe cada sección del formulario de recopilación de datos para el Sector E, y en el Apéndice 1 se visualiza el total de la información obtenida del Expediente Técnico del HRC y de la evaluación en campo.

#### **A.1.1. Identificación del edificio**

Se identificó el edificio desde el interior y exterior. En el 2009 se construyó el Sector E, de acuerdo a la información obtenida en el HRC.

#### **A.1.2. Boceto en planta y elevación del edificio**

La configuración en planta y elevación del edificio del Sector E, ha variado en comparación a lo inicialmente diseñado en el Expediente Técnico.

#### **A.1.3. Ocupación del edificio**

El Sector E, se usa para atención médica y servicios administrativos. El número estimado de personas que ocupan el edificio está en el rango de 101 – 1000, de acuerdo a la información obtenida en el Expediente Técnico del HRC, correspondiente al aforo del edificio, y de la evaluación en campo.

#### **A.1.4. Tipo de suelo**

El tipo de suelo se obtuvo del estudio de suelos, del Expediente Técnico y del Plan Maestro de Inversiones (2014: 108-114) del HRC. En el informe de estudio de suelos se describe que se realizó nueve calicatas en total; la calicata de la cual se ha obtenido la información para el edificio del Sector E, es la calicata N° 5; debido a que es la que abarca el terreno donde se ha construido dicho edificio.

Según el estudio realizado, se trata de un suelo arcilloso de baja plasticidad (CL) con presencia de arena arcillosa y gravas; de la Tabla 2.3 le corresponde el tipo de suelo E (suelo blando).

### **A.1.5. Elementos no estructurales con riesgo de caer**

En el Sector E del HRC, los elementos no estructurales con riesgo de caer son:

Arquitectónicos: divisiones interiores, cielos rasos, vidrios y ventanas, sistema de iluminación, puertas.

Equipamiento: equipo médico, de laboratorio, industrial, de oficina; mobiliario y suministros.

Instalaciones básicas: sistemas de gases médicos, gases industriales, vacío, vapor, aire acondicionado, calefacción, ventilación, electricidad básica, electricidad de emergencia, comunicaciones, agua potable, agua industrial.

### **A.1.6. Identificación del tipo de estructura y puntaje básico**

El Sector E, tiene un sistema estructural de pórticos de concreto armado con placas (C2), información que ha sido tomada del Expediente Técnico y verificada en la inspección de campo.

### **A.1.7. Modificadores de puntuación**

Los modificadores de puntuación que le corresponden al edificio del Sector E, según sus características arquitectónicas y estructurales, son los siguientes:

- Edificio de mediana altura: el edificio del Sector E tiene 5 pisos.
- Irregularidad vertical: el edificio tiene irregularidad de masa.
- Irregularidad en planta: el edificio tiene esquinas entrantes.
- Pre – Código: este atributo no le corresponde al edificio, porque se construyó considerando la NTE.030 del año 2006; entonces el edificio fue diseñado y construido después de la adopción de normas sísmicas.
- Post – Benchmark: este atributo no le corresponde al edificio, porque en el 2016 se actualizó la NTE.030.
- Tipo de suelo E: según el estudio de suelos realizado en el HRC.

## **A.2. Sector J**

A continuación, se describe cada sección del formulario de recopilación de datos para el Sector J, y en el Apéndice 2 se visualiza el total de la información obtenida del Expediente Técnico del HRC y de la evaluación en campo.

### **A.2.1. Identificación del edificio**

Se identificó el edificio desde el interior y exterior. En el 2009 se construyó el primer piso y el segundo piso se construyó en el 2013.

### **A.2.2. Boceto en planta y elevación del edificio**

La configuración en planta y elevación del edificio del Sector J, ha variado en comparación a lo inicialmente diseñado en el Expediente Técnico.

### **A.2.3. Ocupación del edificio**

El primer piso, del edificio del Sector J, se usa como residencia médica y el segundo piso, para atención médica. El número estimado de personas que ocupan el edificio está en el rango de 11 – 100, de acuerdo a la información obtenida en el Expediente Técnico del HRC, correspondiente al aforo del edificio, y de la evaluación en campo.

### **A.2.4. Tipo de suelo**

El tipo de suelo se obtuvo del estudio de suelos, del Expediente Técnico y del Plan Maestro de Inversiones (2014: 108-114) del HRC. En el informe de estudio de suelos se describe que se realizó nueve calicatas en total; la calicata de la cual se ha obtenido la información para el edificio del Sector J, es la calicata N° 2; debido a que es la que abarca el terreno donde se ha construido dicho edificio. Según el estudio realizado, se trata de un suelo arcilloso de baja plasticidad (CL) con presencia de arena limo arcillosa y gravas; de la Tabla 2.3 le corresponde el tipo de suelo E (suelo blando).

### **A.2.5. Elementos no estructurales con riesgo de caer**

En el Sector J del HRC, los elementos no estructurales con riesgo de caer son:

Arquitectónicos: divisiones interiores, cielos rasos, vidrios y ventanas, sistema de iluminación, puertas.

Equipamiento: equipo médico, de laboratorio, industrial, de oficina; mobiliario y suministros.

Instalaciones básicas: sistemas de electricidad básica, electricidad de emergencia y comunicaciones.

### A.2.6. Identificación del tipo de estructura y puntaje básico

El Sector J, en el primer piso tiene un sistema estructural de pórticos de concreto armado (C1) y el segundo piso tiene un sistema de construcción en seco (Drywall).

### A.2.7. Modificadores de puntuación

Los modificadores de puntuación que le corresponden al edificio del Sector J, según sus características arquitectónicas y estructurales, son los siguientes:

- Pre – Código: este atributo no le corresponde al edificio, porque se construyó considerando la NTE.030 del año 2006; entonces el edificio fue diseñado y construido después de la adopción de normas sísmicas.
- Post – Benchmark: este atributo no le corresponde al edificio, porque en el 2016 se actualizó la NTE.030.
- Tipo de suelo E: según el estudio de suelos realizado en el HRC.

### A.3. Resultados

Se evaluó el Sector E con el Método ATC 21, obteniendo un puntaje estructural final (S) de 0,9 (ver Apéndice 1) y para el Sector J, el puntaje estructural final (S) es de 1,3 (ver Apéndice 2).

## B. Evaluación con el Método de Hirosawa

### B.1. Índice de Vulnerabilidad Estructural, $I_S$

#### B.1.1. Cálculo de parámetros preliminares

##### a. Cálculo del esfuerzo axial

El esfuerzo axial se calculó con la ec. (2.10), de la Tabla A.1 y Tabla A.2 se obtiene la fuerza axial para el Sector E y J. En la Tabla 3.6 se presentan los resultados.

Tabla 3.6. Esfuerzo axial por pisos del Sector E y J

Edificio	Piso	Columna			Fuerza Axial Pu (kg)	$\sigma_0$ (kg/cm <sup>2</sup> )
		Base b (cm)	Peralte h (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )		
Sector E	1 <sup>er</sup>	55	55	3025	270361,44	89,38
	2 <sup>do</sup>	40	55	2200	205960,28	93,62
	3 <sup>er</sup>	40	55	2200	142546,09	64,79
	4 <sup>to</sup>	40	55	2200	87737,20	39,88
	5 <sup>to</sup>	30	55	1650	30287,70	18,36
Sector J	1 <sup>er</sup>	30	30	900	14120,72	15,69

## b. Cálculo del área de las columnas cortas

En la Tabla 3.7 se muestra la suma del área de las columnas cortas según cada piso de los edificios estudiados.

**Tabla 3.7.** Cálculo de  $\sum A_{sc}$  para el Sector E y J

Edificio	Piso	Columnas			$\sum A_{sc}$
		Base b (cm)	Peralte h (cm)	N°	
Sector E	1 <sup>er</sup>	55	55	12	36300
	2 <sup>do</sup>	40	55	16	35200
	3 <sup>er</sup>	40	55	5	11000
	4 <sup>to</sup>	40	55	2	4400
	5 <sup>to</sup>	30	55	7	11550
Sector J	1 <sup>er</sup>	30	30	9	8100

## c. Cálculo del área de las columnas no cortas

En la Tabla 3.8 se presenta la suma del área de las columnas no cortas según cada piso.

**Tabla 3.8.** Cálculo de  $\sum A_{c1}$  y  $\sum A_{c2}$  para el Sector E y J

Edificio	Piso	Columnas				Área Parcial (cm <sup>2</sup> )	h/b	$\sum A_{c1}$	$\sum A_{c2}$
		Base b (cm)	Peralte h (cm)	Altura libre h (m)	N°				
Sector E	1 <sup>er</sup>	55	55	3,70	35	105875	6,73	0	105875
	2 <sup>do</sup>	40	55	3,20	31	68200	8,00	0	68200
	3 <sup>er</sup>	40	55	2,70	42	92400	6,75	0	92400
	4 <sup>to</sup>	40	55	2,40	45	99000	6,00	0	99000
	5 <sup>to</sup>	30	55	2,70	40	66000	9,00	0	66000
Sector J	1 <sup>er</sup>	30	30	2,80	12	10800	9,33	0	10800

## d. Cálculo de $S_D$

La información necesaria para el cálculo de los ítems  $q_i$  que determinan el valor de  $S_D$  (ver Tabla 2.6) se obtuvo de los planos de arquitectura y estructuras.

### d.1. Primer, Segundo, Tercer y Cuarto piso Sector E

#### 1. Regularidad $a_i$

$A_t = 3070,08 \text{ m}^2$  y  $A_s = 551,44 \text{ m}^2$ .

Si 10 %.  $A_t = 307,01 \text{ m}^2 < A_s = 551,44 \text{ m}^2 \leq 30$  %.  $A_t = 921,02 \text{ m}^2$ , entonces  $G_1 = 0,90$  y  $R_1 = 1$

## 2. Relación largo - ancho, B

$l = 57,90 \text{ m}$  y  $b = 43,50 \text{ m}$

Si  $2.l/b = B = 2,66 < 5$ , entonces  $G_2 = 1$  y  $R_2 = 0,5$

## 3. Contracción de planta, $c = D_1/D_0$

$D_1 = 57,90 \text{ m}$  y  $D_0 = 76,50 \text{ m}$ ;  $c = 0,757$

Si  $0,5 < c = 0,757 < 0,8$  entonces  $G_3 = 0,9$  y  $R_3 = 0,5$

## 4. Atrio o patio interior, $R_{ap}$

Área de patio =  $397,62 \text{ m}^2$  y Área total =  $2933,36 \text{ m}^2$ ;  $R_{ap} = 0,14$

Si  $0,1 < R_{ap} = 0,14 < 0,3$  entonces  $G_4 = 0,9$  y  $R_4 = 0,5$

## 5. Excentricidad de atrio o patio interior

$d = 14,40 \text{ m}$

Lado menor =  $43,50 \text{ m}$

Lado mayor =  $72,30 \text{ m}$

Si  $f_1 = 0,33 < 0,4$  y  $0,1 < f_2 = 0,20 < 0,3$  entonces  $G_5 = 0,9$  y  $R_5 = 0,25$

## 6. Subterráneo, $R_{as}$

El edificio del Sector E no tiene subterráneo.

## 7. Junta de dilatación, s

$e_{\text{separación}} = 0,05 \text{ m}$

$h_{\text{edificio}} = 20,17 \text{ m}$

Si  $s = 0,0025 < 0,005$  entonces  $G_7 = 0,8$  y  $R_7 = 0,5$

## 8. Uniformidad de altura de piso, $R_h$

Tabla 3.9. Uniformidad de altura de piso Sector E

Piso	Altura (m)	$R_h$
1 <sup>er</sup>	4,30	0,88
2 <sup>do</sup>	3,80	0,87
3 <sup>er</sup>	3,30	0,91
4 <sup>to</sup>	3,00	1,10
5 <sup>to</sup>	3,30	0,91



Si  $0,8 < R_h = 0,91$  entonces  $G_8 = 1$  y  $R_8 = 0,5$

## **d.2. Quinto piso Sector E**

### **1. Regularidad $a_i$**

$A_t = 3201,75 \text{ m}^2$  y  $A_s = 587,58 \text{ m}^2$ .

Si  $10 \% \cdot A_t = 320,18 \text{ m}^2 < A_s = 587,58 \text{ m}^2 \leq 30 \% \cdot A_t = 960,53 \text{ m}^2$ , entonces  $G_1 = 0,90$  y  $R_1 = 1$

### **2. Relación largo - ancho, B**

$l = 57,90 \text{ m}$  y  $b = 45,15 \text{ m}$

Si  $2 \cdot l/b = B = 2,56 < 5$ , entonces  $G_2 = 1$  y  $R_2 = 0,5$

### **3. Contracción de planta, $c = D_1/D_0$**

$D_1 = 57,90 \text{ m}$  y  $D_0 = 76,50 \text{ m}$ ;  $c = 0,757$

Si  $0,5 < c = 0,757 < 0,8$  entonces  $G_3 = 0,9$  y  $R_3 = 0,5$

### **4. Atrio o patio interior, $R_{ap}$**

Área de patio =  $397,62 \text{ m}^2$  y Área total =  $3065,04 \text{ m}^2$ ;  $R_{ap} = 0,13$

Si  $0,1 < R_{ap} = 0,13 < 0,3$  entonces  $G_4 = 0,9$  y  $R_4 = 0,5$

### **5. Excentricidad de atrio o patio interior**

$d = 14,42 \text{ m}$

Lado menor =  $46,80 \text{ m}$

Lado mayor =  $72,30 \text{ m}$

Si  $f_1 = 0,31 < 0,4$  y  $0,1 < f_2 = 0,20 < 0,3$  entonces  $G_5 = 0,9$  y  $R_5 = 0,25$

### **6. Subterráneo, $R_{as}$**

El edificio del Sector E no tiene subterráneo.

### **7. Junta de dilatación, s**

$e_{\text{separación}} = 0,05 \text{ m}$

$h_{\text{edificio}} = 20,17 \text{ m}$

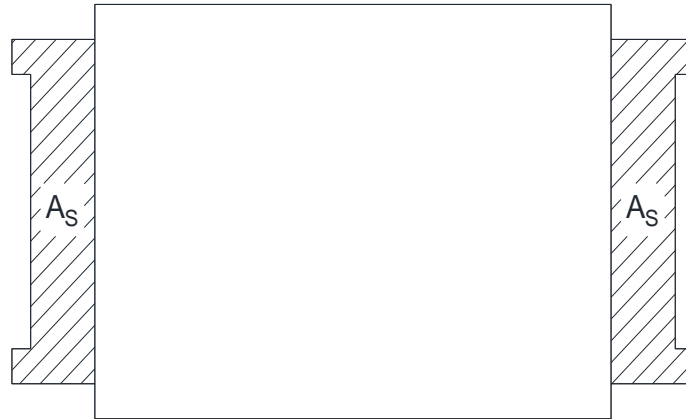
Si  $s = 0,0025 < 0,005$  entonces  $G_7 = 0,8$  y  $R_7 = 0,5$

### **8. Uniformidad de altura de piso, $R_h$**

De la Tabla 2.6, si  $0,8 < R_h = 0,91$  entonces  $G_8 = 1$  y  $R_8 = 0,5$

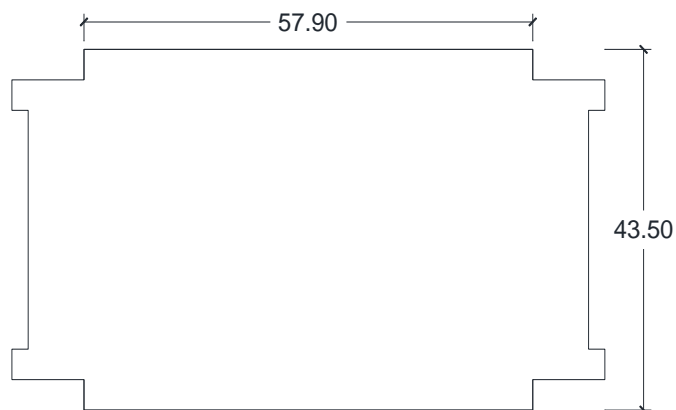
Los valores de  $G_i$ ,  $R_i$  coinciden para todos los pisos del Sector E. El valor de  $q_i$  se calcula con la ec. (2.12) y  $S_D$ , con la ec. (2.11); los datos se resumen en la Tabla 3.11.

**Figura 3.3.** Regularidad  $a_i$  del Sector E



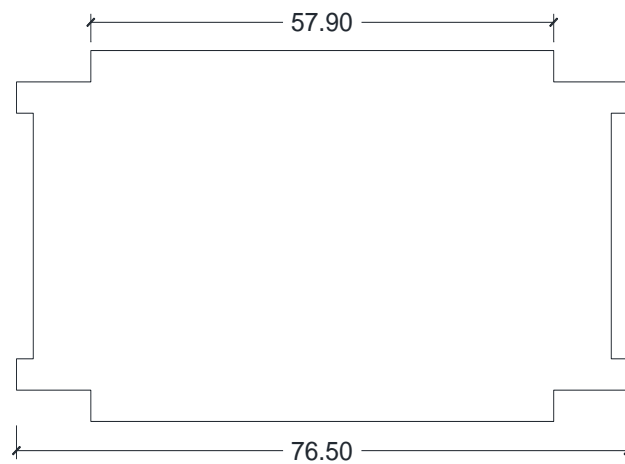
**Fuente:** Adaptado del Expediente Técnico del HRC

**Figura 3.4.** Relación largo - ancho del Sector E



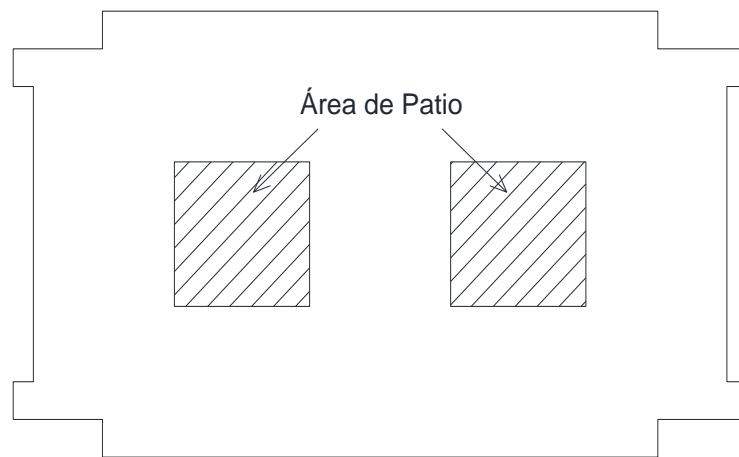
**Fuente:** Adaptado del Expediente Técnico del HRC

**Figura 3.5.** Contracción de planta del Sector E



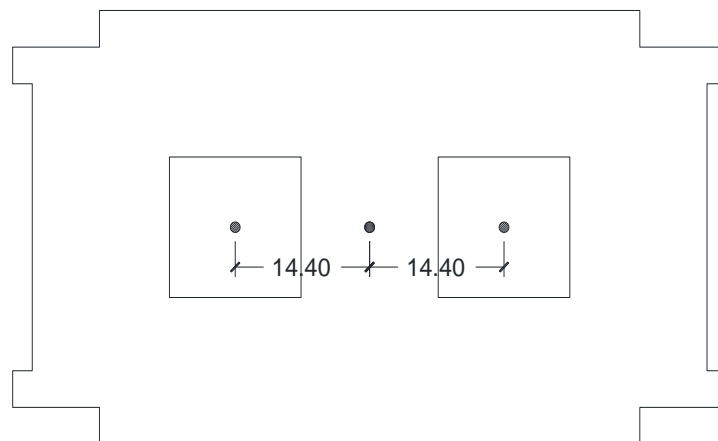
**Fuente:** Adaptado del Expediente Técnico del HRC

**Figura 3.6.** Atrio o patio interior del Sector E



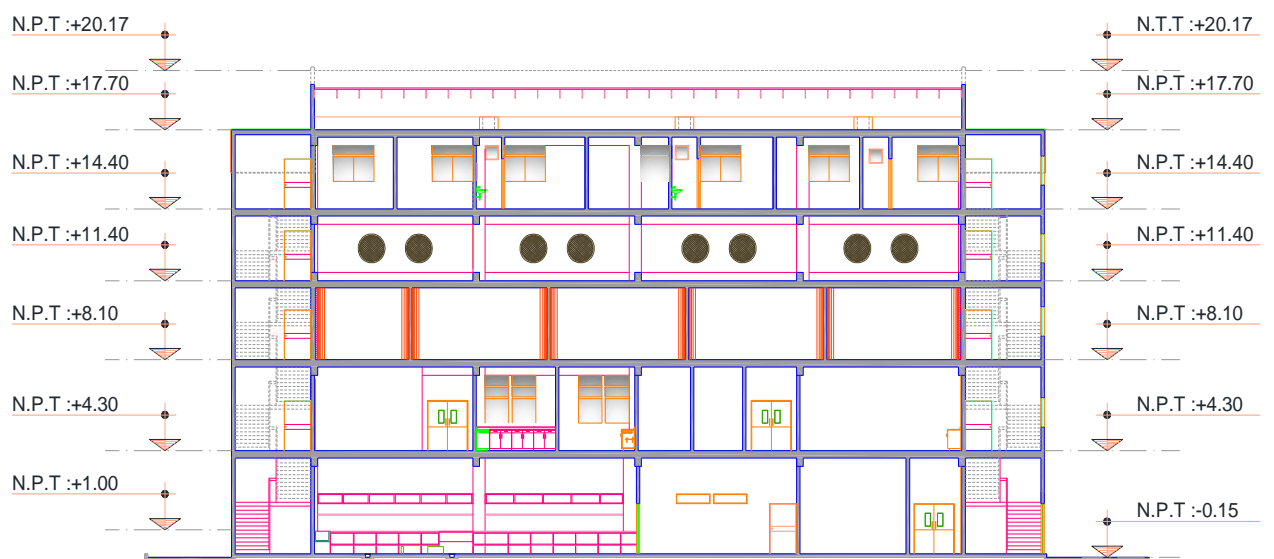
**Fuente:** Adaptado del Expediente Técnico del HRC

**Figura 3.7.** Excentricidad de atrio o patio interior del Sector E



**Fuente:** Adaptado del Expediente Técnico del HRC

**Figura 3.8.** Uniformidad de altura de piso del Sector E



**Fuente:** Adaptado del Expediente Técnico del HRC

### **d.3. Primer piso Sector J**

#### **1. Regularidad $a_i$**

$$A_t = 187,42 \text{ m}^2$$

La distribución de espacios en planta es simétrica en ambas direcciones, entonces, entonces  $G_1 = 1$  y  $R_1 = 1$

#### **2. Relación largo - ancho, B**

$$l = 25,50 \text{ m y } b = 7,35 \text{ m}$$

Si  $5 < 2.l/b = B = 6,94 < 8$ , entonces  $G_2 = 0,9$  y  $R_2 = 0,5$

#### **3. Contracción de planta, $c = D_1/D_0$ :**

No presenta reducción del área de la losa de piso desde el borde hacia el interior.

#### **4. Atrio o patio interior, $R_{ap}$**

No presenta atrio o patio interior.

#### **5. Excentricidad de atrio o patio interior**

No presenta atrio o patio interior.

#### **6. Subterráneo, $R_{as}$**

El edificio del Sector J no tiene subterráneo.

#### **7. Junta de dilatación, s**

El edificio del Sector J no tiene edificios contiguos o adyacentes.

#### **8. Uniformidad de altura de piso, $R_h$**

**Tabla 3.10.** Uniformidad de altura de piso Sector J

<b>Piso</b>	<b>Altura (m)</b>	<b>Rh</b>
<b>1<sup>er</sup></b>	3,30	0,76
<b>2<sup>do</sup></b>	2,50	1,32

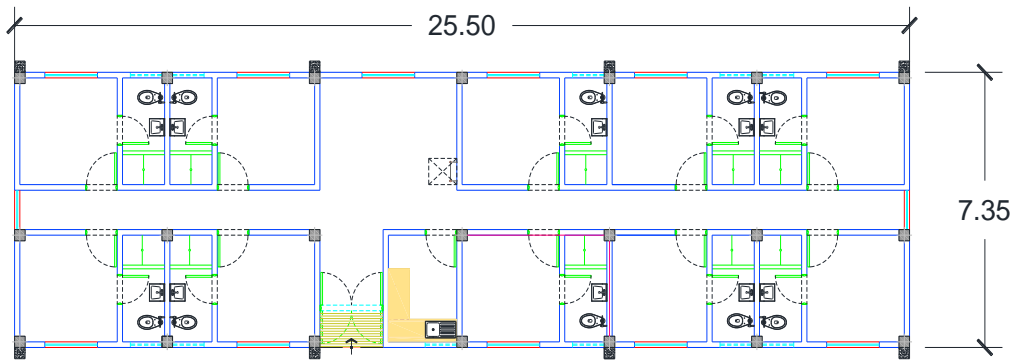
Si  $0,7 < R_h = 0,76 < 0,8$  entonces  $G_8 = 0,9$  y  $R_8 = 0,5$

El valor de  $q_i$  se calcula con la ec. (2.12) y  $S_D$ , con la ec. (2.11); los datos se resumen en la Tabla 3.11.

**Tabla 3.11.** Cálculo de  $S_D$  para el Sector E y J

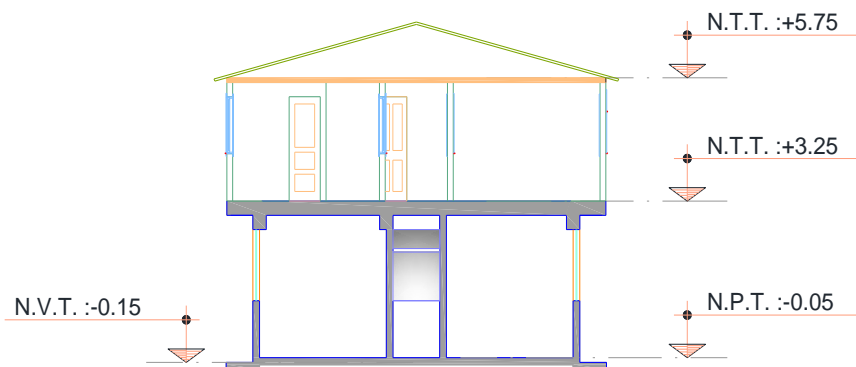
Ítem	Sector E			Sector J		
	$G_i$	$R_i$	$q_i$	$G_i$	$R_i$	$q_i$
1	0,90	1,00	0,90	1,00	1,00	1,00
2	1,00	0,50	1,00	0,90	0,50	0,95
3	0,90	0,50	0,95			
4	0,90	0,50	0,95			
5	0,90	0,25	0,98			
7	0,80	0,50	0,90			
8	1,00	0,50	1,00	0,90	0,50	0,95
<b><math>S_D</math></b>			0,71			0,90

**Figura 3.9.** Características en planta del Sector J



**Fuente:** Adaptado del Expediente Técnico del HRC

**Figura 3.10.** Características en altura del Sector J

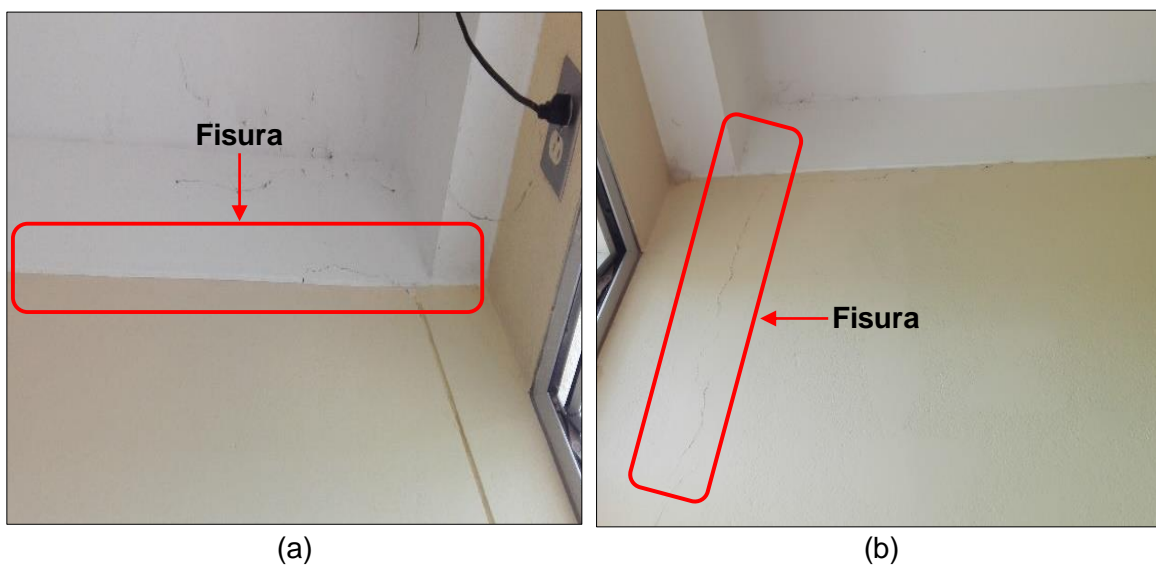


**Fuente:** Adaptado del Expediente Técnico del HRC



En la Figura 3.13, se observan fisuras en el primer piso del Sector J, parte (a) fisura longitudinal fina (menos de 1 mm) en la viga, en la parte (b) fisura vertical fina (menos de 1 mm) en el muro.

**Figura 3.13.** Sector J 1<sup>er</sup> piso (a) fisura en viga (b) fisura en el muro.



La observación de los daños en la estructura de los edificios, ayudó a determinar el valor de T, así de la Tabla 2.7 se obtuvo el valor único del índice T para el Sector E y J, este valor corresponde al menor valor obtenido (ver Tabla 3.12).

**Tabla 3.12.** Cálculo de T en Sector E y J

Edificio	Ítem	Valor	Característica
<b>Sector E</b>	T <sub>1</sub>	1,0	No presenta signos de deformación
	T <sub>2</sub>	0,9	Presenta grietas visibles en muros
	T <sub>3</sub>	1,0	No ha experimentado incendio
	T <sub>4</sub>	0,8	Almacena sustancias químicas
	T <sub>5</sub>	1,0	Presenta daño estructural ligero o no estructural
	<b>T</b>	<b>0,8</b>	
<b>Sector J</b>	T <sub>1</sub>	1,0	No presenta signos de deformación
	T <sub>2</sub>	1,0	No presenta
	T <sub>3</sub>	1,0	No ha experimentado incendio
	T <sub>4</sub>	0,8	Almacena sustancias químicas
	T <sub>5</sub>	1,0	Presenta daño estructural ligero o no estructural
	<b>T</b>	<b>0,8</b>	

## f. Cálculo de $I_S$

El valor del Índice de Vulnerabilidad Estructural ( $I_S$ ) se calcula utilizando los parámetros que se describen a continuación:

$n_p$	Número de pisos del edificio
$i$	Piso que se evalúa
$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$	Ver Tabla 2.5
$\tau_0$ (kg/cm <sup>2</sup> )	De NTE.070
$\sigma_0$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Ver Tabla 3.6
$f'_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Ver Tabla 3.1
$\Sigma A_{mar}, \Sigma A_{sc}, \Sigma A_{ma}$ (cm <sup>2</sup> )	Ver Tabla 3.7 y Tabla A.3
$\Sigma A_{m_1}, \Sigma A_{m_2}, \Sigma A_{m_3}, \Sigma A_{m_4}$ (cm <sup>2</sup> )	Ver Tabla A.6
$\Sigma A_{c_1}, \Sigma A_{c_2}$ (cm <sup>2</sup> )	Ver Tabla 3.8
$W_j$ (kg)	Ver Tabla A.7 y Tabla A.8
$C_{mar}, C_{sc}, C_{ma}$	Ver ec. (2.4), ec. (2.5), ec. (2.6)
$C_a, C_w, C_c$	Ver ec. (2.7), ec. (2.8), ec. (2.9)
$F = 0,80$	Índice de ductilidad
$E_0$	Ver ec. (2.3)
$S_D$	Ver ec. (2.11)
$T$	Ver Tabla 3.12
$I_S$	Ver ec. (2.1)

## B.2. Índice de Juicio Estructural, $I_{S0}$

El valor de  $I_{S0}$ , requiere el cálculo de  $E_{S0}$ , que se determina con la relación entre la NTE.030 (2016) y el Código de Japón:



### a. Sector E

- El valor de  $I_{SO}$  para Japón, con las características del Sector E, es:

$E_{SO \text{ Japón}} = 0,60$	Resistencia sísmica básica requerida
$Z = 1,00$	Factor de zona sísmica
$G = 1,10$	Zona de pendiente
$U = 1,00$	Para edificios en general
$I_{SO \text{ Japón}} = 0,66$	De ec. (2.15)

- El valor de  $I_{SO}$  para Perú, con las características del Sector E, es:

$E_{SO \text{ Perú}}$	Resistencia sísmica básica requerida
$Z = 0,35$	Ver Tabla 2.9
$G = 1,10$	Zona de pendiente
$U = 1,50$	Ver Tabla 2.10
$I_{SO \text{ Perú}} = 0,58 \cdot E_{SO \text{ Perú}}$	ec. (3.1)

- Aceleración Espectral para el Sector E, según NTE.030 (2016):

$Z = 0,35$	Ver Tabla 2.9
$U = 1,50$	Ver Tabla 2.10
$C = 2,50$	De ec. (2.20)
$S = 1,15$	Ver Tabla 2.11
$R = 5,67$	De ec. (2.23)
$S_a \text{ Perú} = 0,266 \cdot g$	De ec. (2.18)

- Aceleración Espectral para el Sector E, según Código de Japón:

$$S_a \text{ Japón} = 0,863 \cdot g \quad \text{De ec. (2.16)}$$

- Comparación Código de Perú y Japón:

$$\frac{I_{SO \text{ Perú}}}{I_{SO \text{ Japón}}} = \frac{0,266 \cdot g}{0,863 \cdot g} = 0,308 \quad \text{De ec. (2.17)}$$

$$\frac{I_{SO \text{ Perú}}}{I_{SO \text{ Japón}}} = \frac{0,58 \cdot E_{SO \text{ Perú}}}{0,66} = 0,308$$

$$E_{SO \text{ Perú}} = 0,35$$

## b. Sector J

- El valor de  $I_{SO}$  para Japón, con las características del Sector J, es:

$E_{SO \text{ Japón}} = 0,60$	Resistencia sísmica básica requerida
$Z = 1,00$	Factor de zona sísmica
$G = 1,10$	Zona de pendiente
$U = 1,00$	Para edificios en general
$I_{SO \text{ Japón}} = 0,66$	De ec. (2.15)

- El valor de  $I_{SO}$  para Perú, con las características del Sector J, es:

$E_{SO \text{ Perú}}$	Resistencia sísmica básica requerida
$Z = 0,35$	Ver Tabla 2.9
$G = 1,10$	Zona de pendiente
$U = 1,50$	Ver Tabla 2.10
$I_{SO \text{ Perú}} = 0,58 \cdot E_{SO \text{ Perú}}$	ec. (3.2)

- Aceleración Espectral para el Sector J, según NTE.030 (2016):

$Z = 0,35$	Ver Tabla 2.9
$U = 1,50$	Ver Tabla 2.10
$C = 2,50$	De ec. (2.20)
$S = 1,15$	Ver Tabla 2.11
$R = 8,00$	De ec. (2.23)
$S_a \text{ Perú} = 0,189. g$	De ec. (2.18)

- Aceleración Espectral para el Sector J, según Código de Japón:

$$S_a \text{ Japón} = 0,863. g \quad \text{De ec. (2.16)}$$

- Comparación Código de Perú y Japón:

$$\frac{I_{SO \text{ Perú}}}{I_{SO \text{ Japón}}} = \frac{0,189. g}{0,863. g} = 0,219 \quad \text{De ec. (2.17)}$$

$$\frac{I_{SO \text{ Perú}}}{I_{SO \text{ Japón}}} = \frac{0,58 \cdot E_{SO \text{ Perú}}}{0,66} = 0,219$$

$$E_{SO \text{ Perú}} = 0,25$$

### B.3. Resultados

#### B.3.1. Índice de Vulnerabilidad Estructural, $I_s$

Se calculó el valor de  $I_s$  en la dirección X y en la dirección Y para cada piso del Sector E, como se indica en la Tabla 3.13 y Tabla 3.14. Para el primer piso del Sector J, el valor de  $I_s$  se calculó en la dirección X y en la dirección Y, como se indica en la Tabla 3.15.

**Tabla 3.13.** Cálculo de  $I_s$  dirección X Sector E

Ítem	Piso				
	1 <sup>er</sup>	2 <sup>do</sup>	3 <sup>er</sup>	4 <sup>to</sup>	5 <sup>to</sup>
Índice sísmico básico de comportamiento estructural $E_0$					
np	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
i	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00
$\alpha_1$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
$\alpha_2$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
$\alpha_3$	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
$\tau_0$	8,10	8,10	8,10	8,10	8,10
$\sigma_0$	89,38	93,62	64,79	39,88	18,36
f'c	485,00	485,00	485,00	485,00	485,00
$\sum A_{mar}$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
$\sum A_{sc}$	36300,00	35200,00	11000,00	4400,00	11550,00
$\sum A_{ma}$	704845,00	903015,00	911575,00	363155,00	1045740,00
$\sum A_{m1}$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
$\sum A_{m2}$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
$\sum A_{m3}$	196655,00	225455,00	232250,00	236060,00	232250,00
$\sum A_{m4}$	58895,00	25370,00	18575,00	14765,00	18575,00
$\sum A_{c1}$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
$\sum A_{c2}$	105875,00	68200,00	92400,00	99000,00	66000,00
$W_j$	3383653,20	3433604,40	3377996,65	2743275,39	3298884,30
$C_{mar}$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
$C_{sc}$	0,39	0,37	0,12	0,06	0,13
$C_{ma}$	3,25	4,27	3,21	1,08	1,57
$C_a$	3,25	4,27	3,21	1,08	1,57
$C_w$	2,11	2,09	2,13	2,63	2,19
$C_c$	0,53	0,34	0,46	0,61	0,34
F	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
<b><math>E_0</math></b>	<b>1,99</b>	<b>1,59</b>	<b>1,48</b>	<b>1,63</b>	<b>1,16</b>
Índice de configuración estructural $S_D$					
<b><math>S_D</math></b>	<b>0,71</b>	<b>0,71</b>	<b>0,71</b>	<b>0,71</b>	<b>0,71</b>
Índice de deterioro de la edificación T					
<b>T</b>	<b>0,80</b>	<b>0,80</b>	<b>0,80</b>	<b>0,80</b>	<b>0,80</b>
Índice de Vulnerabilidad Estructural $I_s$					
<b><math>I_s</math></b>	<b>1,134</b>	<b>0,909</b>	<b>0,841</b>	<b>0,932</b>	<b>0,663</b>

**Tabla 3.14.** Cálculo de  $I_s$  dirección Y Sector E

Ítem	Piso				
	1 <sup>er</sup>	2 <sup>do</sup>	3 <sup>er</sup>	4 <sup>to</sup>	5 <sup>to</sup>
Índice sísmico básico de comportamiento estructural $E_o$					
np	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
i	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00
$\alpha_1$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
$\alpha_2$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
$\alpha_3$	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
$\tau_0$	8,10	8,10	8,10	8,10	8,10
$\sigma_0$	89,38	93,62	64,79	39,88	18,36
f'c	485,00	485,00	485,00	485,00	485,00
$\sum A_{mar}$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
$\sum A_{sc}$	36300,00	35200,00	11000,00	4400,00	11550,00
$\sum A_{ma}$	623555,00	759890,00	837040,00	327555,00	1087145,00
$\sum A_{m_1}$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
$\sum A_{m_2}$	25600,00	25600,00	25600,00	25600,00	25600,00
$\sum A_{m_3}$	114980,00	131180,00	131180,00	132980,00	131180,00
$\sum A_{m_4}$	18000,00	1800,00	1800,00	0,00	1800,00
$\sum A_{c_1}$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
$\sum A_{c_2}$	105875,00	68200,00	92400,00	99000,00	66000,00
$W_j$	3383653,20	3433604,40	3377996,65	2743275,39	3298884,30
$C_{mar}$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
$C_{sc}$	0,39	0,37	0,12	0,06	0,13
$C_{ma}$	2,87	3,59	2,95	0,98	1,63
$C_a$	2,87	3,59	2,95	0,98	1,63
$C_w$	1,48	1,49	1,51	1,86	1,55
$C_c$	0,53	0,34	0,46	0,61	0,34
F	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
<b><math>E_o</math></b>	<b>1,49</b>	<b>1,18</b>	<b>1,10</b>	<b>1,22</b>	<b>0,86</b>
Índice de configuración estructural $S_D$					
<b><math>S_D</math></b>	<b>0,71</b>	<b>0,71</b>	<b>0,71</b>	<b>0,71</b>	<b>0,71</b>
Índice de deterioro de la edificación T					
<b>T</b>	<b>0,80</b>	<b>0,80</b>	<b>0,80</b>	<b>0,80</b>	<b>0,80</b>
Índice de Vulnerabilidad Estructural $I_s$					
<b><math>I_s</math></b>	<b>0,847</b>	<b>0,673</b>	<b>0,628</b>	<b>0,697</b>	<b>0,488</b>

**Tabla 3.15.** Cálculo de  $I_s$  dirección X, Y Sector J

Ítem	Dirección	
	X	Y
Índice sísmico básico de comportamiento estructural $E_o$		
$n_p$	2,00	2,00
$i$	1,00	1,00
$\alpha_1$	0,00	0,00
$\alpha_2$	0,00	0,00
$\alpha_3$	1,00	1,00
$\tau_0$	8,10	8,10
$\sigma_0$	15,69	15,69
$f'c$	280,00	280,00
$\sum A_{mar}$	0,00	0,00
$\sum A_{sc}$	8100,00	8100,00
$\sum A_{ma}$	132300,00	132300,00
$\sum A_{m_1}$	0,00	0,00
$\sum A_{m_2}$	0,00	0,00
$\sum A_{m_3}$	0,00	0,00
$\sum A_{m_4}$	0,00	0,00
$\sum A_{c1}$	0,00	0,00
$\sum A_{c2}$	10800,00	10800,00
$W_j$	215603,78	215603,78
$C_{mar}$	0,00	0,00
$C_{sc}$	0,79	0,79
$C_{ma}$	2,79	2,79
$C_a$	2,79	2,79
$C_w$	0,00	0,00
$C_c$	0,49	0,49
$F$	0,80	0,80
<b><math>E_o</math></b>	<b>0,39</b>	<b>0,39</b>
Índice de configuración estructural $S_D$		
<b><math>S_D</math></b>	<b>0,90</b>	<b>0,90</b>
Índice de deterioro de la edificación T		
<b>T</b>	<b>0,80</b>	<b>0,80</b>
Índice de Vulnerabilidad Estructural $I_s$		
<b><math>I_s</math></b>	<b>0,284</b>	<b>0,284</b>

### B.3.2. Índice de Juicio Estructural $I_{S0}$

Para el Sector E

$$I_{S0} = 0,204 \quad \text{De ec. (3.1)}$$

Para el Sector J

$$I_{S0} = 0,144 \quad \text{De ec. (3.2)}$$

### C. Vulnerabilidad Estructural

La determinación de la vulnerabilidad estructural utilizando el Método de Hirosawa, se obtuvo comparando el Índice de Vulnerabilidad Estructural,  $I_S$  (ver Tabla 3.13, Tabla 3.14, Tabla 3.15) con el Índice de Juicio Estructural,  $I_{SO}$  para cada edificio en estudio, como se indica en la Tabla 3.16.

Con el resultado que se muestra en la Tabla 3.16, se determinó el grado de vulnerabilidad estructural en el Sector E y J.

**Tabla 3.16.** Resultados del Método de Hirosawa para el Sector E y J

Edificio	Dirección	Piso	Parámetro		Comportamiento Estructural
			$I_S$	$I_{SO}$	
Sector E	X	1 <sup>er</sup>	1,134	0,204	Piso Seguro
		2 <sup>do</sup>	0,909	0,204	Piso Seguro
		3 <sup>er</sup>	0,841	0,204	Piso Seguro
		4 <sup>to</sup>	0,932	0,204	Piso Seguro
		5 <sup>to</sup>	0,663	0,204	Piso Seguro
	Y	1 <sup>er</sup>	0,847	0,204	Piso Seguro
		2 <sup>do</sup>	0,673	0,204	Piso Seguro
		3 <sup>er</sup>	0,628	0,204	Piso Seguro
		4 <sup>to</sup>	0,697	0,204	Piso Seguro
		5 <sup>to</sup>	0,488	0,204	Piso Seguro
Sector J	X	1 <sup>er</sup>	0,284	0,144	Piso Seguro
	Y	1 <sup>er</sup>	0,284	0,144	Piso Seguro

#### 3.5.2. Evaluación de Vulnerabilidad No Estructural

Con el procedimiento descrito en el ítem 3.4.3 se evaluó el componente no estructural del Sector E y J del HRC.

##### A. Evaluación de Instalaciones básicas y equipos

En la Tabla 3.17, Tabla 3.18, Tabla 3.19, Tabla 3.20 y Tabla 3.21 se muestra la evaluación de las instalaciones y equipos en el primer, segundo, tercer, cuarto y quinto piso respectivamente, del Sector E.

En la Tabla 3.22 se muestra la evaluación de las instalaciones y equipos en el primer y segundo piso del Sector J.

**Tabla 3.17.** Vulnerabilidad de instalaciones y equipos en 1<sup>er</sup> Piso Sector E

<b>Tipo de Equipo</b>	<b>Dimensión (cm)</b>	<b>(V)</b>	<b>(C)</b>	<b>Prioridad</b>	<b>Tipo de soporte</b>
<b>Componente</b>	<b>Características</b>				
<b>Servicios generales - Almacén de materiales</b>					
Electrobomba	12x38	M	A	2	Fijo
Balón de oxígeno	CHA840439	A	A	1	Fijo
Terma eléctrica	Sole	M	A	2	Fijo
<b>Servicios generales - Sistema de vacío</b>					
Tanque de metal - cisterna	Manchester Tank	M	A	2	Fijo
Electrobomba	Sullair	M	A	2	Fijo
Bomba de vacío	Sullair	M	A	2	Fijo
Tablero de control	46x20x50	M	A	2	Fijo
Motor eléctrico	Weg	M	A	2	Fijo
<b>Servicios generales - Sala de N<sub>2</sub>O</b>					
Balón de Óxido Nitroso	10 m3	A	A	1	Fijo
Tablero de control	25x20x30	M	A	2	Fijo
<b>Servicios generales - Aire Comprimido</b>					
Compresor industrial	Sullair	A	A	1	Fijo
Tanque de metal - cisterna	Manchester Tank	M	A	2	Fijo
Tablero de control	41x15x28	M	A	2	Fijo
<b>Servicios generales - Sala de Grupo Electrónico</b>					
Electrobomba	0,75 hp	M	A	2	Fijo
Generador	Modasa	M	A	2	Fijo

Fuente: Adaptado de OPS 2004: 94

**Tabla 3.18.** Vulnerabilidad de instalaciones y equipos en 2<sup>do</sup> Piso Sector E

<b>Tipo de Equipo</b>	<b>Dimensión (cm)</b>	<b>(V)</b>	<b>(C)</b>	<b>Prioridad</b>	<b>Tipo de soporte</b>
<b>Componente</b>	<b>Características</b>				
<b>Central de esterilización</b>					
Esterilizador	HMTS	M	M	5	Fijo
Vitrina metálica para instrumental quirúrgico	105x45x198	M	M	5	Fijo
Refrigeradora conservadora de medicamentos	71x86.5x201	A	A	1	Rodable
Esterilizador	MEMMERT	M	M	5	Fijo
Esterilizador	62x72x48	M	M	5	Fijo
<b>Departamento de diagnóstico por Imágenes</b>					
Vitrina metálica para instrumental quirúrgico	68x46x198	M	M	5	Fijo
Negatoscopio	156x11x55	M	M	5	Fijo
Generador	70x55x106.5	M	A	2	Fijo
Tomógrafo Computarizado Helicoidal	Generic Electric	M	A	2	Fijo
Transformador	10x15.5x9	M	A	2	Fijo
Mamógrafo	Hologic	M	A	2	Fijo
Acumulador de energía- Equipo UPS	Eaton	M	A	2	Fijo

Continuación **Tabla 3.18.** Vulnerabilidad de instalaciones y equipos en 2do Piso Sector E

<b>Tipo de Equipo</b>	<b>Dimensión (cm)</b>	<b>(V)</b>	<b>(C)</b>	<b>Prioridad</b>	<b>Tipo de soporte</b>
<b>Componente</b>	<b>Características</b>				
<b>Departamento de diagnóstico por Imágenes</b>					
Equipo ecógrafo-ultrasonido	General Electric	M	A	2	Fijo
Equipo ecógrafo-ultrasonido	Toshiba	A	A	1	Rodable
Equipo de radiodiagnóstico	90x240x265	A	A	1	Fijo
Equipo de Rayos X	Intermedical Basic 100-30	A	A	1	Rodable
<b>Patología clínica</b>					
Transformador	10x16x9	M	A	2	Fijo
Vitrina metálica para instrumental quirúrgico	80x30x198	M	M	5	Fijo
Acumulador de energía- Equipo UPS	APC	M	M	5	Fijo
Refrigeradora conservadora de medicamentos	Thermo Scientific.	A	A	1	Rodable
Equipo de inmunocromatografía	Veda Lab	M	M	5	Sobremesa
Centrífuga para micro hematocrito	Thermo Scientific.	M	M	5	Sobremesa

**Fuente:** Adaptado de OPS 2004: 94

**Tabla 3.19.** Vulnerabilidad de instalaciones y equipos en 3<sup>er</sup> Piso Sector E

<b>Tipo de Equipo</b>	<b>Dimensión (cm)</b>	<b>(V)</b>	<b>(C)</b>	<b>Prioridad</b>	<b>Tipo de soporte</b>
<b>Componente</b>	<b>Características</b>				
<b>Neonatología</b>					
Bomba de infusión	Plum A	A	A	1	Fijo/Aéreo
Coche metálico porta cunas	74x46x81	A	A	1	Rodable
Incubadora para bebés	97x56x136	A	A	1	Rodable
Equipo de fototerapia	83x153x53	A	A	1	Rodable
Equipo de fototerapia	Mediled Mini	M	A	2	Fijo/Aéreo
Salida de oxígeno	14x13	M	M	5	Fijo/Aéreo
Salida de vacío	14x13	M	M	5	Fijo/Aéreo
Salida de aire médico	14x13	M	M	5	Fijo/Aéreo
Unidad de succión	12dx31h	B	A	3	Fijo/Aéreo
Sistema CPAP nasal	62dx170h	M	M	5	Rodable
Cuna en general	77x44x21	M	A	2	Fijo
Coche metálico para transporte en general	78x45x90 75x46x78	M	A	2	Rodable
Armario de metal	69x40x170	M	M	5	Fijo
Vitrina metálica para instrumental quirúrgico	105x45x197	M	M	5	Fijo
Control de válvulas de gas	35x2x65	M	A	2	Fijo/Aéreo
<b>UCI Neonatología</b>					
Salida de oxígeno	14x13	M	M	5	Fijo/Aéreo
Salida de vacío	14x13	M	M	5	Fijo/Aéreo



Continuación **Tabla 3.19.** Vulnerabilidad de instalaciones y equipos en 3er Piso Sector E

<b>Tipo de Equipo</b>	<b>Dimensión (cm)</b>	<b>(V)</b>	<b>(C)</b>	<b>Prioridad</b>	<b>Tipo de soporte</b>
<b>Componente</b>	<b>Características</b>				
<b>UCI Neonatología</b>					
Salida de aire médico	14x13	M	M	5	Fijo/Aéreo
Unidad de succión	12dx31h	B	A	3	Fijo/Aéreo
Incubadora para bebés	110x160x104	M	A	2	Rodable
Equipo de fototerapia	General Electric	A	A	1	Rodable
Equipo de fototerapia	Medilan Mini	M	A	2	Fijo
Sistema CPAP nasal	62dx170h	M	M	5	Rodable
Vitrina metálica para instrumental quirúrgico	68x197.5x45	M	M	5	Fijo
Acumulador de energía- Equipo UPS	19.5x46.5x33	M	M	5	Fijo
Transformador	9.5x6x17	M	A	2	Fijo/Aéreo
<b>UCI Adultos</b>					
Salida de oxígeno	Base 13x14	M	M	5	Fijo
Salida de vacío	Base 13x14	M	M	5	Fijo
Salida de aire médico	Base 13x14	M	M	5	Fijo
Cama camilla multipropósito	Cogent	M	A	2	Rodable
Unidad de succión	1200 ml	B	A	3	Sobremesa
Equipo de control de gas	45x2x42	B	A	3	Empotrado
Vitrina de metal	105x45x197,5	M	A	2	Fijo
<b>Centro Obstétrico</b>					
Vitrina metálica para instrumental quirúrgico	105x45x198	M	M	5	Fijo
Cama de metal rodable para parto	205x98x99	A	A	1	Rodable
Cama clínica metálica rodable	93x208x99	A	A	1	Rodable
Salida de oxígeno	13x14	M	M	5	Fijo
Salida de vacío	13x14	M	M	5	Fijo
Equipo ecógrafo - ultrasonido	Ultrasonix Medical Corporation	A	A	1	Rodable
<b>Centro Quirúrgico</b>					
Mesa hidráulica para operación quirúrgica	Mediland	M	A	2	Rodable
Equipo de anestesia	General Electric	A	A	1	Rodable
Lámpara Cialítica	Mediland	M	A	2	Fijo al techo
Vitrina metálica para instrumental quirúrgico	105x46x198	M	M	5	Fijo
Máquina de circulación extracorpórea	Stockert	A	A	1	Rodable
Salida de oxígeno	12x13	M	M	5	Empotrado
Salida de vacío	12x13	M	M	5	Empotrado
Salida de óxido nitroso	12x13	M	M	5	Empotrado
Salida de aire médico	12x13	M	M	5	Empotrado

Continuación **Tabla 3.19.** Vulnerabilidad de instalaciones y equipos en 3er Piso Sector E

<b>Tipo de Equipo</b>	<b>Dimensión (cm)</b>	<b>(V)</b>	<b>(C)</b>	<b>Prioridad</b>	<b>Tipo de soporte</b>
<b>Componente</b>	<b>Características</b>				
<b>Centro Quirúrgico</b>					
Equipo de laparoscopia	Stryker	M	M	5	Rodable
Vitrina de metal	90x40x198	M	A	2	Fijo
Mesa metálica de uso médico y quirúrgico	148x40x90	M	M	5	Rodable
Camilla de metal	190x61x89	M	M	5	Rodable
Coche transportador de balón de oxígeno	40x70x105	M	A	2	Rodable
Cama camilla multipropósito	Cogent	M	A	2	Rodable

**Fuente:** Adaptado de OPS 2004: 94

**Tabla 3.20.** Vulnerabilidad de instalaciones y equipos en 4<sup>to</sup> Piso Sector E

<b>Tipo de Equipo</b>	<b>Dimensión (cm)</b>	<b>(V)</b>	<b>(C)</b>	<b>Prioridad</b>	<b>Tipo de soporte</b>
<b>Componente</b>	<b>Características</b>				
<b>Centro Obstétrico</b>					
Camilla metálica para examen ginecológico	150x63x77	M	M	5	Rodable
Equipo ecógrafo - ultrasonido	Aloka	A	A	1	Rodable
Mesa metálica rodable para usos múltiples	66x47x85	M	M	5	Rodable
Vitrina metálica para instrumental quirúrgico	68x46x198	M	A	2	Fijo
<b>Sala de climatización</b>					
Equipo para aire acondicionado tipo industrial	Lennox	M	M	5	Fijo
Extractor de aire	Soler & Palau	M	M	5	Fijo
Inyector de aire	74x45x53	M	M	5	Fijo
Transformador	82x81x41	M	A	2	Fijo
Tablero eléctrico de control	58x58x217	M	A	2	Fijo
Acumulador de energía - equipo de UPS	64x13x45	A	A	1	Fijo
Equipo de Rayos X	206x61x210	A	A	1	Rodable
Equipo de Rayos X	67224777	A	A	1	Rodable

**Fuente:** Adaptado de OPS 2004: 94

**Tabla 3.21.** Vulnerabilidad de instalaciones y equipos en 5<sup>to</sup> Piso Sector E

Tipo de Equipo Componente	Dimensión (cm) Características	(V)	(C)	Prioridad f (V, C)	Tipo de soporte
<b>Nefrología - Unidad de Hemodiálisis</b>					
Equipo de Ósmosis reversa	84x46x95	A	A	1	Rodable
Máquina para hemodiálisis	Midial Care	A	A	1	Rodable
<b>Hospitalización - Pediatría</b>					
Camilla de metal	190x62x89	M	A	2	Rodable
Cama camilla multipropósito	Metax	M	A	2	Rodable
Lámpara cialítica	120	M	M	5	Rodable
Vitrina metálica para instrumental quirúrgico	15x45x197	M	A	2	Fijo
Salida de oxígeno	13x1x14	M	A	2	Fijo
Cama cuna de metal	157x80x109	M	A	2	Rodable
<b>Hospitalización - Cirugía</b>					
Vitrina metálica para instrumental quirúrgico	78x11x55	M	A	2	Fijo
Cama clínica metálica	200x92x14	M	A	2	Rodable
Mesa metálica rodable multipropósitos	65x44x64	M	A	2	Rodable
<b>Hospitalización - Maternidad (Gineco Obstetricia)</b>					
Vitrina metálica para instrumental quirúrgico	105x45x197	M	A	2	Fijo
Cama camilla multipropósito	210x90x103	M	A	2	Rodable
<b>Hospitalización - Medicina</b>					
Estante metálico de ángulo ranurado	90x46x210	M	M	5	Fijo

Fuente: Adaptado de OPS 2004: 94

**Figura 3.14.** (a) (b) Instalaciones básicas y equipos en el 4<sup>to</sup> piso



(a)



(b)

**Tabla 3.22.** Vulnerabilidad de instalaciones y equipos en Sector J

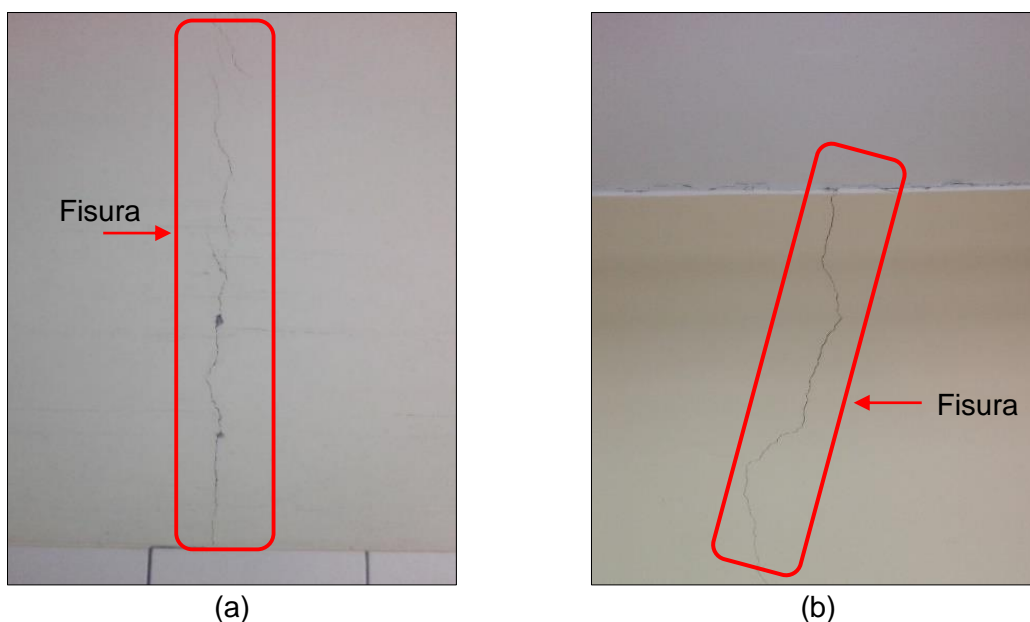
Tipo de Equipo Componente	Dimensión (cm) Características	(V)	(C)	Prioridad f (V, C)	Tipo de soporte
<b>Dormitorios - Primer piso</b>					
Cama clínica metálica	210x105x91	B	M	6	Rodable
Camarote de metal	200x175x102	B	M	6	Fijo
<b>Estrategia Sanitaria ITS-VIH/SIDA/TBC - Segundo piso</b>					
Incubadora de laboratorio	MEMMERT	B	M	6	Fijo
Esterilizador	MMM GROUP	M	A	2	Fijo
Centrífuga para tubos	UNICO	M	A	2	Fijo
Equipo de iluminación de emergencias UPS	28x8x26	B	A	3	Fijo
Camilla metálica para exámenes ginecológicos	170x60x71	B	A	3	Fijo
<b>Unidad de Registro del Cáncer y del Preventorio Regional - Segundo piso</b>					
Mesa (divan) universal para exámenes de ginecología y ur.	120x58x79	B	M	6	Fijo
Acumulador de energía- Equipo UPS	Centralion	B	A	3	Fijo
Equipo ecógrafo - ultrasonido	Samsung Medison	A	A	1	Rodable
Estante metálico de ángulo ranurado	510x30x220	B	M	6	Fijo

Fuente: Adaptado de OPS 2004: 94

## B. Evaluación de muros no estructurales

En diferentes ambientes del Sector E y J del HRC se observó y midió fisuras de diferente tamaño en muros no estructurales. En la Figura 3.15 (a) (b), se observan fisuras verticales medias (entre 1 y 2 mm) en los muros del Sector E.

**Figura 3.15.** Fisura en el muro (a) 2<sup>do</sup> piso (b) 4<sup>to</sup> piso



### C. Evaluación de acabados y terminaciones

En la evaluación de los acabados se observó el deterioro de éstos en algunas zonas. En la Figura 3.16 se observa el cielo raso con presencia de humedad en el Sector E, parte (a) escalera de escape en el cuarto piso (b) escalera central en el sexto piso

**Figura 3.16.** Estado del cielo raso en el Sector E (a) 4<sup>to</sup> piso (b) 6<sup>to</sup> piso



(a)



(b)

### D. Evaluación de columna corta

El sector E del HRC presenta el fenómeno de columna corta en todos sus pisos y el Sector J también presenta columna corta en el primer piso.

**Figura 3.17.** Columna corta (a) 2<sup>do</sup> piso del Sector E (b) 1<sup>er</sup> piso del Sector J



(a)



(b)

### **E. Evaluación de cielos rasos**

Se realizó la evaluación del falso cielo de dimensiones 0,60 x 0,60m, compuesto de baldosas de fibra mineral, suspendido por perfiles metálicos de acero galvanizado perimetrales fijados a las paredes, largueros ensamblados a los perimetrales, y travesaños ensamblados a estos últimos.

Se observó que existe evidencia de humedad y desprendimiento en los cielos falsos del Sector E.

**Figura 3.18.** Estado del cielo raso en el 2<sup>do</sup> piso del Sector E

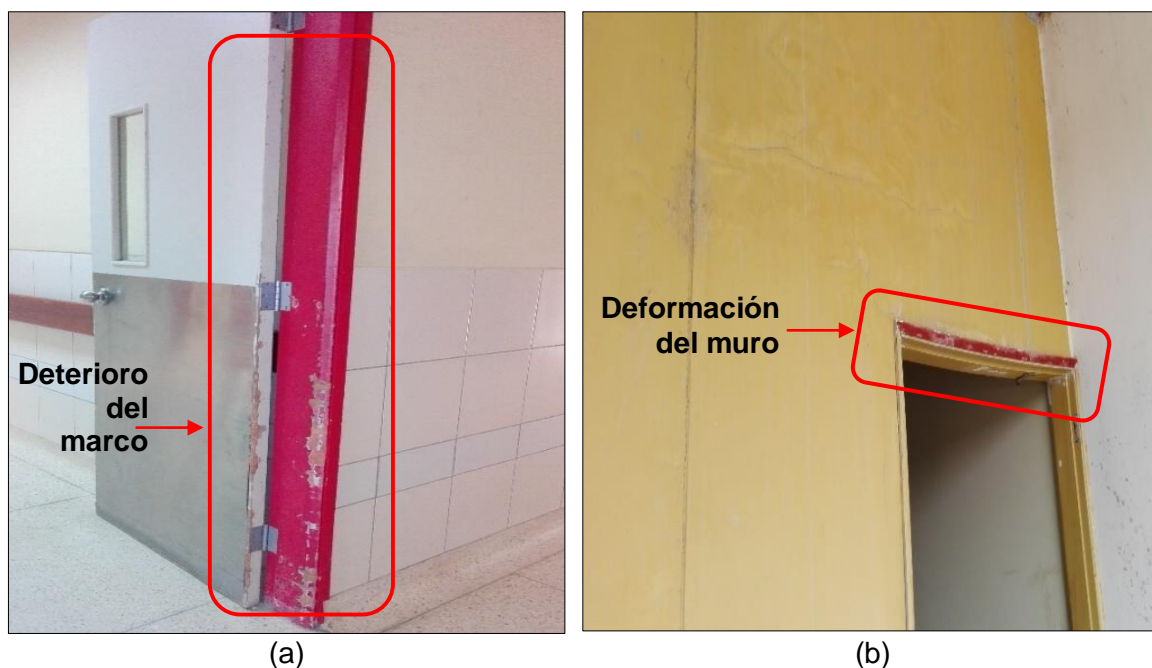


### **F. Evaluación de ventanería y puertas**

En la evaluación se observó que los marcos de las puertas, en algunas zonas del Sector E, se encuentran deteriorados. El marco de la puerta de una de las escaleras de escape se encuentra deformado en la parte superior, además los marcos de las ventanas no se encuentran protegidos, entonces puede romperse un número importante de vidrios por el daño o deformación de los marcos de las ventanas, ante un evento sísmico.

En la Figura 3.19, parte (a) el desprendimiento del marco de la puerta en el segundo piso, puede obstaculizar las vías de circulación y evacuación, casos así se observa en el edificio del Sector E; en la parte (b) hay deformación del muro no estructural ubicado en el primer piso en la zona de escalera de escape.

**Figura 3.19.** (a) (b) Evaluación de ventanería y puertas en el Sector E



## G. Resultados

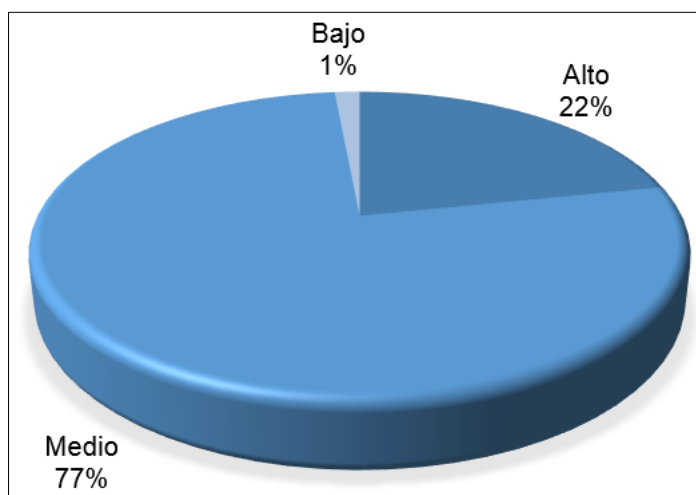
De la evaluación realizada, se obtuvo el grado de vulnerabilidad no estructural para el Sector E y J, tal como se muestra en la Tabla 3.23.

**Tabla 3.23.** Resultados de vulnerabilidad no estructural en Sector E y J

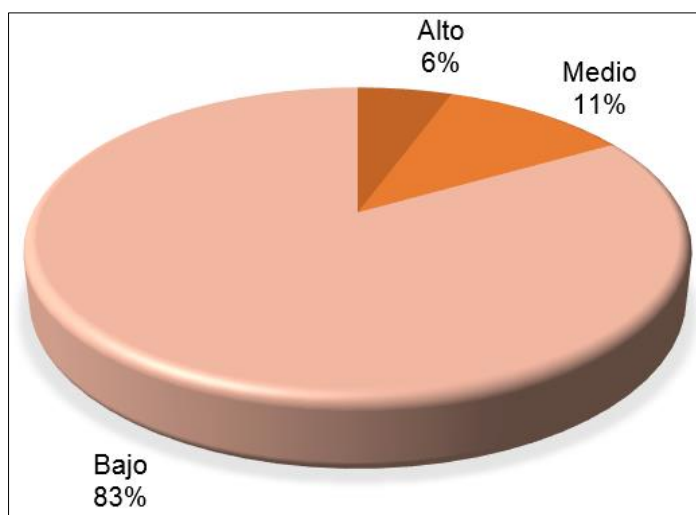
Criterio	Vulnerabilidad de los edificios por pisos						
	Sector E					Sector J	
	1 <sup>er</sup>	2 <sup>do</sup>	3 <sup>er</sup>	4 <sup>to</sup>	5 <sup>to</sup>	1 <sup>er</sup>	2 <sup>do</sup>
<b>Alta</b>	20 %	23 %	19 %	33 %	14 %	0 %	11 %
<b>Moderada</b>	80 %	77 %	74 %	67 %	86 %	0 %	22 %
<b>Baja</b>	0 %	0 %	7 %	0 %	0 %	100 %	67 %

La vulnerabilidad no estructural, para los edificios estudiados, se obtuvo del promedio de la vulnerabilidad no estructural calculada por pisos. Los resultados se muestran en la Figura 3.20 y Figura 3.21.

**Figura 3.20.** Resultados de vulnerabilidad no estructural en Sector E



**Figura 3.21.** Resultados de vulnerabilidad no estructural en Sector J



### **3.5.3. Evaluación de Vulnerabilidad Funcional**

Con el procedimiento descrito en el ítem 3.4.4 se evaluó el componente funcional del Sector E y J del HRC.

#### **A. Aspectos administrativos**

##### **A.1. Relación del Sector E y J del HRC con su entorno**

La relación es *Malo*, debido a que el acceso peatonal y vehicular al Sector E y J es por la misma vía principal, la calle adyacente al HRC correspondiente a la Av. Larry Jhonson; y en el caso de un evento sísmico severo, hay probabilidad que los vehículos y peatones, entren y salgan simultáneamente originando la obstaculización del tránsito en la vía principal del HRC.



## **A.2. Accesos vehiculares al Sector E y J**

**Acceso V-1:** conduce a la zona de estacionamientos y a través del Sector A se ingresa al segundo piso del Sector E.

*Regular:* Tiene una dimensión de la vía que permite la entrada y salida de vehículos simultáneamente por la misma entrada. La vía presenta pendiente longitudinal moderada.

**Acceso V-2:** conduce a la zona de estacionamientos y a través del Sector D se ingresa al segundo piso del Sector E.

*Malo:* Debido a que, si bien tiene una dimensión de la vía que permite la entrada y salida de vehículos simultáneamente por la misma entrada, la vía presenta pendiente longitudinal en subida.

**Acceso V-3:** conduce a la zona de estacionamientos, al Sector J y directamente al primer piso del Sector E (servicios generales, logística, talleres).

*Regular:* Debido a que, si bien tiene una dimensión de la vía que permite la entrada y salida de vehículos simultáneamente por la misma entrada, la vía presenta pendiente longitudinal en bajada.

## **A.3. Accesos peatonales al Sector E y J**

**Acceso P-1:** al hall principal del Sector A, donde se ubican dos entradas que conducen al segundo piso del Sector E.

*Regular:* Permite la entrada al público, a los pacientes ambulatorios, a las visitas y al personal del HRC hacia el Sector E, ingresando por el Sector A.

**Acceso P-2:** a la zona de estacionamientos del Sector D, por donde se ingresa al segundo piso del Sector E.

*Regular:* Permite la entrada al público, a los pacientes ambulatorios, a las visitas y al personal del HRC hacia el Sector E, ingresando por el Sector D.

**Acceso P-3:** al Sector J y directamente al primer piso del Sector E.

*Buena:* Es un acceso directo al Sector J y Sector E; por su ubicación facilita la entrada al público, pacientes ambulatorios, visitas, etc.

En la Figura 3.22, en la parte (a) se indica el acceso P-1 y V-1; en la parte (b) se observa la entrada al Sector A, por donde se ingresa al segundo piso del Sector E.

En la Figura 3.23, en la parte (a) (b) se observan los dos accesos al Sector E; el primero, por el área de Admisión y el segundo, por el área del Banco de Sangre.

En la Figura 3.24, en la parte (a) se indica el acceso P-2 y V-2; en la parte (b) se observa la entrada al Sector D, por donde se ingresa al segundo piso del Sector E.

En la Figura 3.25, en la parte (a) se indica el acceso P-3 y V-3; en la parte (b) se observa la entrada al Sector J y E.

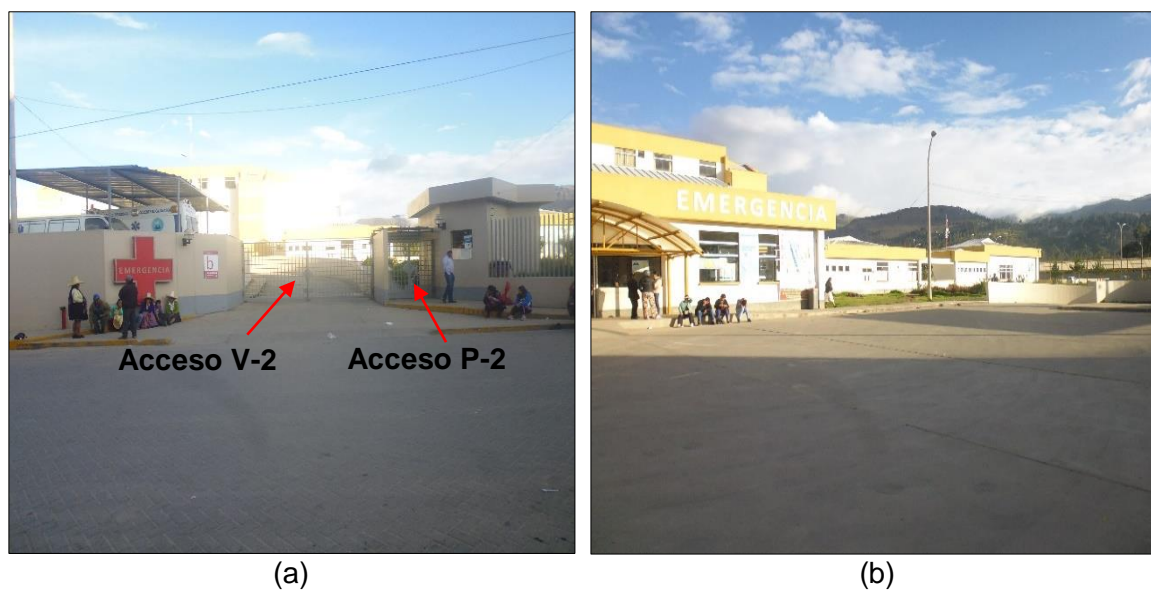
**Figura 3.22.** (a) (b) Acceso P-1 y V-1



**Figura 3.23.** (a) (b) Acceso al Sector E



**Figura 3.24.** (a) (b) Acceso P-2 y V-2



**Figura 3.25.** (a) (b) Acceso P-3 y V-3



#### **A.4. Edificaciones adyacentes**

La adyacencia del Sector E es *Buena*, porque es un bloque estructural independiente, separado de los demás sectores por juntas símicas.

La adyacencia del Sector J es *Buena*, porque es un bloque estructural independiente, sin edificios aledaños.

En la Figura 3.26, en la parte (a) se observa la junta que separa al edificio del Sector E, del edificio del Sector D; en la parte (b) se observa al Sector J.

**Figura 3.26.** (a) Sector E (b) Sector J



## **B. Aspectos organizativos**

El HRC ha formulado un Plan de Respuesta Hospitalaria, y para dar cumplimiento a las acciones de respuesta previstas tiene una organización que consta de:

- COE (Comité Operativo frente a Emergencias y Desastres) responsable del Programa de reducción de la vulnerabilidad y atenciones de emergencias.
- Equipos de atención hospitalaria, según la prioridad.
- Brigadas operativas.

Además, en el 2014 se realizó la evaluación de Seguridad Hospitalaria en el HRC, mediante la aplicación de la ficha de evaluación diseñada por la OPS para la medición del Índice de Seguridad Hospitalaria (ISH).

Para determinar el grado de vulnerabilidad funcional de los edificios estudiados, también se evaluaron los servicios que presta, para determinar la mayor o menor importancia en el manejo de emergencias.

En la Tabla 3.24 y Tabla 3.25 se presenta una lista de actividades típicas en el Sector E y J, respectivamente, y su relativa importancia en casos de emergencia ante la ocurrencia de un sismo.

La escala de importancia, según OPS (2004: 131) es 5 (indispensable), 4 (muy necesario), 3 (necesario), 2 (preferible), 1 (prescindible).

**Tabla 3.24.** Actividades típicas en Sector E

<b>Piso</b>	<b>Servicios clínicos y de apoyo</b>	<b>Importancia en casos de emergencia</b>
1 <sup>er</sup>	Grupo eléctrico	5
	Tablero general	5
	Sub estación	5
	Aire comprimido	5
	Sistema de vacío	5
	Óxido nitroso	5
	Talleres	4
	Logística	3
	Almacén general	3
	Comedor	3
	Sala de reuniones	3
	Adquisiciones	2
2 <sup>do</sup>	Cirugía menor	5
	Aislado	5
	Observación	5
	Área de refugio	5
	Rayos X	5
	Banco de Sangre	5
	Microbiología	4
	Bioquímica	4
	Hematología	4
	Serología	4
	Esterilización	4
	Ecografía	3
	Ultrasonido	3
	Admisión	3
	Aula	2
	Archivo	1
3 <sup>er</sup>	Salas	5
	Recuperación	5
	Cunas	5
	Aislado	5
	Sala de observaciones	5
	Sala de procedimientos	5
	Equipos	5
	Lactario	5
	Sala de legrados	5
	Sala de partos	5
	Anestesista	5
	Inducción	5
	Cunero fisiológico	5
	Estar personal	4
	Laboratorio	4
	Sala de Juntas	3

Continuación **Tabla 3.24.** Actividades típicas en Sector E

<b>Piso</b>	<b>Servicios clínicos y de apoyo</b>	<b>Importancia en casos de emergencia</b>
4 <sup>to</sup>	Cuarto UPS	5
	Sala de climatización	5
	Jefaturas	3
	Aulas	3
5 <sup>to</sup>	Hospitalización - Pediatría	5
	Hospitalización - Cirugía	5
	Hospitalización - Maternidad	5
	Hospitalización - Medicina	5
	Equipos	5
	Aislado	5
	Nefrología	4
	Tópico	3
	Estar	3

**Fuente:** Adaptado de OPS 2004: 131

**Tabla 3.25.** Actividades típicas el Sector J

<b>Piso</b>	<b>Servicios clínicos y de apoyo</b>	<b>Importancia en casos de emergencia</b>
1 <sup>er</sup>	Dormitorios	2
2 <sup>do</sup>	Toma de muestra	4
	Prevención del Cáncer	4
	Registro del Cáncer	4
	Consultorio TBC	3
	Unidad de Oncología	3
	Consultorios	3
	Estrategia Sanitaria	3
	Consejería	2
	Psicología	2

**Fuente:** Adaptado de OPS 2004: 131

En la evaluación en campo de las condiciones de los ambientes, respecto a su respuesta ante un eventual sismo severo, se observó que hay zonas que no tienen las condiciones para una adecuada circulación interna.

En la Figura 3.27 se observa el piso de instalaciones ubicado en el cuarto piso del Sector E y en la Figura 3.28, se observa la obstaculización del tránsito, parte (a) en la escalera de escape del Sector E, en la parte (b) corredor del segundo piso del Sector J.

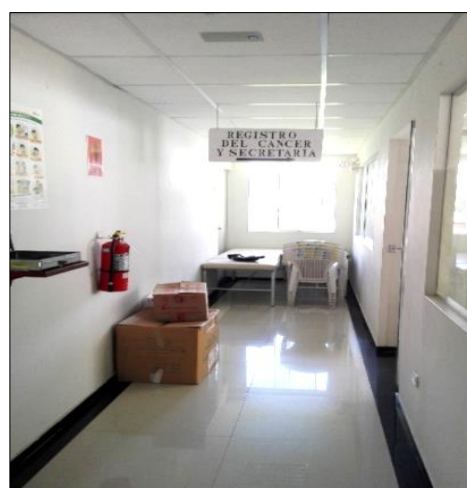
**Figura 3.27.** Piso de instalaciones



**Figura 3.28.** (a) escalera de escape del Sector E (b) pasillo del Sector J



(a)



(b)

### C. Resultados

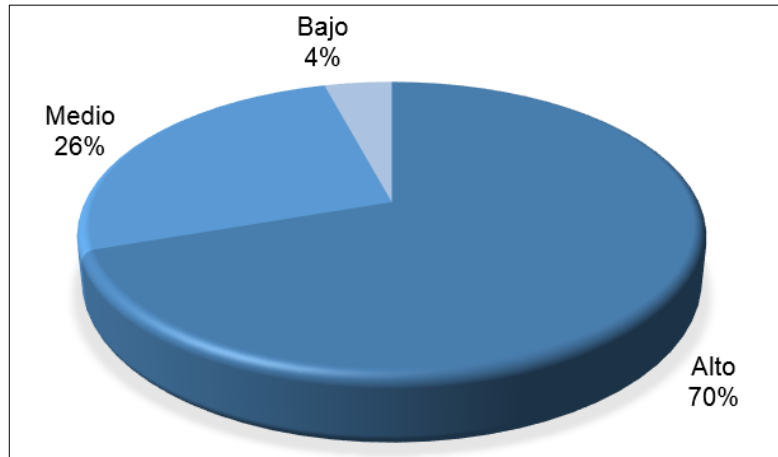
De la evaluación realizada, se obtuvo el grado de vulnerabilidad funcional para el Sector E y J, tal como se muestra en la Tabla 3.26.

**Tabla 3.26.** Resultados de vulnerabilidad funcional en Sector E y J

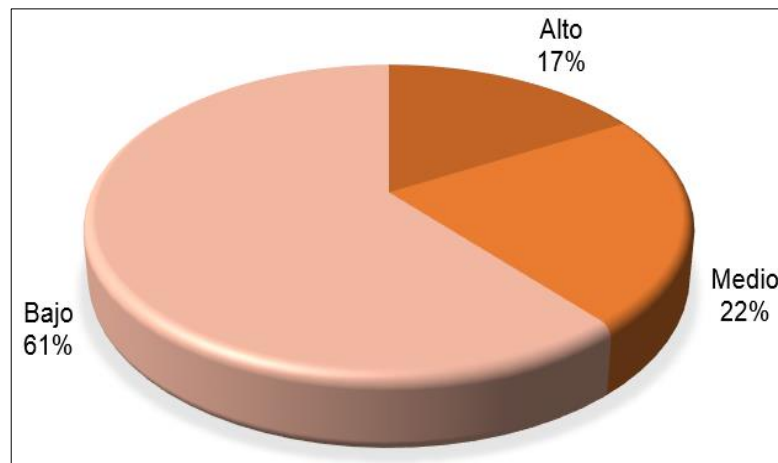
Criterio	Vulnerabilidad de los edificios por pisos						
	Sector E					Sector J	
	1 <sup>er</sup>	2 <sup>do</sup>	3 <sup>er</sup>	4 <sup>to</sup>	5 <sup>to</sup>	1 <sup>er</sup>	2 <sup>do</sup>
Alta	58 %	69 %	94 %	50 %	78 %	0 %	33 %
Moderada	33 %	19 %	6 %	50 %	22 %	0 %	44 %
Baja	8 %	13 %	0 %	0 %	0 %	100 %	22 %

La vulnerabilidad funcional, para los edificios estudiados, se obtuvo del promedio de la vulnerabilidad funcional calculada por pisos. Los resultados se muestran en la Figura 3.29 y Figura 3.30.

**Figura 3.29.** Resultados de vulnerabilidad funcional en Sector E



**Figura 3.30.** Resultados de vulnerabilidad funcional en Sector J



#### **3.5.4. Evaluación de Vulnerabilidad Sísmica**

El grado de vulnerabilidad sísmica depende de los resultados de la vulnerabilidad estructural, no estructural y funcional determinados en los ítems 3.5.1, 3.5.2, 3.5.3.

El detalle de los resultados sobre el nivel de vulnerabilidad estructural, no estructural y funcional, de los edificios estudiados, se indica en la Tabla 3.27.

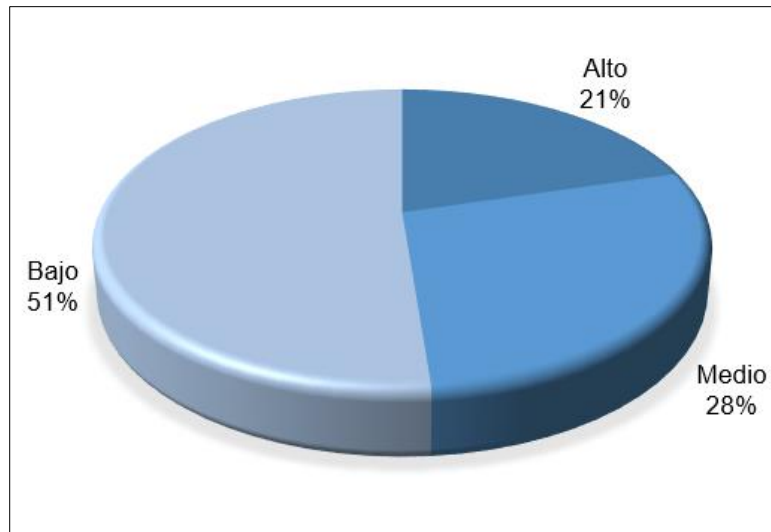
En la Figura 3.31 y Figura 3.32 se muestra el grado de vulnerabilidad sísmica para el Sector E y J.



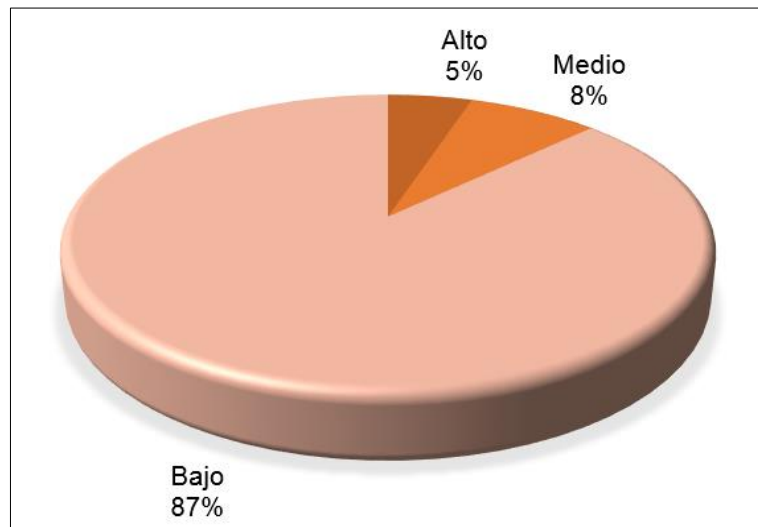
**Tabla 3.27.** Resultados de vulnerabilidad sísmica en Sector E y J

Vulnerabilidad	Nivel de Evaluación Sector E			Nivel de Evaluación Sector J		
	Alto	Medio	Bajo	Alto	Medio	Bajo
<b>Estructural</b>	0,00 %	0,00 %	100,00 %	0,00 %	0,00 %	100,00 %
<b>No estructural</b>	21,77 %	76,75 %	1,48 %	5,56 %	11,11 %	83,33 %
<b>Funcional</b>	69,72 %	26,11 %	4,17 %	16,67 %	22,22 %	61,11 %
<b>Sísmica</b>	<b>20,48 %</b>	<b>28,25 %</b>	<b>51,28 %</b>	<b>5,00 %</b>	<b>7,78 %</b>	<b>87,22 %</b>

**Figura 3.31.** Resultados de vulnerabilidad sísmica en Sector E



**Figura 3.32.** Resultados de vulnerabilidad sísmica en Sector J



**CAPITULO IV**  
**ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

---

---

#### **4.1. Análisis y discusión de resultados de Vulnerabilidad Estructural**

A continuación, se analizan y discuten los resultados que se han obtenido de la aplicación del Método ATC 21 – FEMA 154 y el Método de Hirosawa.

##### **4.1.1. Análisis y discusión de resultados del Método ATC 21 - FEMA 154**

La utilización del Método ATC 21, es el primer nivel que se empleó para determinar la vulnerabilidad estructural de los edificios; este procedimiento es congruente a la metodología de Guragain y Dixit (2004), Hernández y Lockhart (2011), Kiranbala y Sandhyarani (2016); puesto que, es necesario una evaluación preliminar de los edificios, de esta manera se determina si es necesario un estudio más detallado.

Para el Sector E, en el formulario de recolección de datos FEMA 154 se obtuvo una puntuación estructural final (S) igual a 0,9 (sistema de pórticos de concreto armado con placas C2) y para el Sector J, la puntuación estructural final (S) fue igual a 1,3 (sistema estructural de pórticos de concreto armado C1).

Los resultados en ambos edificios son menores a dos y mayores a cero ( $0 < S < 2$ ), por lo tanto, las estructuras tienen un regular comportamiento sísmico, siendo necesario una evaluación más detallada y revisión de los planos estructurales, por lo que se usó el Método de Hirosawa.

Se evidenció que, el Método ATC 21 se puede aplicar al Sector E y J, teniendo en cuenta los factores sísmicos de la NTE.030 (2016) y las características estructurales de los edificios estudiados, esto es cónsono con la investigación de Vizconde (2004).

##### **4.1.2. Análisis y discusión de resultados del Método de Hirosawa**

En el estudio de la vulnerabilidad estructural utilizando el Método de Hirosawa, para el Sector E se realizó el análisis del valor del Índice de Vulnerabilidad Estructural ( $I_S$ ), obteniendo que la estructura en la dirección X tiene mayor capacidad de resistencia sísmica que en la dirección Y. Este resultado se puede deber principalmente a las dimensiones de placas en la dirección X. Así mismo, el piso con menor capacidad de resistencia sísmica es el quinto, seguido del tercer, segundo, cuarto y primer piso (ver Tabla 3.16).

En el Sector J, el análisis del valor del Índice de Vulnerabilidad Estructural ( $I_S$ ), indica que la estructura en la dirección X tiene similar capacidad de resistencia sísmica que en la dirección Y (ver Tabla 3.16). Este resultado se puede deber principalmente a que, las columnas de concreto armado controlan la falla según la Tabla 2.5.

En la Tabla 3.16 se observa que para ambos edificios estudiados el valor del Índice de Vulnerabilidad Estructural ( $I_S$ ) es mayor que el valor del Índice de Juicio Estructural ( $I_{SO}$ ), de manera que los pisos son seguros en la dirección X y en la dirección Y.

Del análisis de los resultados obtenidos, con el Método ATC 21 y el Método de Hirosawa, se puede afirmar que el grado de vulnerabilidad estructural es baja para el Sector E y J; debido a que, los edificios estudiados tienen un comportamiento sísmico seguro frente a un evento sísmico.

El resultado del Método de Hirosawa en el Sector E indica que, los pisos son seguros ante la ocurrencia de un evento sísmico severo. Al respecto, Solano (2013), determinó que el edificio tiene un comportamiento rígido y las derivas máximas encontradas son 7 veces menores a lo establecido en la NTE.030.

La investigación de Morán-Rodríguez y Novelo-Casanova (2017), establece que los factores que aumentan la vulnerabilidad estructural son la falta de mantenimiento y tecnología para resistir el sismo, y el uso de formas arquitectónicas complejas. En este estudio se evidenció que, el edificio del Sector E presenta: columnas cortas, deterioro por presencia de humedades, fisuras en elementos estructurales, y fisuras en el piso que probablemente es ocasionado por el asentamiento del suelo.

El resultado obtenido en el Sector J concuerda con lo establecido por Chávez *et al.* (2014), principalmente por sus características arquitectónicas y estructurales.

#### **4.2. Análisis y discusión de resultados de Vulnerabilidad No Estructural**

De la evaluación de la vulnerabilidad no estructural se desprende que, es necesario realizar un estudio previo del componente estructural, como lo señala Ugarte *et al.* (1997). Además, para determinar el grado de vulnerabilidad no estructural es importante la participación del personal que labora en el hospital, y la disponibilidad de datos primarios, de acuerdo a la metodología de la OPS (Guragain y Dixit 2004).

Los resultados de esta investigación señalan que, el edificio del Sector E presenta vulnerabilidad no estructural media en 76,75 % y el edificio del Sector J tiene vulnerabilidad no estructural baja en 83,33 % (ver Tabla 3.27, Figura 3.20 y Figura 3.21).

Esto porque en el Sector E, algunas instalaciones básicas y equipo médico no tienen adecuada protección, además no presentan rigidización adecuada en relación a su tamaño, peso y material. Estos resultados evidencian lo anteriormente expuesto por Morán-Rodríguez y Novelo-Casanova (2017), en relación a los factores que determinan la vulnerabilidad no estructural.

Del estudio realizado, se tiene que los muros de albañilería del Sector E y J, no están aislados de los pórticos y ante un evento sísmico severo, se presentará el fenómeno de columna corta, provocando daños en los elementos estructurales y en el componente arquitectónico.

Las instalaciones y el equipo médico presentan medio de soporte, anclaje y/o arriostramiento vulnerable por sus características, lo que ocasionaría daño en las instalaciones y equipos ante la ocurrencia de un evento sísmico severo; en tal caso, su contenido, capacidad operativa y el funcionamiento se verían afectados.

El estudio individual de los edificios, determinó que la vulnerabilidad no estructural es diferente para el Sector E y J, resultado que difiere de lo presentado por Chávez *et al.* (2014), donde concluyen que el HRC tiene vulnerabilidad no estructural baja.

### **4.3. Análisis y discusión de resultados de Vulnerabilidad Funcional**

El Sector E y J del HRC, tienen un Plan de Respuesta Hospitalaria que mejora la capacidad de respuesta frente a emergencias y desastres ya sean internos o externos, esto hace que los edificios sean menos vulnerables sísmicamente en el aspecto organizativo. Pero en el Sector E, aún hay cosas por mejorar, como brindar mantenimiento a las rutas de escape, que actualmente contribuye a la alta vulnerabilidad funcional del edificio.

Del estudio de la vulnerabilidad funcional, se determinó que el edificio del Sector E presenta vulnerabilidad funcional alta en 69,72 % y el edificio del Sector J tiene vulnerabilidad funcional baja en 61,11 % (ver Tabla 3.27, Figura 3.29 y Figura 3.30).

La investigación realizada por Guragain y Dixit (2004), Morán-Rodríguez y Novelo-Casanova (2017) en el componente funcional, es consistente con los resultados obtenidos en esta investigación, porque es necesario que el personal que labora en el Sector E y J del HRC tenga conocimiento de la vulnerabilidad sísmica de los edificios; además, conocer los lineamientos del Plan de Respuesta Hospitalaria es un aspecto importante para determinar el grado de vulnerabilidad funcional en los edificios estudiados.

El resultado obtenido en el Sector E es concurrente con el estudio realizado por Chávez *et al.* (2014), donde concluyen que el HRC tiene vulnerabilidad funcional alta.

El resultado obtenido en el Sector J puede diferir del estudio realizado por Chávez *et al.* (2014), porque en su estudio presentan los resultados en forma global y hasta la fecha no han actualizado el Índice de Seguridad Hospitalaria en el HRC.

#### **4.4. Análisis y discusión de resultados de Vulnerabilidad Sísmica**

Los resultados de esta investigación discrepan de la hipótesis propuesta. Se afirma que el Sector E presenta vulnerabilidad sísmica baja en un 51,28 % y el edificio del Sector J tiene vulnerabilidad sísmica baja en un 87,22 % (ver Tabla 3.27, Figura 3.31 y Figura 3.32).

Los estudios de Chávez *et al.* (2014), Morán-Rodríguez y Novelo-Casanova (2017), Ugarte *et al.* (1997) y Vizconde (2004) establecen que, en la determinación del grado de vulnerabilidad sísmica, debe estudiarse el componente estructural, seguido del componente no estructural y funcional. En este estudio se evidenció que, el resultado de la evaluación del componente estructural es significativo para evaluar el componente no estructural y funcional.

Se obtuvo que la vulnerabilidad estructural tiene mayor influencia en la determinación de la vulnerabilidad sísmica, porque el daño ocasionado a la estructura principal afecta el componente no estructural y funcional de los edificios estudiados.

La evaluación de los establecimientos de salud en México, realizado por Morán-Rodríguez y Novelo-Casanova (2017), dio como resultado que los centros de salud tienen un alto nivel de vulnerabilidad sísmica, resultado que difiere al obtenido en el Sector E y J del HRC; debido a que, los edificios evaluados presentan solo algunos de los problemas que se estudió en los establecimientos de salud en México, respecto a los tres componentes: estructural, no estructural y funcional.

**CAPÍTULO V**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

---

---



## 5.1. Conclusiones

De los resultados obtenidos y su discusión, se establecen las siguientes conclusiones:

- La hipótesis no se valida pues se determina que, el grado de vulnerabilidad sísmica es baja para el Sector E y J, considerando el componente estructural, no estructural y funcional.
- El grado de vulnerabilidad estructural es baja para el Sector E y J, aplicando el Método ATC 21 - FEMA 154 y el Método de Hirosawa.
- La vulnerabilidad no estructural es media para el Sector E y es baja para el Sector J, aplicando la metodología de la OPS/OMS.
- La vulnerabilidad funcional es alta para el Sector E y es baja para el Sector J, aplicando la metodología de la OPS/OMS.

## 5.2. Recomendaciones

De acuerdo a las conclusiones anteriores, se exponen temas a ser estudiados en futuros trabajos de investigación, de modo que las recomendaciones son:

- Utilizar la metodología FEMA 154, en la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de los establecimientos del Sector Salud de la región.
- Evaluar la vulnerabilidad sísmica de los establecimientos del Sector Salud, que requieran un estudio más minucioso, con el Método de Hirosawa.
- Investigar la influencia del asentamiento del suelo, existente actualmente en el edificio del Sector E, sobre la presencia de fisuras en elementos estructurales y no estructurales.
- Investigar las patologías en estructuras de concreto y albañilería del Sector E y J, que influyen en la vulnerabilidad sísmica.
- Realizar un estudio comparativo de la NTE. 030 vigente con códigos sísmicos de otros países.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ATC (Applied Technology Council, Estados Unidos de América). 2002. Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards. 2 ed. Washington DC, Estados Unidos de América. 140 p. Federal Emergency Management Agency (FEMA) 154.
- Barbat, AH. 1998. El riesgo sísmico en el diseño de edificios. Madrid, España, Calidad Siderúrgica. 248 p. (Series Cuadernos técnicos).
- Barros Bastidas, LM; Peñafiel Plazarte, MJ. 2015. Análisis comparativo económico – estructural entre un sistema aperturado, un sistema aperturado con muros estructurales y un sistema de paredes portantes, en un edificio de 10 pisos. Tesis Ing. Quito, Ecuador, Escuela Politécnica Nacional. 227 p.
- BBC Mundo (British Broadcasting Corporation, Londres). 2014. ¿Por qué el 90% de los terremotos suceden en el Cinturón del Pacífico? (en línea, sitio web). BBC, Londres, Inglaterra; 26 ago. Consultado 02 dic. 2017. Disponible en [http://www.bbc.com/mundo/noticias/2014/08/140826\\_ciencia\\_cinturon\\_fuego\\_pacifico\\_zona\\_mas\\_sismica\\_mundo\\_iv](http://www.bbc.com/mundo/noticias/2014/08/140826_ciencia_cinturon_fuego_pacifico_zona_mas_sismica_mundo_iv).
- Beauperthuy U, JL; Urich B, AJ. s.f. El efecto de columna corta: estudio de casos. B.R.S. Ingenieros, C.A. s.l., s.e. (12p.)
- Bonett Díaz, RL. 2003. Vulnerabilidad y Riesgo Sísmico de Edificios. Aplicación a entornos urbanos en zonas de amenaza alta y moderada. Tesis Dr. Barcelona, España, Universidad Politécnica de Cataluña. 474 p.
- Briceño, AP; Carreras, NH. 2013. Análisis y diseño de muros estructurales de concreto, considerando las experiencias de los terremotos de Chile 2010 y Nueva Zelanda 2011. Tesis Ing. Caracas, Venezuela, Universidad Católica Andrés Bello. 165 p.
- Chávez Lara, D; Chávez Lara, M; Ruiz Ruiz, N. 2014. Evaluación del Hospital Regional de Cajamarca. Cajamarca, Perú, Gobierno Regional de Cajamarca. 29 p.

- Chumacero Torres, SN. 2009. Vulnerabilidad de los Centros de Salud ante desastres. Tesis Ing. Lima, Perú, Universidad Nacional de Ingeniería. 82 p.
- Díaz Tafur, CT. 2016. Comportamiento Estructural del Bloque N°01 del Hospital Regional de Cajamarca. Tesis Ing. Cajamarca, Perú, Universidad Nacional de Cajamarca. 96 p.
- ECHO (Departamento de Asistencia Humanitaria y Protección Civil de la Comunidad Europea, Bélgica) / MINSA (Ministerio de Salud, Perú) / IPSS (Instituto Peruano de Seguridad Social) / OMS (Organización Mundial de la Salud, Suiza); OPS (Organización Panamericana de la Salud, Estados Unidos). 1997. Diagnóstico de Vulnerabilidad Sísmica en Hospitales de Perú. Lima, Perú. 16 p. Informe General del Proyecto ECHO-Perú.
- Fernandez Párraga, A; Párraga Catay, CN. 2013. Vulnerabilidad Sísmica de Centros Educativos de Huancayo Metropolitano. Tesis Ing. Huancayo, Perú, Universidad Nacional del Centro del Perú. 235 p.
- Gobierno Regional de Cajamarca. 2009. Expediente Técnico: Hospital Regional de Cajamarca. Cajamarca, Perú. s.p.
- Guragain, R; Dixit, AD. 2004. Seismic Vulnerability Assessment of Hospitals in Nepal. 13th World Conference on Earthquake Engineering (13, 2004, Vancouver, Canadá). Vancouver, Canadá, 13 WCEE. 9 p. Paper N° 1706.
- Hernández, JDB; Lockhart Castro, SA. 2011. Metodología para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones de hormigón armado existente (en línea). Ciencia y Sociedad XXXVI (2): 256-275. Consultado 04 ene. 2018. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=87019757004>.
- Hospital Regional de Cajamarca. 2014. Plan Maestro de Inversiones 2014 – 2034. Cajamarca, Perú. 251 p. Oficina Ejecutiva de Planeamiento Estratégico.
- Iglesias, J; Robles, F; de la Cera, J; Gonzáles, OM. 1985, Reparación de estructuras de concreto y mampostería. México, Universidad Autónoma Metropolitana. 127 p. Versión Preliminar.

- INDECI (Instituto Nacional de Defensa Civil, Perú). 2005. Programa de Prevención y Medidas de Mitigación ante Desastres ciudad de Cajamarca. Cajamarca, Perú. 80p.
- Kiranbala Devi, T; Sandhyarani Devi, S. 2016. Seismic Vulnerability Assessment of existing Hospital Buildings in Imphal City. 3rd International Conference on Recent Innovations in Science, Technology, Management and Environment (3, 2016, Nueva Delhi, India). Nueva Delhi, India, Indian Federation of United Nations Associations. 10 p.
- Luna Victoria Vera, EA. 1998. Determinación del Índice de Juicio Estructural Iso para El Método de Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de Hirosawa. Tesis Ing. Lima, Perú, Universidad Nacional de Ingeniería. 114 p.
- Mattos Castro, FY. 2014. Evaluación de vulnerabilidad sísmica del edificio municipal del distrito de Río Negro a través del Método de Hirosawa. Tesis Ing. Lima, Perú, Universidad Nacional de Ingeniería. 73 p.
- Mena Hernández, U. 2002. Evaluación del Riesgo Sísmico en Zonas Urbanas. Tesis Dr. Barcelona, España, Universidad Politécnica de Cataluña. 234 p.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, República del Perú. 2006. Norma E.020 “Cargas” del Reglamento Nacional de Edificaciones. Lima, Perú, El Peruano. 23 may. 8 p.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, República del Perú. 2006. Norma E.070 “Albañilería” del Reglamento Nacional de Edificaciones. Lima, Perú, El Peruano. 23 may. 15 p.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, República del Perú. 2009. Norma E.060 “Concreto Armado” del Reglamento Nacional de Edificaciones. Lima, Perú, El Peruano. 08 may. 205 p.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, República del Perú. 2016. Norma E.030 “Diseño Sismorresistente” del Reglamento Nacional de Edificaciones. Lima, Perú, El Peruano. 24 ene. 32 p.

- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, República del Perú. 2017. Sistema de Construcción en Seco ETERNIT, Resolución Ministerial N°400-2017-Vivienda. Lima, Perú, El Peruano. 21 oct. 14 p.
- MINSA (Ministerio de Salud, Perú); Comité Nacional de Hospitales Seguros Frente a los Desastres. 2010. Política Nacional de Hospitales Seguros Frente a los Desastres. Lima, Perú, SINCO Editores. 32 p.
- Morales-Soto, N; Sato-Onuma, J. 2008. Vulnerabilidad Sísmica del Componente Organizativo y Funcional de Grandes Hospitales (en línea). SciELO Perú 25 (2): 225-229. Consultado 06 dic. 2017. Disponible en [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1726-46342008000200012](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342008000200012).
- Morales Soto, R; Onuma Sato, J. 1997. Proyecto de la Vulnerabilidad Sísmica en Hospitales del Perú: Hospital Nacional Daniel Alcides Carrión. Componente Funcional y Organizativo. Lima, Perú, MINSA/ECHO/OMS-OPS. 22 p.
- Morán-Rodríguez, S; Novelo-Casanova, DA. 2017. A methodology to estimate seismic vulnerability of health facilities. Case study: Mexico City, Mexico (en línea). Springer Netherlands 31 oct. 2017: 1-27. Consultado 10 dic. 2017. Disponible en <https://link.springer.com/article/10.1007/s11069-017-3101-2>.
- ONEMI (Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior y Seguridad Pública, Chile). 2013. Recomendaciones “antes, durante y después” de Sismos y Terremotos. Santiago, Chile. 28 p.
- OPS (Organización Panamericana de la Salud, Estados Unidos de América). 1993. Mitigación de Desastres en las Instalaciones de la Salud (en línea). Washington DC, Estados Unidos de América. v. 1, 75 p. Consultado 04 dic. 2017. Disponible en <http://helid.digicollection.org/en/d/Jm0054s/>.
- OPS (Organización Panamericana de la Salud, Estados Unidos de América). 2004. Fundamentos para la mitigación de desastres en establecimientos de salud (en línea). 2 ed. Washington DC, Estados Unidos de América. 168 p. (Serie Mitigación de Desastres). Consultado 04 dic. 2017. Disponible en <http://helid.digicollection.org/es/d/Js8287s/>

- OPS (Organización Panamericana de la Salud, Estados Unidos de América). 2010. Índice de seguridad hospitalaria: Guía para la evaluación de establecimientos de salud de mediana y baja complejidad (en línea). Washington DC, Estados Unidos de América. 149 p. (Serie Hospitales seguros frente a desastres, 3). Consultado 27 dic. 2017. Disponible en [https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv\\_publica/docs/estudios\\_documentos/documentos/hs\\_frente\\_desastres/guias\\_pdfs/indice.pdf](https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/estudios_documentos/documentos/hs_frente_desastres/guias_pdfs/indice.pdf)
- Perea Rentería, YA. 2012. Sistemas Constructivos y Estructurales Aplicados al Desarrollo Habitacional. Tesis Especialista en Gerencia de la Construcción. Medellín, Colombia, Universidad De Medellín. 161 p.
- Solano Camacho, NE. 2013. Evaluación del Comportamiento Sísmico del Sector E del Hospital Regional de Cajamarca. Tesis Ing. Cajamarca, Perú, Universidad Nacional de Cajamarca. 143 p.
- Sucuoğlu, H; Akkar, S. 2014. Basic Earthquake Engineering: From Seismology to Analysis and Design. Estambul, Turquía, Springer International Publishing Switzerland. 297 p.
- Tavera, H; Buforn, E. 1998. Sismicidad y sismotectónica de Perú. Física de la Tierra (10): 187-219.
- Ugarte Casafranca, C; Gallardo Tapia, J; Mesarina Escobar, P; García Martínez, EA; Sato Onuma, JM; Parra Murrugarra, D; Rivera Luna, MP; Pacherras Ato, S; Torres Cabrejos, R; Morales Soto, NR; Sato Onuma, J; Gamarra, T. 1997. Proyecto de la Vulnerabilidad Sísmica en Hospitales del Perú: Estudio de Vulnerabilidad del Hospital Nacional Cayetano Heredia. Lima, Perú, MINSA/ECHO/OMS-OPS. 497 p.
- Universidad Nacional de Colombia; Facultad de Minas. 2011. Vulnerabilidad Sísmica y Patológico de la Institución Universitaria, Tecnológico de Antioquia. Medellín, Colombia. 48p.
- UNSCHE (Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, Perú); Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil. s.f. Sistema de Construcción en seco (DRYWALL). Ayacucho, Perú. 80 p.

Vizconde Campos, A. 2004. Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de un Edificio Existente: Clínica San Miguel, Piura. Tesis Ing. Piura, Perú, Universidad de Piura. 298 p.

Yépez, F; Barbat, AH; Canas, JA. 1995. Riesgo, peligrosidad y vulnerabilidad sísmica de edificios de mampostería. Barcelona, España, Universidad Politécnica de Cataluña. 108 p. Monografía CIMNE IS-12.

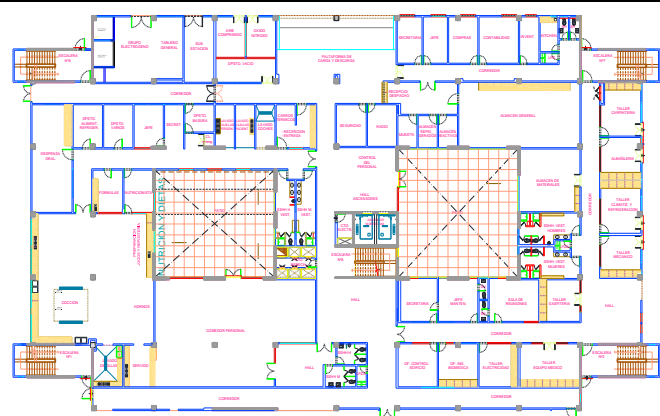




## APÉNDICE

---

---

Apéndice 1. Formulario FEMA 154 para el Sector E

 <p style="text-align: center;">Planta</p>  <p style="text-align: center;">Elevación</p> <p style="text-align: center;">Escala: S/E</p>	<p><b>Dirección:</b> Av. Larry Jhonson N° S/N  <b>Código Postal:</b> 06003  <b>Otras identificaciones:</b> Edificación esencial  <b>Niveles:</b> 5  <b>Año construcción:</b> 2009  <b>Evaluadora:</b> Janeth Rodríguez Villanueva  <b>Fecha:</b> 15.01.2018  <b>Área total de planta:</b> 3070.08 m<sup>2</sup>  <b>Nombre del Edificio:</b> Sector E (HRC)  <b>Uso:</b> Establecimiento de Salud Público</p>
	

OCUPACIÓN			TIPO DE SUELO							ELEMENTOS CON RIESGO DE CAER					
Sala pública	Gobierno	N <sup>o</sup> Personas	A	B	C	D	E	F	-Otros						
Comercial	Oficina	0 - 10	Roca dura	Roca común	Suelo denso	Suelo rígido	Suelo blando	Suelo pobre							
Residencial	Histórico	11 - 100													
Edif. Escolares	Industrial	101 - 1000													
Serv. Emergencia		1000+													
PUNTAJES ESTRUCTURALES BÁSICOS Y MODIFICADORES															
TIPO DE EDIFICIO	W1	W2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (RC)	S5 (URM)	C1 (MRF)	C2 (SW)	C3 (URM)	PC1 (TU)	PC2 (FD)	RM1 (RD)	RM2 (RD)	URM
Puntaje Básico	4.4	3.8	2.8	3.0	3.2	2.8	2.0	2.5	2.8	1.6	2.6	2.4	2.8	2.8	1.8
Altura mediana (4 a 7 pisos)	N/A	N/A	0.2	0.4	N/A	0.4	0.4	0.4	0.4	0.2	N/A	0.2	0.4	0.4	0.0
Atura alta (mayor a 7 pisos)	N/A	N/A	0.6	0.8	N/A	0.8	0.8	0.6	0.8	0.3	N/A	0.4	N/A	0.6	N/A
Irregularidad vertical	-2.5	-2.0	-1.0	-1.5	N/A	-1.0	-1.0	-1.5	-1.0	-1.0	N/A	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
Irregularidad en planta	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5
Pre - Código	0.0	-1.0	-1.0	-0.8	-0.6	-0.8	-0.2	-1.2	-1.0	-0.2	-0.8	-0.8	-1.0	-0.8	-0.2
Post - Benchmark	2.4	2.4	1.4	1.4	N/A	1.6	N/A	1.4	2.4	N/A	2.4	N/A	2.8	2.6	N/A
Suelo Tipo C	0.0	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4
Suelo Tipo D	0.0	-0.8	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6
Suelo Tipo E	0.0	-0.8	-1.2	-1.2	-1.0	-1.2	-0.8	-1.2	-0.8	-0.8	-0.4	-1.2	-0.4	-0.6	-0.8
<b>PUNTAJE FINAL, S</b>										<b>0.9</b>					
<b>COMENTARIOS</b>												<i>Requiere evaluación detallada</i>			
1. El Sector E, tiene estructura de pórticos de concreto armado con placas (C2). 2. Presenta suelo arcilloso de baja plasticidad (CL) con presencia de arena arcillosa y gravas. 3. Los elementos con riesgo de caer son: elementos arquitectónicos, equipamiento e instalaciones básicas. 4. La puntuación estructural final (S) igual a 0.9 es menor a dos y mayor a cero (0 < S < 2), entonces la estructura tiene un regular comportamiento sísmico, siendo necesario una evaluación más detallada.												<input checked="" type="checkbox"/> SÍ <input type="checkbox"/> NO			

MRF: Marco resistente a momento  
BR: Marco reforzado  
LM: Metal ligero

RC: Concreto reforzado  
SW: Muro de corte  
URM INF: Albañilería de relleno no reforzada

FD: Diafragma flexible  
RD: Diafragma rígido



### Apéndice 3. Parámetros del Método de Hirosawa para el Sector E y J

Tabla A.1. Metrado de cargas en columna 13-K Sector E

Piso	Elemento	Peso Unitario (kg/m <sup>3</sup> ) o Carga viva (kg/m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> ) o Área (m <sup>2</sup> )	Peso Parcial (kg)	P. Acumulado (kg)
	<b>Carga Muerta</b>			<b>28433.70</b>	
5 <sup>to</sup>	Losa Aligerada	350.00	46.82	16387.00	30287.70
	Viga	2400.00	2.52	6043.68	
	Columna	2400.00	0.45	1069.20	
	Acabados	100.00	49.34	4933.82	
	<b>Carga Viva</b>			<b>1854.00</b>	
	Techo	100.00	18.54	1854.00	
	<b>Carga Muerta</b>			<b>44883.50</b>	
4 <sup>to</sup>	Losa Aligerada	401.88	48.80	19611.74	57449.50
	Viga	2400.00	2.55	6130.08	
	Columna	2400.00	0.53	1267.20	
	Tabiquería Fija	1800.00	7.08	12739.06	
	Acabados	100.00	51.35	5135.42	
	<b>Carga Viva</b>			<b>12566.00</b>	
	Cuartos	200.00	32.01	6402.00	
	Corredores	400.00	15.41	6164.00	
	<b>Carga Muerta</b>			<b>40574.89</b>	
3 <sup>er</sup>	Losa Aligerada	401.88	48.80	19611.74	54808.89
	Viga	2400.00	2.55	6130.08	
	Columna	2400.00	0.59	1425.60	
	Tabiquería Fija	1800.00	4.66	8391.47	
	Acabados	100.00	50.16	5016.00	
	<b>Carga Viva</b>			<b>14234.00</b>	
	Cuartos	200.00	30.13	6026.00	
	Corredores	400.00	20.52	8208.00	
	<b>Carga Muerta</b>			<b>44809.18</b>	
2 <sup>do</sup>	Losa Aligerada	401.88	48.80	19611.74	63414.18
	Viga	2400.00	2.53	6060.96	
	Columna	2400.00	0.70	1689.60	
	Tabiquería Fija	1800.00	6.97	12539.88	
	Acabados	100.00	49.07	4907.00	
	<b>Carga Viva</b>			<b>18605.00</b>	
	Zonas de servicio	300.00	14.59	4377.00	
	Corredores	400.00	35.57	14228.00	
	<b>Carga Muerta</b>			<b>47389.17</b>	
1 <sup>er</sup>	Losa Aligerada	401.88	49.28	19804.65	64401.17
	Viga	2400.00	2.54	6095.52	
	Columna	2400.00	1.12	2686.20	
	Tabiquería Fija	1800.00	10.45	18802.80	
	<b>Carga Viva</b>			<b>17012.00</b>	
		Zonas de servicio	300.00	26.16	
	Corredores	400.00	22.91	9164.00	

**Tabla A.2.** Metrado de cargas en columna 19-F3 Sector J

Piso	Elemento	Peso Unitario (kg/m <sup>3</sup> ) o Carga viva (kg/m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> ) o Área (m <sup>2</sup> )	Peso Parcial (kg)	P. Acumulado (kg)
	<b>Carga Muerta</b>			<b>7991.82</b>	
	Losa Aligerada	300.00	12.86	3858.00	
	Viga	2400.00	0.88	2116.20	
	Columna	2400.00	0.25	604.80	
	Tabiquería Móvil	9.50	4.07	38.64	
1 <sup>er</sup>	Acabados	100.00	13.74	1374.18	<b>14120.72</b>
	<b>Carga Viva</b>			<b>6128.90</b>	
	Techo	100.00	15.60	1560.00	
	Cielo raso	1.34	15.60	20.90	
	Zonas de servicio	300.00	8.96	2688.00	
	Corredores	400.00	4.65	1860.00	

**Tabla A.3.** Cálculo de  $\sum A_{ma}$  para el Sector E

Referencia	Muro		Área (m <sup>2</sup> )
	Largo (m)	Espesor (m)	
<b>Primer Piso - Dirección X</b>			<b>70.48</b>
Eje 9 de G a H	4.60	0.15	<b>0.69</b>
Eje 9 de H a I	4.65	0.15	<b>0.70</b>
Eje 9 de K a O	1.00	0.30	<b>0.30</b>
Eje 9' de F a P	26.48	0.15	<b>3.97</b>
Eje 9' de F a P	58.32	0.15	<b>8.75</b>
Eje 10 de F a P	38.68	0.15	<b>5.80</b>
Eje 10' de L a O	21.75	0.15	<b>3.26</b>
Eje 11 de H a P	33.42	0.15	<b>5.01</b>
Eje 11' de J a K	12.49	0.15	<b>1.87</b>
Eje 11' de N a O	4.10	0.25	<b>1.03</b>
Eje 11' de O a P	1.95	0.15	<b>0.29</b>
Eje 11' de O a P	5.03	0.25	<b>1.26</b>
Eje 12 de F a O	20.07	0.15	<b>3.01</b>
Eje 12' de G a P	20.25	0.15	<b>3.04</b>
Eje 13 de F a O	35.73	0.15	<b>5.36</b>
Eje 13' de F a P	53.17	0.15	<b>7.98</b>
Eje 14 de F a P	45.09	0.15	<b>6.76</b>
Eje 14' de F a P	39.55	0.15	<b>5.93</b>
Eje 15 de G a O	36.48	0.15	<b>5.47</b>
<b>Primer Piso - Dirección Y</b>			<b>62.36</b>
Eje F de 10 a 14	26.85	0.15	<b>4.03</b>
Eje F' de 12 a 14	11.85	0.15	<b>1.78</b>
Eje G de 9 a 13	7.60	0.15	<b>1.14</b>
Eje G' de 9 a 15	22.43	0.15	<b>3.36</b>
Eje H de 10 a 13	11.58	0.15	<b>1.74</b>
Eje H' de 13 a 15	16.65	0.15	<b>2.50</b>
Eje I de 13 a 14	6.90	0.15	<b>1.04</b>
Eje I de 14 a 15	6.40	0.25	<b>1.60</b>
Eje I' de 13 a 15	14.49	0.15	<b>2.17</b>

Continuación **Tabla A.3.** Cálculo de  $\sum A_{ma}$  para el Sector E

Referencia	Muro		
	Largo (m)	Espesor (m)	Área (m <sup>2</sup> )
<b>Primer Piso - Dirección Y</b>			
Eje J de 9 a 15	19.49	0.15	<b>2.92</b>
Eje J' de 9 a 14	43.48	0.15	<b>6.52</b>
Eje K de 9 a 10	1.87	0.15	<b>0.28</b>
Eje K de 11 a 12	3.45	0.25	<b>0.86</b>
Eje K de 13 a 15	5.99	0.15	<b>0.90</b>
Eje K' de 9 a 14	12.05	0.15	<b>1.81</b>
Eje L de 9 a 10	4.48	0.15	<b>0.67</b>
Eje L de 10 a 11	6.90	0.25	<b>1.73</b>
Eje L de 11 a 15	16.68	0.15	<b>2.50</b>
Eje L' de 9 a 15	27.60	0.15	<b>4.14</b>
Eje M de 13 a 14	6.90	0.15	<b>1.04</b>
Eje M' de 9 a 15	20.17	0.15	<b>3.03</b>
Eje N de 9 a 10	4.33	0.25	<b>1.08</b>
Eje N de 11 a 15	11.85	0.15	<b>1.78</b>
Eje N' de 10 a 15	21.78	0.15	<b>3.27</b>
Eje O de 9 a 15	23.73	0.15	<b>3.56</b>
Eje O' de 11 a 14	21.55	0.15	<b>3.23</b>
Eje P de 10 a 14	24.60	0.15	<b>3.69</b>
<b>Segundo Piso - Dirección X</b>			<b>90.30</b>
Eje 9 de G a N	23.55	0.15	<b>3.53</b>
Eje 9' de F a J	37.17	0.15	<b>5.58</b>
Eje 9' de J a L	5.65	0.15	<b>0.85</b>
	3.30	0.25	<b>0.83</b>
Eje 9' de L a P	11.13	0.15	<b>1.67</b>
Eje 10 de F a P	28.58	0.15	<b>4.29</b>
Eje 10' de F a G	5.18	0.15	<b>0.78</b>
Eje 10' de G a I	19.51	0.15	<b>2.93</b>
	3.68	0.25	<b>0.92</b>
Eje 10' de I a P	54.20	0.15	<b>8.13</b>
Eje 11 de F a P	49.75	0.15	<b>7.46</b>
Eje 11' de F a K	27.49	0.15	<b>4.12</b>
Eje 11' de N a P	3.68	0.15	<b>0.55</b>
	10.43	0.25	<b>2.61</b>
Eje 12 de F a P	20.01	0.15	<b>3.00</b>
Eje 12' de F a P	49.84	0.15	<b>7.48</b>
Eje 13 de F a O	38.56	0.15	<b>5.78</b>
Eje 13' de G a J	29.49	0.15	<b>4.42</b>
Eje 13' de K a O	42.91	0.15	<b>6.44</b>
	8.63	0.25	<b>2.16</b>
Eje 13' de O a P	16.99	0.15	<b>2.55</b>
Eje 14 de F a O	37.84	0.15	<b>5.68</b>
Eje 14' de F a P	5.95	0.15	<b>0.89</b>
Eje 15 de G a O	51.13	0.15	<b>7.67</b>

Continuación **Tabla A.3.** Cálculo de  $\sum A_{ma}$  para el Sector E

Referencia	Muro		
	Largo (m)	Espesor (m)	Área (m <sup>2</sup> )
<b>Segundo Piso - Dirección Y</b>			<b>75.99</b>
Eje F de 10 a 13	17.95	0.15	<b>2.69</b>
Eje F' de 9 a 10	3.37	0.25	<b>0.84</b>
Eje F' de 10 a 14	27.03	0.15	<b>4.05</b>
Eje F' de 14 a 15	3.38	0.25	<b>0.85</b>
Eje G de 9 a 14	24.28	0.15	<b>3.64</b>
Eje G' de 9 a 15	38.86	0.15	<b>5.83</b>
Eje H de 9 a 15	18.76	0.15	<b>2.81</b>
Eje H' de 9 a 15	13.40	0.15	<b>2.01</b>
Eje I de 9 a 15	21.55	0.15	<b>3.23</b>
Eje I' de 9 a 15	12.30	0.15	<b>1.85</b>
Eje J de 9 a 11	41.78	0.15	<b>6.27</b>
Eje J' de 11 a 13	14.85	0.15	<b>2.23</b>
Eje K de 9 a 15	1.80	0.25	<b>0.45</b>
Eje K de 9 a 15	19.63	0.15	<b>2.94</b>
Eje K' de 9 a 15	29.94	0.15	<b>4.49</b>
Eje L de 9 a 11	10.90	0.15	<b>1.64</b>
Eje L de 11 a 12	1.20	0.20	<b>0.24</b>
Eje L de 12 a 13	4.50	0.15	<b>0.68</b>
Eje L de 13 a 14	3.50	0.30	<b>1.05</b>
Eje L de 14 a 15	0.80	0.15	<b>0.12</b>
Eje L' de 9 a 15	17.23	0.15	<b>2.58</b>
Eje M de 13 a 14	5.10	0.15	<b>0.77</b>
Eje M' de 13 a 15	7.30	0.15	<b>1.10</b>
Eje N de 9 a 15	29.90	0.15	<b>4.49</b>
Eje N' de 9 a 13	36.61	0.15	<b>5.49</b>
Eje N' de 13 a 15	5.65	0.15	<b>0.85</b>
Eje N' de 13 a 15	3.85	0.25	<b>0.96</b>
Eje O de 9 a 14	21.64	0.15	<b>3.25</b>
Eje O' de 9 a 10	3.38	0.25	<b>0.85</b>
Eje O' de 11 a 14	21.55	0.15	<b>3.23</b>
Eje O' de 11 a 15	3.35	0.25	<b>0.84</b>
Eje P de 10 a 14	24.60	0.15	<b>3.69</b>
<b>Tercer Piso - Dirección X</b>			<b>91.16</b>
Eje 9 de G a O	43.10	0.15	<b>6.47</b>
Eje 9' de F a P	45.13	0.15	<b>6.77</b>
Eje 10 de F a P	41.86	0.15	<b>6.28</b>
Eje 10' de F a P	79.47	0.15	<b>11.92</b>
Eje 11 de F a O	34.45	0.15	<b>5.17</b>
Eje 11' de F a K	22.72	0.15	<b>3.41</b>
Eje 11' de N a P	20.40	0.15	<b>3.06</b>
Eje 11' de N a P	4.87	0.25	<b>1.22</b>
Eje 12 de F a P	8.96	0.15	<b>1.34</b>
Eje 12' de F a P	20.27	0.15	<b>3.04</b>
Eje 13 de H a P	38.75	0.15	<b>5.81</b>

Continuación **Tabla A.3.** Cálculo de  $\sum A_{ma}$  para el Sector E

Referencia	Muro		
	Largo (m)	Espesor (m)	Área (m <sup>2</sup> )
<b>Tercer Piso - Dirección X</b>			
Eje 13' de F a G	8.45	0.15	<b>1.27</b>
	1.35	0.25	<b>0.34</b>
Eje 13' de G a P	80.91	0.15	<b>12.14</b>
Eje 14 de F a P	47.05	0.15	<b>7.06</b>
Eje 14' de F a P	54.70	0.15	<b>8.21</b>
Eje 15 de G a O	51.13	0.15	<b>7.67</b>
<b>Tercer Piso - Dirección Y</b>			<b>83.70</b>
Eje F de 10 a 15	26.85	0.15	<b>4.03</b>
Eje F' de 9 a 10	3.37	0.25	<b>0.84</b>
Eje F' de 10 a 14	19.40	0.15	<b>2.91</b>
Eje F' de 14 a 15	3.37	0.25	<b>0.84</b>
Eje G de 9 a 15	23.18	0.15	<b>3.48</b>
Eje G' de 9 a 15	44.15	0.15	<b>6.62</b>
Eje H de 11 a 13	5.17	0.15	<b>0.78</b>
	2.18	0.30	<b>0.65</b>
Eje H de 13 a 14	4.50	0.15	<b>0.68</b>
Eje H' de 9 a 15	43.94	0.15	<b>6.59</b>
Eje I de 10 a 11	2.77	0.15	<b>0.42</b>
Eje I' de 9 a 15	32.12	0.15	<b>4.82</b>
Eje J de 10 a 11	6.90	0.15	<b>1.04</b>
Eje J de 11 a 13	4.12	0.15	<b>0.62</b>
	2.18	0.30	<b>0.65</b>
Eje J' de 10 a 15	44.14	0.15	<b>6.62</b>
Eje K de 9 a 11	10.98	0.15	<b>1.65</b>
Eje K de 11 a 13	3.45	0.25	<b>0.86</b>
Eje K de 14 a 15	6.40	0.15	<b>0.96</b>
Eje K' de 9 a 15	32.22	0.15	<b>4.83</b>
Eje L de 9 a 11	10.98	0.15	<b>1.65</b>
Eje L de 11 a 12	1.20	0.20	<b>0.24</b>
Eje L de 12 a 14	9.00	0.15	<b>1.35</b>
	9.22	0.15	<b>1.38</b>
Eje L' de 9 a 11	2.25	0.25	<b>0.56</b>
Eje L' de 13 a 15	18.73	0.15	<b>2.81</b>
Eje M de 9 a 15	13.40	0.15	<b>2.01</b>
Eje M' de 9 a 15	31.39	0.15	<b>4.71</b>
Eje N de 10 a 15	16.15	0.15	<b>2.42</b>
Eje N' de 9 a 15	29.75	0.15	<b>4.46</b>
Eje O de 9 a 14	15.94	0.15	<b>2.39</b>
Eje O' de 9 a 10	3.37	0.25	<b>0.84</b>
Eje O' de 10 a 14	27.49	0.15	<b>4.12</b>
Eje O' de 14 a 15	3.37	0.25	<b>0.84</b>
Eje P de 10 a 14	26.85	0.15	<b>4.03</b>



Continuación **Tabla A.3.** Cálculo de  $\sum A_{ma}$  para el Sector E

Referencia	Muro		
	Largo (m)	Espesor (m)	Área (m <sup>2</sup> )
<b>Cuarto Piso - Dirección X</b>			<b>36.32</b>
Eje 9 de G a O	47.34	0.15	<b>7.10</b>
Eje 9' de F a P	8.72	0.15	<b>1.31</b>
Eje 10 de F a P	8.42	0.15	<b>1.26</b>
Eje 10' de K a L	4.72	0.15	<b>0.71</b>
Eje 11 de H a N	22.75	0.15	<b>3.41</b>
Eje 11' de J a K	19.47	0.15	<b>2.92</b>
Eje 12' de G a H	3.35	0.15	<b>0.50</b>
	3.35	0.25	<b>0.84</b>
Eje 12' de J a K	10.86	0.15	<b>1.63</b>
Eje 13 de H a N	32.26	0.15	<b>4.84</b>
Eje 13' de M a N	6.00	0.15	<b>0.90</b>
Eje 14 de F a P	17.50	0.15	<b>2.63</b>
Eje 14' de F a P	4.00	0.15	<b>0.60</b>
Eje 15 de G a O	51.13	0.15	<b>7.67</b>
<b>Cuarto Piso - Dirección Y</b>			<b>32.76</b>
Eje F de 10 a 14	26.85	0.15	<b>4.03</b>
Eje F' de 9 a 15	6.75	0.25	<b>1.69</b>
Eje G de 9 a 15	3.12	0.15	<b>0.47</b>
Eje G' de 12 a 13	6.82	0.15	<b>1.02</b>
Eje H de 11 a 13	7.34	0.15	<b>1.10</b>
Eje J de 11 a 14	13.21	0.15	<b>1.98</b>
Eje J' de 9 a 11	14.25	0.15	<b>2.14</b>
Eje J' de 11 a 13	15.95	0.15	<b>2.39</b>
	3.30	0.25	<b>0.83</b>
Eje K de 9 a 11	13.45	0.15	<b>2.02</b>
Eje K de 11 a 12	3.45	0.25	<b>0.86</b>
Eje K de 13 a 14	6.65	0.15	<b>1.00</b>
Eje K' de 9 a 11	14.55	0.15	<b>2.18</b>
Eje L de 9 a 14	20.20	0.15	<b>3.03</b>
Eje M' de 13 a 14	6.52	0.15	<b>0.98</b>
Eje N de 11 a 13	7.50	0.15	<b>1.13</b>
Eje O de 9 a 10	1.36	0.15	<b>0.20</b>
Eje O' de 9 a 10	6.75	0.25	<b>1.69</b>
Eje P de 10 a 14	26.85	0.15	<b>4.03</b>
<b>Quinto Piso - Dirección X</b>			<b>104.57</b>
Eje 8' de L a O	21.90	0.15	<b>3.29</b>
Eje 9 de G a L	20.53	0.15	<b>3.08</b>
Eje 9' de F a P	40.70	0.15	<b>6.11</b>
Eje 10 de E' a P'	58.27	0.15	<b>8.74</b>
Eje 10' de F a P	69.40	0.15	<b>10.41</b>
Eje 11 de F a P	44.21	0.15	<b>6.63</b>
Eje 11' de F a P	65.52	0.15	<b>9.83</b>
Eje 12' de F a P	86.39	0.15	<b>12.96</b>
Eje 13 de G a O	27.49	0.15	<b>4.12</b>

Continuación **Tabla A.3.** Cálculo de  $\sum A_{ma}$  para el Sector E

Referencia	Muro		
	Largo (m)	Espesor (m)	Área (m <sup>2</sup> )
<b>Quinto Piso - Dirección X</b>			
Eje 13' de F a P	96.93	0.15	<b>14.54</b>
Eje 14 de F a P	59.20	0.15	<b>8.88</b>
Eje 14' de F a P	48.72	0.15	<b>7.31</b>
Eje 15' de G a O	57.90	0.15	<b>8.69</b>
<b>Quinto Piso - Dirección Y</b>			<b>108.71</b>
Eje F de 10 a 14	26.85	0.15	<b>4.03</b>
Eje F' de 9 a 15	15.46	0.25	<b>3.87</b>
Eje G de 9 a 15'	24.17	0.15	<b>3.63</b>
Eje G' de 9 a 15'	68.89	0.15	<b>10.33</b>
Eje H de 9 a 15'	21.65	0.15	<b>3.25</b>
Eje H' de 9 a 15'	49.85	0.15	<b>7.48</b>
Eje I de 9 a 15'	14.55	0.15	<b>2.18</b>
Eje I' de 9 a 15'	45.91	0.15	<b>6.89</b>
Eje J de 9 a 15'	30.26	0.15	<b>4.54</b>
Eje J' de 9 a 11	5.00	0.15	<b>0.75</b>
Eje J' de 11 a 14	21.60	0.15	<b>3.24</b>
Eje J' de 14 a 15'	3.45	0.25	<b>0.86</b>
Eje J' de 14 a 15'	16.05	0.15	<b>2.41</b>
Eje K de 9 a 11	4.85	0.15	<b>0.73</b>
Eje K de 11 a 13	3.45	0.25	<b>0.86</b>
Eje K de 13 a 15'	3.55	0.15	<b>0.53</b>
Eje K de 13 a 15'	11.62	0.15	<b>1.74</b>
Eje K' de 9 a 15'	21.05	0.15	<b>3.16</b>
Eje L de 9' a 15'	31.05	0.15	<b>4.66</b>
Eje L' de 9' a 15'	57.36	0.15	<b>8.60</b>
Eje M de 9 a 15'	15.80	0.15	<b>2.37</b>
Eje M' de 9 a 15'	51.50	0.15	<b>7.73</b>
Eje N de 9 a 15'	23.30	0.15	<b>3.50</b>
Eje N' de 9 a 15'	70.56	0.15	<b>10.58</b>
Eje O de 9' a 15'	25.26	0.15	<b>3.79</b>
Eje O' de 9 a 10	3.38	0.25	<b>0.85</b>
Eje O' de 10 a 14	8.70	0.15	<b>1.31</b>
Eje O' de 14 a 15	3.38	0.25	<b>0.85</b>
Eje P de 10 a 14	26.85	0.15	<b>4.03</b>

**Tabla A.4.** Cálculo de  $\sum A_{ma}$  para el Sector J

Referencia	Muro		
	Largo (m)	Espesor (m)	Área (m <sup>2</sup> )
<b>Dirección X</b>			<b>13.23</b>
Eje 18 de D1 a G2	21.60	0.15	<b>3.24</b>
Eje 19 de D2 a G2	21.60	0.15	<b>3.24</b>
Eje 19' de D1 a F1	21.60	0.15	<b>3.24</b>
Eje 20 de D1 a G2	23.40	0.15	<b>3.51</b>
<b>Dirección Y</b>			<b>10.89</b>
Eje D1 de 18 a 20	6.45	0.15	<b>0.97</b>
Eje D1' de 18 a 20	6.00	0.15	<b>0.90</b>
Eje D2 de 18 a 20	5.25	0.15	<b>0.79</b>
Eje D2' de 18 a 20	6.00	0.15	<b>0.90</b>
Eje F1 de 18 a 20	5.40	0.15	<b>0.81</b>
Eje F1' de 18 a 19	3.15	0.15	<b>0.47</b>
Eje F2 de 18 a 20	5.40	0.15	<b>0.81</b>
Eje F2' de 18 a 20	6.00	0.15	<b>0.90</b>
Eje F3 de 18 a 20	5.25	0.15	<b>0.79</b>
Eje F3' de 18 a 20	6.00	0.15	<b>0.90</b>
Eje G1 de 18 a 20	5.25	0.15	<b>0.79</b>
Eje G1' de 18 a 20	6.00	0.15	<b>0.90</b>
Eje G2 de 18 a 20	6.45	0.15	<b>0.97</b>

**Tabla A.5.** Cálculo de  $\sum A_{m1}$ ,  $\sum A_{m2}$ ,  $\sum A_{m3}$ ,  $\sum A_{m4}$  para el Sector E

Referencia	Placa					Tipo
	Largo (L) (m)	Alto (H) (m)	Espesor (t)	Área (L.t) (m <sup>2</sup> )	Esbeltez H/L	
<b>Primer Piso – Dirección X</b>						
Eje 9 de I a J	7.75	4.30	0.30	<b>2.33</b>	0.55	Am3
Eje 9' de F a G'	7.30	4.30	0.20	<b>1.46</b>	0.59	Am3
Eje 9' de O a P'	7.30	4.30	0.20	<b>1.46</b>	0.59	Am3
	2.10	3.70	0.15	<b>0.32</b>	1.76	Am3
Eje 10 de E' a G	0.55	3.70	0.30	<b>0.17</b>	6.73	Am4
	4.65	4.30	0.20	<b>0.93</b>	0.92	Am3
	4.65	4.30	0.20	<b>0.93</b>	0.92	Am3
Eje 10 de O a P'	0.55	3.70	0.30	<b>0.17</b>	6.73	Am4
	2.10	3.70	0.15	<b>0.32</b>	1.76	Am3
	1.60	3.70	0.30	<b>0.48</b>	2.31	Am4
Eje 11 de H a J	2.55	3.70	0.30	<b>0.77</b>	1.45	Am3
	1.50	3.70	0.30	<b>0.45</b>	2.47	Am4
	0.55	3.70	0.30	<b>0.17</b>	6.73	Am4
Eje 11 de K a L	6.65	4.30	0.15	<b>1.00</b>	0.65	Am3
	1.60	3.70	0.30	<b>0.48</b>	2.31	Am4
Eje 11 de L a N	2.55	3.70	0.30	<b>0.77</b>	1.45	Am3
	1.60	3.70	0.30	<b>0.48</b>	2.31	Am4
	1.53	3.70	0.15	<b>0.23</b>	2.42	Am4
Eje 11' de K a L	7.50	4.30	0.25	<b>1.88</b>	0.57	Am3

Continuación **Tabla A.5.** Cálculo de  $\sum A_{m1}$ ,  $\sum A_{m2}$ ,  $\sum A_{m3}$ ,  $\sum A_{m4}$  para el Sector E

Referencia	Placa					
	Largo (L)	Alto (H)	Espesor	Área (L.t)	Esbeltez	Tipo
	(m)	(m)	(t)	(m <sup>2</sup> )	H/L	
<b>Primer Piso – Dirección X</b>						
Eje 12 de K a L	2.94	3.70	0.20	<b>0.59</b>	1.26	Am3
	0.88	3.70	0.20	<b>0.18</b>	4.20	Am4
Eje 12' de H a I	1.57	3.70	0.15	<b>0.24</b>	2.36	Am4
Eje 12' de I a J	1.58	3.70	0.15	<b>0.24</b>	2.34	Am4
	1.60	3.70	0.30	<b>0.48</b>	2.31	Am4
Eje 13 de H a J	2.55	3.70	0.30	<b>0.77</b>	1.45	Am3
	1.27	3.70	0.30	<b>0.38</b>	2.91	Am4
Eje 13 de L a N	1.60	3.70	0.30	<b>0.48</b>	2.31	Am4
	2.55	3.70	0.30	<b>0.77</b>	1.45	Am3
Eje 14 de E' a G	1.60	3.70	0.30	<b>0.48</b>	2.31	Am4
	2.10	3.70	0.15	<b>0.32</b>	1.76	Am3
Eje 14 de O a P'	0.55	3.70	0.30	<b>0.17</b>	6.73	Am4
	4.65	4.30	0.20	<b>0.93</b>	0.92	Am3
Eje 14' de E' a G	4.65	4.30	0.20	<b>0.93</b>	0.92	Am3
	0.55	3.70	0.30	<b>0.17</b>	6.73	Am4
Eje 14' de O a P'	2.10	3.70	0.15	<b>0.32</b>	1.76	Am3
	7.30	4.30	0.20	<b>1.46</b>	0.59	Am3
Eje 14' de O a P'	7.30	4.30	0.20	<b>1.46</b>	0.59	Am3
Eje 15 de G a H	0.50	3.70	0.15	<b>0.08</b>	7.40	Am4
Eje 15 de H a I	0.50	3.70	0.15	<b>0.08</b>	7.40	Am4
Eje 15 de L a M	1.17	3.70	0.15	<b>0.18</b>	3.16	Am4
Eje 15 de M a N	0.50	3.70	0.15	<b>0.08</b>	7.40	Am4
Eje 15 de N a O	0.50	3.70	0.15	<b>0.08</b>	7.40	Am4
<b>Segundo Piso – Dirección X</b>						
Eje 9 de I a J	7.75	3.80	0.30	<b>2.33</b>	0.49	Am3
Eje 9' de F a G'	7.30	3.80	0.20	<b>1.46</b>	0.52	Am3
Eje 9' de O a P'	7.30	3.80	0.20	<b>1.46</b>	0.52	Am3
	2.10	3.20	0.15	<b>0.32</b>	1.52	Am3
Eje 10 de E' a G	0.55	3.20	0.30	<b>0.17</b>	5.82	Am4
	4.65	3.80	0.20	<b>0.93</b>	0.82	Am3
Eje 10 de O a P'	4.65	3.80	0.20	<b>0.93</b>	0.82	Am3
	0.55	3.20	0.30	<b>0.17</b>	5.82	Am4
Eje 10' de E' a G	2.10	3.20	0.15	<b>0.32</b>	1.52	Am3
	1.60	3.20	0.30	<b>0.48</b>	2.00	Am3
Eje 11 de H a J	2.55	3.20	0.30	<b>0.77</b>	1.25	Am3
	1.50	3.20	0.30	<b>0.45</b>	2.13	Am4
Eje 11 de K a L	0.55	3.20	0.30	<b>0.17</b>	5.82	Am4
	6.65	3.80	0.15	<b>1.00</b>	0.57	Am3
Eje 11 de L a N	1.60	3.20	0.30	<b>0.48</b>	2.00	Am3
	2.55	3.20	0.30	<b>0.77</b>	1.25	Am3
Eje 11' de K a L	1.60	3.20	0.30	<b>0.48</b>	2.00	Am3
	1.53	3.20	0.15	<b>0.23</b>	2.09	Am4
Eje 11' de K a L	7.50	3.80	0.25	<b>1.88</b>	0.51	Am3

Continuación **Tabla A.5.** Cálculo de  $\sum A_{m1}$ ,  $\sum A_{m2}$ ,  $\sum A_{m3}$ ,  $\sum A_{m4}$  para el Sector E

Referencia	Placa					
	Largo (L)	Alto (H)	Espesor	Área (L.t)	Esbeltez	Tipo
	(m)	(m)	(t)	(m <sup>2</sup> )	H/L	
<b>Segundo Piso – Dirección X</b>						
Eje 12 de K a L	2.94	3.20	0.20	<b>0.59</b>	1.09	Am3
	0.88	3.20	0.20	<b>0.18</b>	3.64	Am4
Eje 13 de H a J	1.60	3.20	0.30	<b>0.48</b>	2.00	Am3
	2.55	3.20	0.30	<b>0.77</b>	1.25	Am3
	1.27	3.20	0.30	<b>0.38</b>	2.52	Am4
Eje 13 de L a N	1.60	3.20	0.30	<b>0.48</b>	2.00	Am3
	2.55	3.20	0.30	<b>0.77</b>	1.25	Am3
	1.60	3.20	0.30	<b>0.48</b>	2.00	Am3
Eje 14 de E' a G	2.10	3.20	0.15	<b>0.32</b>	1.52	Am3
	0.55	3.20	0.30	<b>0.17</b>	5.82	Am4
	4.65	3.80	0.20	<b>0.93</b>	0.82	Am3
Eje 14 de O a P'	4.65	3.80	0.20	<b>0.93</b>	0.82	Am3
	0.55	3.20	0.30	<b>0.17</b>	5.82	Am4
	2.10	3.20	0.15	<b>0.32</b>	1.52	Am3
Eje 14' de E' a G	7.30	3.80	0.20	<b>1.46</b>	0.52	Am3
Eje 14' de O a P'	7.30	3.80	0.20	<b>1.46</b>	0.52	Am3
Eje 15 de G a H	0.50	3.20	0.15	<b>0.08</b>	6.40	Am4
Eje 15 de H a I	0.50	3.20	0.15	<b>0.08</b>	6.40	Am4
Eje 15 de L a M	1.17	3.20	0.15	<b>0.18</b>	2.74	Am4
Eje 15 de M a N	0.50	3.20	0.15	<b>0.08</b>	6.40	Am4
Eje 15 de N a O	0.50	3.20	0.15	<b>0.08</b>	6.40	Am4
<b>Tercer Piso – Dirección X</b>						
Eje 9 de I a J	7.75	3.30	0.30	<b>2.33</b>	0.43	Am3
Eje 9' de F a G'	7.30	3.30	0.20	<b>1.46</b>	0.45	Am3
Eje 9' de O a P'	7.30	3.30	0.20	<b>1.46</b>	0.45	Am3
	2.10	2.70	0.15	<b>0.32</b>	1.29	Am3
Eje 10 de E' a G	0.55	2.70	0.30	<b>0.17</b>	4.91	Am4
	4.65	3.30	0.20	<b>0.93</b>	0.71	Am3
	4.65	3.30	0.20	<b>0.93</b>	0.71	Am3
Eje 10 de O a P'	0.55	2.70	0.30	<b>0.17</b>	4.91	Am4
	2.10	2.70	0.15	<b>0.32</b>	1.29	Am3
	1.60	2.70	0.30	<b>0.48</b>	1.69	Am3
Eje 11 de H a J	2.55	2.70	0.30	<b>0.77</b>	1.06	Am3
	1.50	2.70	0.30	<b>0.45</b>	1.80	Am3
Eje 11 de K a L	0.55	2.70	0.30	<b>0.17</b>	4.91	Am4
	6.65	3.30	0.15	<b>1.00</b>	0.50	Am3
	1.60	2.70	0.30	<b>0.48</b>	1.69	Am3
Eje 11 de L a N	2.55	2.70	0.30	<b>0.77</b>	1.06	Am3
	1.60	2.70	0.30	<b>0.48</b>	1.69	Am3
Eje 11' de K a L	1.53	2.70	0.15	<b>0.23</b>	1.76	Am3
	7.50	3.30	0.25	<b>1.88</b>	0.44	Am3
Eje 12 de K a L	2.94	2.70	0.20	<b>0.59</b>	0.92	Am3
	0.88	2.70	0.20	<b>0.18</b>	3.07	Am4

Continuación **Tabla A.5.** Cálculo de  $\sum A_{m1}$ ,  $\sum A_{m2}$ ,  $\sum A_{m3}$ ,  $\sum A_{m4}$  para el Sector E

Referencia	Placa					
	Largo (L)	Alto (H)	Espesor	Área (L.t)	Esbeltez	Tipo
	(m)	(m)	(t)	(m <sup>2</sup> )	H/L	
<b>Tercer Piso – Dirección X</b>						
	1.60	2.70	0.30	<b>0.48</b>	1.69	Am3
Eje 13 de H a J	2.55	2.70	0.30	<b>0.77</b>	1.06	Am3
	1.27	2.70	0.30	<b>0.38</b>	2.13	Am4
	1.60	2.70	0.30	<b>0.48</b>	1.69	Am3
Eje 13 de L a N	2.55	2.70	0.30	<b>0.77</b>	1.06	Am3
	1.60	2.70	0.30	<b>0.48</b>	1.69	Am3
	2.10	2.70	0.15	<b>0.32</b>	1.29	Am3
Eje 14 de E' a G	0.55	2.70	0.30	<b>0.17</b>	4.91	Am4
	4.65	3.30	0.20	<b>0.93</b>	0.71	Am3
	4.65	3.30	0.20	<b>0.93</b>	0.71	Am3
Eje 14 de O a P'	0.55	2.70	0.30	<b>0.17</b>	4.91	Am4
	2.10	2.70	0.15	<b>0.32</b>	1.29	Am3
Eje 14' de E' a G	7.30	3.30	0.20	<b>1.46</b>	0.45	Am3
Eje 14' de O a P'	7.30	3.30	0.20	<b>1.46</b>	0.45	Am3
Eje 15 de G a H	0.50	2.70	0.15	<b>0.08</b>	5.40	Am4
Eje 15 de H a I	0.50	2.70	0.15	<b>0.08</b>	5.40	Am4
Eje 15 de L a M	1.17	2.70	0.15	<b>0.18</b>	2.31	Am4
Eje 15 de M a N	0.50	2.70	0.15	<b>0.08</b>	5.40	Am4
Eje 15 de N a O	0.50	2.70	0.15	<b>0.08</b>	5.40	Am4
<b>Cuarto Piso – Dirección X</b>						
Eje 9 de I a J	7.75	3.00	0.30	<b>2.33</b>	0.39	Am3
Eje 9' de F a G'	7.30	3.00	0.20	<b>1.46</b>	0.41	Am3
Eje 9' de O a P'	7.30	3.00	0.20	<b>1.46</b>	0.41	Am3
	2.10	2.40	0.15	<b>0.32</b>	1.14	Am3
Eje 10 de E' a G	0.55	2.40	0.30	<b>0.17</b>	4.36	Am4
	4.65	3.00	0.20	<b>0.93</b>	0.65	Am3
	4.65	3.00	0.20	<b>0.93</b>	0.65	Am3
Eje 10 de O a P'	0.55	2.40	0.30	<b>0.17</b>	4.36	Am4
	2.10	2.40	0.15	<b>0.32</b>	1.14	Am3
	1.60	2.40	0.30	<b>0.48</b>	1.50	Am3
Eje 11 de H a J	2.55	2.40	0.30	<b>0.77</b>	0.94	Am3
	1.50	2.40	0.30	<b>0.45</b>	1.60	Am3
Eje 11 de K a L	0.55	2.40	0.30	<b>0.17</b>	4.36	Am4
	6.65	3.00	0.15	<b>1.00</b>	0.45	Am3
	1.60	2.40	0.30	<b>0.48</b>	1.50	Am3
Eje 11 de L a N	2.55	2.40	0.30	<b>0.77</b>	0.94	Am3
	1.60	2.40	0.30	<b>0.48</b>	1.50	Am3
Eje 11' de K a L	1.53	2.40	0.15	<b>0.23</b>	1.57	Am3
	7.50	3.00	0.25	<b>1.88</b>	0.40	Am3
Eje 12 de K a L	2.94	2.40	0.20	<b>0.59</b>	0.82	Am3
	0.88	2.40	0.20	<b>0.18</b>	2.73	Am4

Continuación **Tabla A.5.** Cálculo de  $\sum A_{m1}$ ,  $\sum A_{m2}$ ,  $\sum A_{m3}$ ,  $\sum A_{m4}$  para el Sector E

Referencia	Placa					
	Largo (L)	Alto (H)	Espesor	Área (L.t)	Esbeltez	Tipo
	(m)	(m)	(t)	(m <sup>2</sup> )	H/L	
<b>Cuarto Piso – Dirección X</b>						
	1.60	2.40	0.30	<b>0.48</b>	1.50	Am3
Eje 13 de H a J	2.55	2.40	0.30	<b>0.77</b>	0.94	Am3
	1.27	2.40	0.30	<b>0.38</b>	1.89	Am3
	1.60	2.40	0.30	<b>0.48</b>	1.50	Am3
Eje 13 de L a N	2.55	2.40	0.30	<b>0.77</b>	0.94	Am3
	1.60	2.40	0.30	<b>0.48</b>	1.50	Am3
	2.10	2.40	0.15	<b>0.32</b>	1.14	Am3
Eje 14 de E' a G	0.55	2.40	0.30	<b>0.17</b>	4.36	Am4
	4.65	3.00	0.20	<b>0.93</b>	0.65	Am3
	4.65	3.00	0.20	<b>0.93</b>	0.65	Am3
Eje 14 de O a P'	0.55	2.40	0.30	<b>0.17</b>	4.36	Am4
	2.10	2.40	0.15	<b>0.32</b>	1.14	Am3
Eje 14' de E' a G	7.30	3.00	0.20	<b>1.46</b>	0.41	Am3
Eje 14' de O a P'	7.30	3.00	0.20	<b>1.46</b>	0.41	Am3
Eje 15 de G a H	0.50	2.40	0.15	<b>0.08</b>	4.80	Am4
Eje 15 de H a I	0.50	2.40	0.15	<b>0.08</b>	4.80	Am4
Eje 15 de L a M	1.17	2.40	0.15	<b>0.18</b>	2.05	Am4
Eje 15 de M a N	0.50	2.40	0.15	<b>0.08</b>	4.80	Am4
Eje 15 de N a O	0.50	2.40	0.15	<b>0.08</b>	4.80	Am4
<b>Quinto Piso – Dirección X</b>						
Eje 9 de I a J	7.75	3.30	0.30	<b>2.33</b>	0.43	Am3
Eje 9' de F a G'	7.30	3.30	0.20	<b>1.46</b>	0.45	Am3
Eje 9' de O a P'	7.30	3.30	0.20	<b>1.46</b>	0.45	Am3
	2.10	2.70	0.15	<b>0.32</b>	1.29	Am3
Eje 10 de E' a G	0.55	2.70	0.30	<b>0.17</b>	4.91	Am4
	4.65	3.30	0.20	<b>0.93</b>	0.71	Am3
	4.65	3.30	0.20	<b>0.93</b>	0.71	Am3
Eje 10 de O a P'	0.55	2.70	0.30	<b>0.17</b>	4.91	Am4
	2.10	2.70	0.15	<b>0.32</b>	1.29	Am3
	1.60	2.70	0.30	<b>0.48</b>	1.69	Am3
Eje 11 de H a J	2.55	2.70	0.30	<b>0.77</b>	1.06	Am3
	1.50	2.70	0.30	<b>0.45</b>	1.80	Am3
Eje 11 de K a L	0.55	2.70	0.30	<b>0.17</b>	4.91	Am4
	6.65	3.30	0.15	<b>1.00</b>	0.50	Am3
	1.60	2.70	0.30	<b>0.48</b>	1.69	Am3
Eje 11 de L a N	2.55	2.70	0.30	<b>0.77</b>	1.06	Am3
	1.60	2.70	0.30	<b>0.48</b>	1.69	Am3
Eje 11' de K a L	1.53	2.70	0.15	<b>0.23</b>	1.76	Am3
	7.50	3.30	0.25	<b>1.88</b>	0.44	Am3
Eje 12 de K a L	2.94	2.70	0.20	<b>0.59</b>	0.92	Am3
	0.88	2.70	0.20	<b>0.18</b>	3.07	Am4
	1.60	2.70	0.30	<b>0.48</b>	1.69	Am3
Eje 13 de H a J	2.55	2.70	0.30	<b>0.77</b>	1.06	Am3
	1.27	2.70	0.30	<b>0.38</b>	2.13	Am4

Continuación **Tabla A.5.** Cálculo de  $\sum A_{m1}$ ,  $\sum A_{m2}$ ,  $\sum A_{m3}$ ,  $\sum A_{m4}$  para el Sector E

Referencia	Placa					
	Largo (L)	Alto (H)	Espesor	Área (L.t)	Esbeltez	Tipo
	(m)	(m)	(t)	(m <sup>2</sup> )	H/L	
<b>Quinto Piso – Dirección X</b>						
	1.60	2.70	0.30	<b>0.48</b>	1.69	Am3
Eje 13 de L a N	2.55	2.70	0.30	<b>0.77</b>	1.06	Am3
	1.60	2.70	0.30	<b>0.48</b>	1.69	Am3
	2.10	2.70	0.15	<b>0.32</b>	1.29	Am3
Eje 14 de E' a G	0.55	2.70	0.30	<b>0.17</b>	4.91	Am4
	4.65	3.30	0.20	<b>0.93</b>	0.71	Am3
	4.65	3.30	0.20	<b>0.93</b>	0.71	Am3
Eje 14 de O a P'	0.55	2.70	0.30	<b>0.17</b>	4.91	Am4
	2.10	2.70	0.15	<b>0.32</b>	1.29	Am3
Eje 14' de E' a G	7.30	3.30	0.20	<b>1.46</b>	0.45	Am3
Eje 14' de O a P'	7.30	3.30	0.20	<b>1.46</b>	0.45	Am3
Eje 15 de G a H	0.50	2.70	0.15	<b>0.08</b>	5.40	Am4
Eje 15 de H a I	0.50	2.70	0.15	<b>0.08</b>	5.40	Am4
Eje 15 de L a M	1.17	2.70	0.15	<b>0.18</b>	2.31	Am4
Eje 15 de M a N	0.50	2.70	0.15	<b>0.08</b>	5.40	Am4
Eje 15 de N a O	0.50	2.70	0.15	<b>0.08</b>	5.40	Am4
<b>Primer Piso – Dirección Y</b>						
Eje E' de 9 a 10	3.37	4.30	0.20	<b>0.67</b>	1.28	Am3
Eje E' de 14 a 15	3.37	4.30	0.20	<b>0.67</b>	1.28	Am3
Eje G de 9 a 10	4.47	4.30	0.20	<b>0.89</b>	0.96	Am3
*Eje G de 14 a 15	6.40	4.30	0.20	<b>1.28</b>	0.67	Am2
	2.40	3.70	0.30	<b>0.72</b>	1.54	Am3
Eje H de 11 a 13	1.80	3.70	0.30	<b>0.54</b>	2.06	Am4
	2.55	3.70	0.30	<b>0.77</b>	1.45	Am3
	3.45	4.30	0.20	<b>0.69</b>	1.25	Am3
Eje J de 11 a 13	1.80	3.70	0.30	<b>0.54</b>	2.06	Am4
	2.55	3.70	0.30	<b>0.77</b>	1.45	Am3
Eje J' de 11 a 12	1.20	3.70	0.15	<b>0.18</b>	3.08	Am4
Eje K' de 11 a 12	3.45	4.30	0.20	<b>0.69</b>	1.25	Am3
	2.10	3.70	0.20	<b>0.42</b>	1.76	Am3
Eje L de 11 a 13	3.45	4.30	0.20	<b>0.69</b>	1.25	Am3
	2.40	3.70	0.30	<b>0.72</b>	1.54	Am3
	2.40	3.70	0.30	<b>0.72</b>	1.54	Am3
Eje N de 11 a 13	1.80	3.70	0.30	<b>0.54</b>	2.06	Am4
	2.40	3.70	0.30	<b>0.72</b>	1.54	Am3
Eje O de 9 a 10	5.04	4.30	0.20	<b>1.01</b>	0.85	Am3
*Eje O de 14 a 15	6.40	4.30	0.20	<b>1.28</b>	0.67	Am2
Eje O' de 9 a 10	3.37	4.30	0.20	<b>0.67</b>	1.28	Am3
Eje O' de 14 a 15	3.37	4.30	0.20	<b>0.67</b>	1.28	Am3
<b>Segundo Piso – Dirección Y</b>						
Eje E' de 9 a 10	3.37	3.80	0.20	<b>0.67</b>	1.13	Am3
Eje E' de 14 a 15	3.37	3.80	0.20	<b>0.67</b>	1.13	Am3
Eje G de 9 a 10	4.47	3.80	0.20	<b>0.89</b>	0.85	Am3
*Eje G de 14 a 15	6.40	3.80	0.20	<b>1.28</b>	0.59	Am2



Continuación **Tabla A.5.** Cálculo de  $\sum A_{m1}$ ,  $\sum A_{m2}$ ,  $\sum A_{m3}$ ,  $\sum A_{m4}$  para el Sector E

Referencia	Placa					
	Largo (L)	Alto (H)	Espesor	Área (L.t)	Esbeltez	Tipo
	(m)	(m)	(t)	(m <sup>2</sup> )	H/L	
<b>Segundo Piso – Dirección Y</b>						
	2.40	3.20	0.30	<b>0.72</b>	1.33	Am3
Eje H de 11 a 13	1.80	3.20	0.30	<b>0.54</b>	1.78	Am3
	2.55	3.20	0.30	<b>0.77</b>	1.25	Am3
	3.45	3.80	0.20	<b>0.69</b>	1.10	Am3
Eje J de 11 a 13	1.80	3.20	0.30	<b>0.54</b>	1.78	Am3
	2.55	3.20	0.30	<b>0.77</b>	1.25	Am3
Eje J' de 11 a 12	1.20	3.20	0.15	<b>0.18</b>	2.67	Am4
Eje K' de 11 a 12	3.45	3.80	0.20	<b>0.69</b>	1.10	Am3
	2.10	3.20	0.20	<b>0.42</b>	1.52	Am3
Eje L de 11 a 13	3.45	3.80	0.20	<b>0.69</b>	1.10	Am3
	2.40	3.20	0.30	<b>0.72</b>	1.33	Am3
	2.40	3.20	0.30	<b>0.72</b>	1.33	Am3
Eje N de 11 a 13	1.80	3.20	0.30	<b>0.54</b>	1.78	Am3
	2.40	3.20	0.30	<b>0.72</b>	1.33	Am3
Eje O de 9 a 10	5.04	3.80	0.20	<b>1.01</b>	0.75	Am3
*Eje O de 14 a 15	6.40	3.80	0.20	<b>1.28</b>	0.59	Am2
Eje O' de 9 a 10	3.37	3.80	0.20	<b>0.67</b>	1.13	Am3
Eje O' de 14 a 15	3.37	3.80	0.20	<b>0.67</b>	1.13	Am3
<b>Tercer Piso – Dirección Y</b>						
Eje E' de 9 a 10	3.37	3.30	0.20	<b>0.67</b>	0.98	Am3
Eje E' de 14 a 15	3.37	3.30	0.20	<b>0.67</b>	0.98	Am3
Eje G de 9 a 10	4.47	3.30	0.20	<b>0.89</b>	0.74	Am3
*Eje G de 14 a 15	6.40	3.30	0.20	<b>1.28</b>	0.52	Am2
	2.40	2.70	0.30	<b>0.72</b>	1.13	Am3
Eje H de 11 a 13	1.80	2.70	0.30	<b>0.54</b>	1.50	Am3
	2.55	2.70	0.30	<b>0.77</b>	1.06	Am3
	3.45	3.30	0.20	<b>0.69</b>	0.96	Am3
Eje J de 11 a 13	1.80	2.70	0.30	<b>0.54</b>	1.50	Am3
	2.55	2.70	0.30	<b>0.77</b>	1.06	Am3
Eje J' de 11 a 12	1.20	2.70	0.15	<b>0.18</b>	2.25	Am4
Eje K' de 11 a 12	3.45	3.30	0.20	<b>0.69</b>	0.96	Am3
	2.10	2.70	0.20	<b>0.42</b>	1.29	Am3
Eje L de 11 a 13	3.45	3.30	0.20	<b>0.69</b>	0.96	Am3
	2.40	2.70	0.30	<b>0.72</b>	1.13	Am3
	2.40	2.70	0.30	<b>0.72</b>	1.13	Am3
Eje N de 11 a 13	1.80	2.70	0.30	<b>0.54</b>	1.50	Am3
	2.40	2.70	0.30	<b>0.72</b>	1.13	Am3
Eje O de 9 a 10	5.04	3.30	0.20	<b>1.01</b>	0.65	Am3
*Eje O de 14 a 15	6.40	3.30	0.20	<b>1.28</b>	0.52	Am2
Eje O' de 9 a 10	3.37	3.30	0.20	<b>0.67</b>	0.98	Am3
Eje O' de 14 a 15	3.37	3.30	0.20	<b>0.67</b>	0.98	Am3
<b>Cuarto Piso – Dirección Y</b>						
Eje E' de 9 a 10	3.37	3.00	0.20	<b>0.67</b>	0.89	Am3

Continuación **Tabla A.5.** Cálculo de  $\sum A_{m1}$ ,  $\sum A_{m2}$ ,  $\sum A_{m3}$ ,  $\sum A_{m4}$  para el Sector E

Referencia	Placa					Tipo
	Largo (L)	Alto (H)	Espesor	Área (L.t)	Esbeltez	
	(m)	(m)	(t)	(m <sup>2</sup> )	H/L	
<b>Cuarto Piso – Dirección Y</b>						
Eje E' de 14 a 15	3.37	3.00	0.20	<b>0.67</b>	0.89	Am3
Eje G de 9 a 10	4.47	3.00	0.20	<b>0.89</b>	0.67	Am3
*Eje G de 14 a 15	6.40	3.00	0.20	<b>1.28</b>	0.47	Am2
	2.40	2.40	0.30	<b>0.72</b>	1.00	Am3
Eje H de 11 a 13	1.80	2.40	0.30	<b>0.54</b>	1.33	Am3
	2.55	2.40	0.30	<b>0.77</b>	0.94	Am3
	3.45	3.00	0.20	<b>0.69</b>	0.87	Am3
Eje J de 11 a 13	1.80	2.40	0.30	<b>0.54</b>	1.33	Am3
	2.55	2.40	0.30	<b>0.77</b>	0.94	Am3
Eje J' de 11 a 12	1.20	2.40	0.15	<b>0.18</b>	2.00	Am3
Eje K' de 11 a 12	3.45	3.00	0.20	<b>0.69</b>	0.87	Am3
	2.10	2.40	0.20	<b>0.42</b>	1.14	Am3
Eje L de 11 a 13	3.45	3.00	0.20	<b>0.69</b>	0.87	Am3
	2.40	2.40	0.30	<b>0.72</b>	1.00	Am3
	2.40	2.40	0.30	<b>0.72</b>	1.00	Am3
Eje N de 11 a 13	1.80	2.40	0.30	<b>0.54</b>	1.33	Am3
	2.40	2.40	0.30	<b>0.72</b>	1.00	Am3
Eje O de 9 a 10	5.04	3.00	0.20	<b>1.01</b>	0.60	Am3
*Eje O de 14 a 15	6.40	3.00	0.20	<b>1.28</b>	0.47	Am2
Eje O' de 9 a 10	3.37	3.00	0.20	<b>0.67</b>	0.89	Am3
Eje O' de 14 a 15	3.37	3.00	0.20	<b>0.67</b>	0.89	Am3
<b>Quinto Piso – Dirección Y</b>						
Eje E' de 9 a 10	3.37	3.30	0.20	<b>0.67</b>	0.98	Am3
Eje E' de 14 a 15	3.37	3.30	0.20	<b>0.67</b>	0.98	Am3
Eje G de 9 a 10	4.47	3.30	0.20	<b>0.89</b>	0.74	Am3
*Eje G de 14 a 15	6.40	3.30	0.20	<b>1.28</b>	0.52	Am2
	2.40	2.70	0.30	<b>0.72</b>	1.13	Am3
Eje H de 11 a 13	1.80	2.70	0.30	<b>0.54</b>	1.50	Am3
	2.55	2.70	0.30	<b>0.77</b>	1.06	Am3
	3.45	3.30	0.20	<b>0.69</b>	0.96	Am3
Eje J de 11 a 13	1.80	2.70	0.30	<b>0.54</b>	1.50	Am3
	2.55	2.70	0.30	<b>0.77</b>	1.06	Am3
Eje J' de 11 a 12	1.20	2.70	0.15	<b>0.18</b>	2.25	Am4
Eje K' de 11 a 12	3.45	3.30	0.20	<b>0.69</b>	0.96	Am3
	2.10	2.70	0.20	<b>0.42</b>	1.29	Am3
Eje L de 11 a 13	3.45	3.30	0.20	<b>0.69</b>	0.96	Am3
	2.40	2.70	0.30	<b>0.72</b>	1.13	Am3
	2.40	2.70	0.30	<b>0.72</b>	1.13	Am3
Eje N de 11 a 13	1.80	2.70	0.30	<b>0.54</b>	1.50	Am3
	2.40	2.70	0.30	<b>0.72</b>	1.13	Am3
Eje O de 9 a 10	5.04	3.30	0.20	<b>1.01</b>	0.65	Am3
*Eje O de 14 a 15	6.40	3.30	0.20	<b>1.28</b>	0.52	Am2
Eje O' de 9 a 10	3.37	3.30	0.20	<b>0.67</b>	0.98	Am3
Eje O' de 14 a 15	3.37	3.30	0.20	<b>0.67</b>	0.98	Am3

**Tabla A.6.** Resumen de valores de  $\sum A_{m1}$ ,  $\sum A_{m2}$ ,  $\sum A_{m3}$ ,  $\sum A_{m4}$  para el Sector E

Dirección	Tipo	Área por pisos del Sector E (cm <sup>2</sup> )				
		1 <sup>er</sup>	2 <sup>do</sup>	3 <sup>er</sup>	4 <sup>to</sup>	5 <sup>to</sup>
X	$\sum A_{m1}$	0	0	0	0	0
	$\sum A_{m2}$	0	0	0	0	0
	$\sum A_{m3}$	196655	225455	232250	236060	232250
	$\sum A_{m4}$	58895	25370	18575	14765	18575
Y	$\sum A_{m1}$	0	0	0	0	0
	$\sum A_{m2}$	25600	25600	25600	25600	25600
	$\sum A_{m3}$	114980	131180	131180	132980	131180
	$\sum A_{m4}$	18000	1800	1800	0	1800

**Tabla A.7.** Metrado de cargas para el Sector E

Tipo de Elemento	Nº de veces	Área Total (m <sup>2</sup> )	Longitud (m)	e (m)	b (m)	h (m)	Peso (Tn)
<b>Primer Piso</b>							
<b>Carga Muerta</b>							<b>2546.50</b>
Losa Aligerada 1 dirección	1	103.39		0.25			36.19
Losa Aligerada 2 direcciones	1	2219.39		0.25			891.93
Vigas	1		27.60		0.15	0.60	5.96
	1		98.27		0.20	0.60	28.30
	1		6.90		0.25	0.60	2.48
	1		828.10		0.30	0.60	357.74
	1		13.52		0.50	0.25	4.06
Columnas	47		3.70		0.55	0.55	126.25
Placas	1		24.10		0.15	3.70	32.10
	1		99.86		0.20	3.70	177.35
	1		7.50		0.25	3.70	16.65
	1		53.17		0.30	3.70	141.64
Escalera	5	79.96		0.15	0.25	0.18	37.84
Tabiquería Fija		2188.94					328.34
		363.96					127.39
Acabados		2322.78					232.28
<b>Carga Viva</b>							<b>837.15</b>
Salas de operación, laboratorios y zonas de servicio		1761.5					528.45
Corredores y escaleras		771.75					308.70
<b>Peso Total (Tn)</b>							<b>3383.65</b>
<b>Segundo Piso</b>							
<b>Carga Muerta</b>							<b>2555.89</b>
Losa Aligerada 1 dirección	1	74.84		0.25			26.19
Losa Aligerada 2 direcciones	1	2219.39		0.25			891.93

Continuación **Tabla A.7.** Metrado de cargas para el Sector E

Tipo de Elemento	Nº de veces	Área Total (m <sup>2</sup> )	Longitud (m)	e (m)	b (m)	h (m)	Peso (Tn)	
<b>Segundo Piso</b>								
<b>Carga Muerta</b>								
		1		27.60	0.15	0.60	5.96	
		1		98.27	0.20	0.60	28.30	
Vigas		1		6.90	0.25	0.60	2.48	
		1		814.00	0.30	0.60	351.65	
		1		13.52	0.50	0.25	4.06	
Columnas		47		3.20	0.40	0.55	79.41	
		1		20.95	0.15	3.20	24.13	
Placas		1		99.86	0.20	3.20	153.38	
		1		7.50	0.25	3.20	14.40	
		1		53.17	0.30	3.20	122.50	
Escalera		5	79.96		0.15	0.25	0.18	37.05
			560.21					84.03
Tabiquería Fija			954.27					333.99
			333.96					166.98
Acabados			2294.23					229.42
<b>Carga Viva</b>							<b>877.71</b>	
Salas de operación, laboratorios y zonas de servicio			768.47					230.541
Corredores y escaleras			1612.48					644.99
Equipo Hospitalario								2.18
<b>Peso Total (Tn)</b>							<b>3433.60</b>	
<b>Tercer Piso</b>								
<b>Carga Muerta</b>								
Losa Aligerada 1 dirección		1	74.84		0.25			26.19
Losa Aligerada 2 direcciones		1	2219.39		0.25			891.93
		1		27.60	0.15	0.60		5.96
		1		98.27	0.20	0.60		28.30
Vigas		1		6.90	0.25	0.60		2.48
		1		814.00	0.30	0.60		351.65
		1		13.52	0.50	0.25		4.06
Columnas		47		2.70	0.40	0.55		67.00
		1		20.95	0.15	2.70		20.36
Placas		1		98.66	0.20	2.70		127.86
		1		7.50	0.25	2.70		12.15
		1		53.17	0.30	2.70		103.36
Escalera		5	79.96		0.15	0.25	0.18	36.66
			726.15					108.92
Tabiquería Fija			1146.78					401.37
			190.44					95.22
Acabados			2294.23					229.42

Continuación **Tabla A.7.** Metrado de cargas para el Sector E

Tipo de Elemento	Nº de veces	Área Total (m <sup>2</sup> )	Longitud (m)	e (m)	b (m)	h (m)	Peso (Tn)
<b>Tercer Piso</b>							
<b>Carga Viva</b>							<b>865.08</b>
Salas de operación, laboratorios y zonas de servicio		960.29					288.087
Corredores y escaleras		1420.66					568.26
Puente Metálico							8.73
<b>Peso Total (Tn)</b>							<b>3378.00</b>
<b>Cuarto Piso</b>							
<b>Carga Muerta</b>							<b>2013.30</b>
Losa Aligerada 1 dirección	1	177.33		0.25			62.07
Losa Aligerada 2 direcciones	1	2219.39		0.25			891.93
Vigas	1		27.60		0.15	0.60	5.96
	1		98.27		0.20	0.60	28.30
	1		6.90		0.25	0.60	2.48
	1		911.35		0.30	0.60	393.70
	1		13.52		0.50	0.25	4.06
Columnas	47		2.40		0.40	0.55	59.56
Placas	1		20.95		0.15	2.40	18.10
	1		98.66		0.20	2.40	113.66
	1		7.50		0.25	2.40	10.80
	1		53.17		0.30	2.40	91.88
Escalera	5	79.96		0.15	0.25	0.18	35.87
Tabiquería Fija	201.75						30.26
	71.42						25.00
Acabados	2396.72						239.67
<b>Carga Viva</b>							<b>729.98</b>
Salas de operación, laboratorios y zonas de servicio		2224.03					667.209
Corredores y escaleras		156.92					62.77
<b>Peso Total (Tn)</b>							<b>2743.28</b>
<b>Quinto Piso</b>							
<b>Carga Muerta</b>							<b>2508.22</b>
Losa Aligerada 1 dirección	1	2154.88		0.25			754.21
Vigas	1		27.60		0.15	0.60	5.96
	1		98.27		0.20	0.60	28.30
	1		6.90		0.25	0.60	2.48
	1		1049.35		0.30	0.60	453.32
	1		8.80		0.40	0.25	2.11
1		13.52		0.50	0.25	4.06	
Columnas	47		2.70		0.30	0.55	50.25

Continuación **Tabla A.7.** Metrado de cargas para el Sector E

Tipo de Elemento	Nº de veces	Área Total (m <sup>2</sup> )	Longitud (m)	e (m)	b (m)	h (m)	Peso (Tn)
<b>Quinto Piso</b>							
<b>Carga Muerta</b>							
		1		20.95	0.15	2.70	20.36
Placas		1		99.86	0.20	2.70	129.42
		1		7.50	0.25	2.70	12.15
		1		53.17	0.30	2.70	103.36
	Escalera	1	15.84		0.15	0.25	0.18
			376.99				56.55
Tabiquería Fija			1622.88				568.01
			190.44				95.22
Acabados		2154.88					215.49
<b>Carga Viva</b>							<b>790.67</b>
Cuartos		1011.22					202.24
Salas de operación, laboratorios y zonas de servicio		4.64					1.392
Corredores y escaleras		1467.58					587.03
<b>Peso Total (Tn)</b>							<b>3298.88</b>

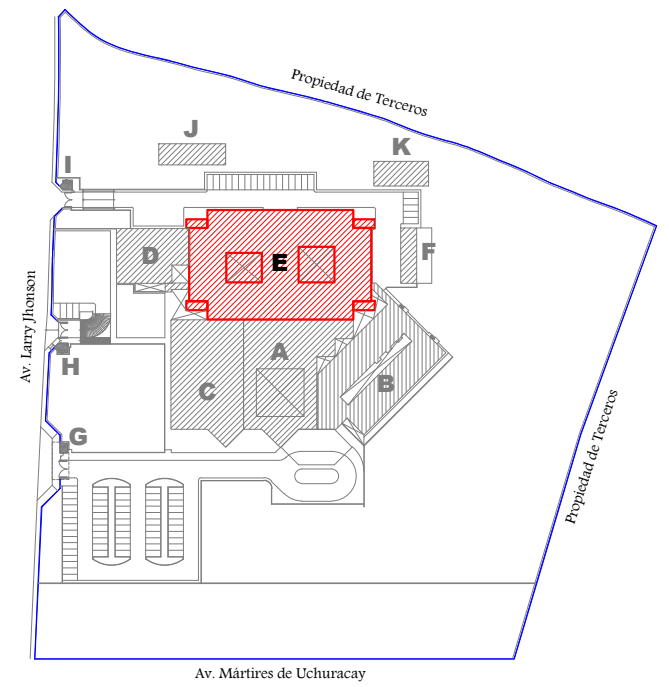
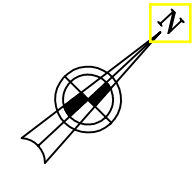
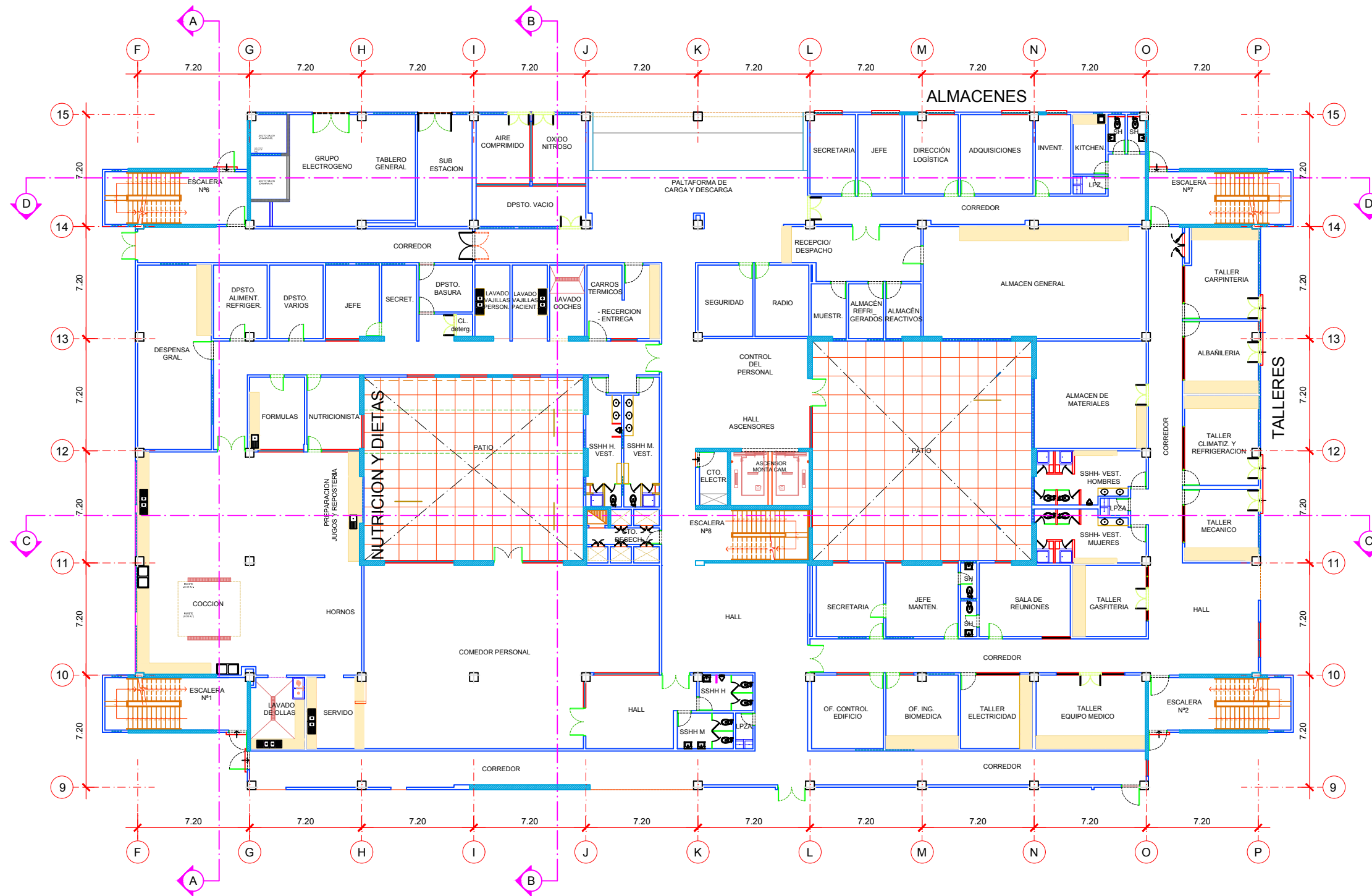
**Tabla A.8.** Metrado de cargas para el Sector J

Tipo de Elemento	Nº de veces	Área Total (m <sup>2</sup> )	Longitud (m)	e (m)	b (m)	h (m)	Peso (Tn)
<b>Primer Piso</b>							
<b>Carga Muerta</b>							
Losa Aligerada	1	180.81		0.20			54.24
Vigas	1		109.93		0.25	0.50	32.98
	1		3.90		0.40	0.60	2.25
	1		22.80		0.50	0.20	5.47
Columnas	21		2.80		0.30	0.30	12.70
Tabiquería Fija		187.67		0.15			50.67
Acabados		161.77					16.18
<b>Carga Viva</b>							<b>41.11</b>
Cuartos		117.97					23.59
Corredores y escaleras		43.80					17.52
<b>Peso Total (Tn)</b>							<b>215.60</b>

## **Apéndice 4. Planos**

---

---



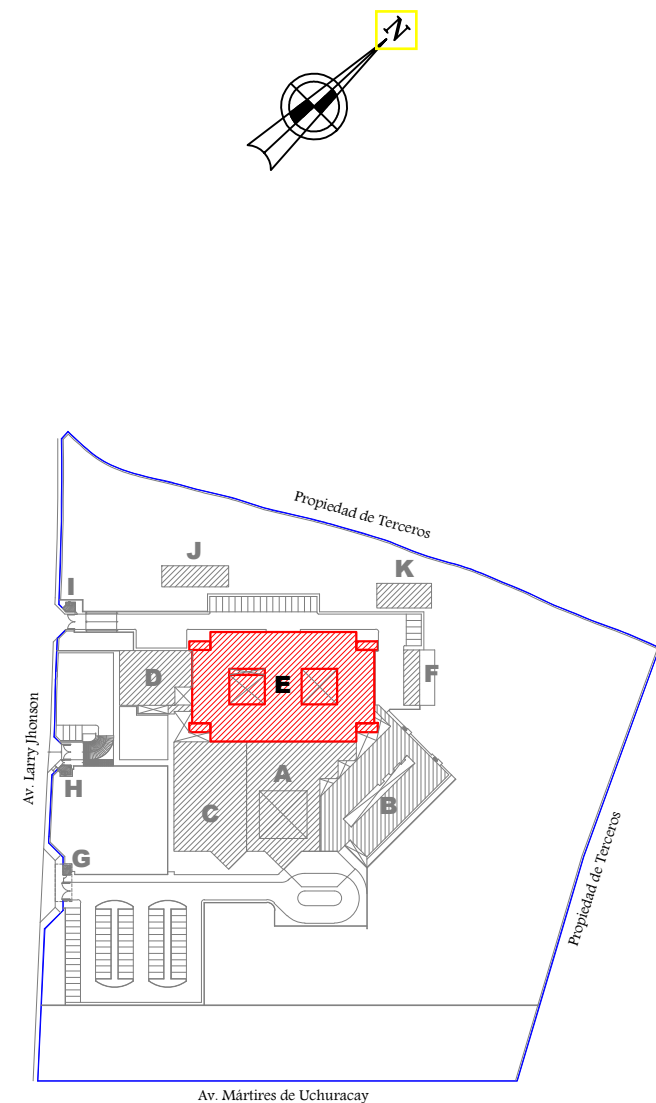
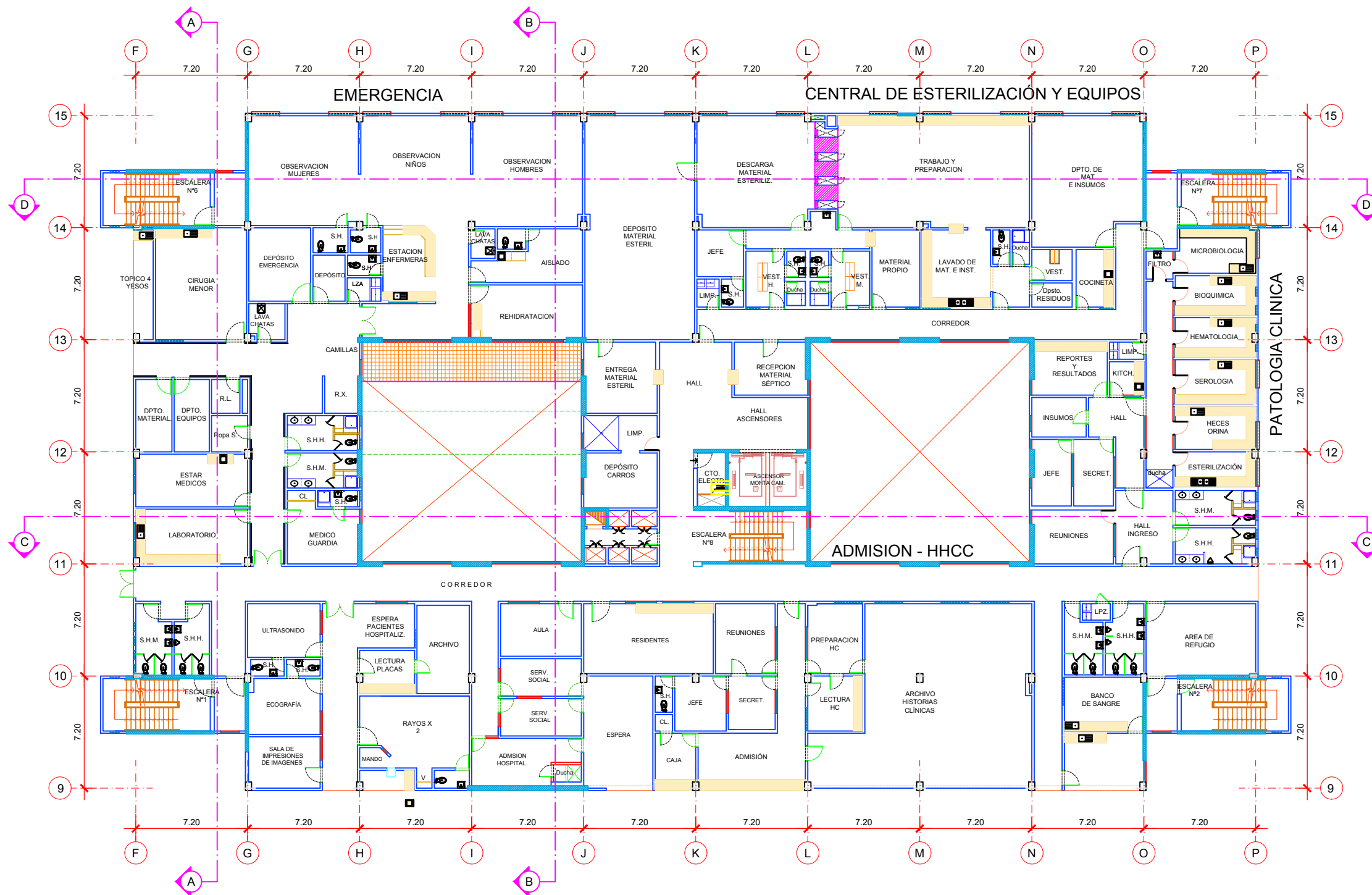
**SECTOR E**  
**PRIMER PISO**  
Escala 1:300

**PLANO CLAVE**  
Escala 1:3000



<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b> FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
Tesis:	Vulnerabilidad Sísmica del Sector E y J del HRC	
Plano:	Arquitectura Sector E - Primer Piso	<b>01</b>
Bachiller:	Janeth Rodríguez Villanueva	
Asesor:	Dr. Ing. Miguel Ángel Mosqueira Moreno	
Escala:	Indicada	Fecha: Cajamarca, mayo de 2018



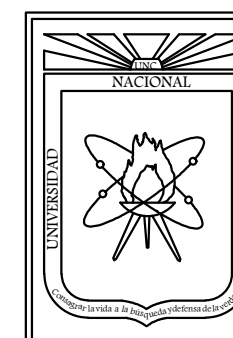


**PLANO CLAVE**

Escala 1:3000

**SECTOR E  
SEGUNDO PISO**

Escala 1:300



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Tesis: Vulnerabilidad Sísmica del Sector E y J del HRC

Plano: Arquitectura Sector E - Segundo Piso

Bachiller: Janeth Rodríguez Villanueva

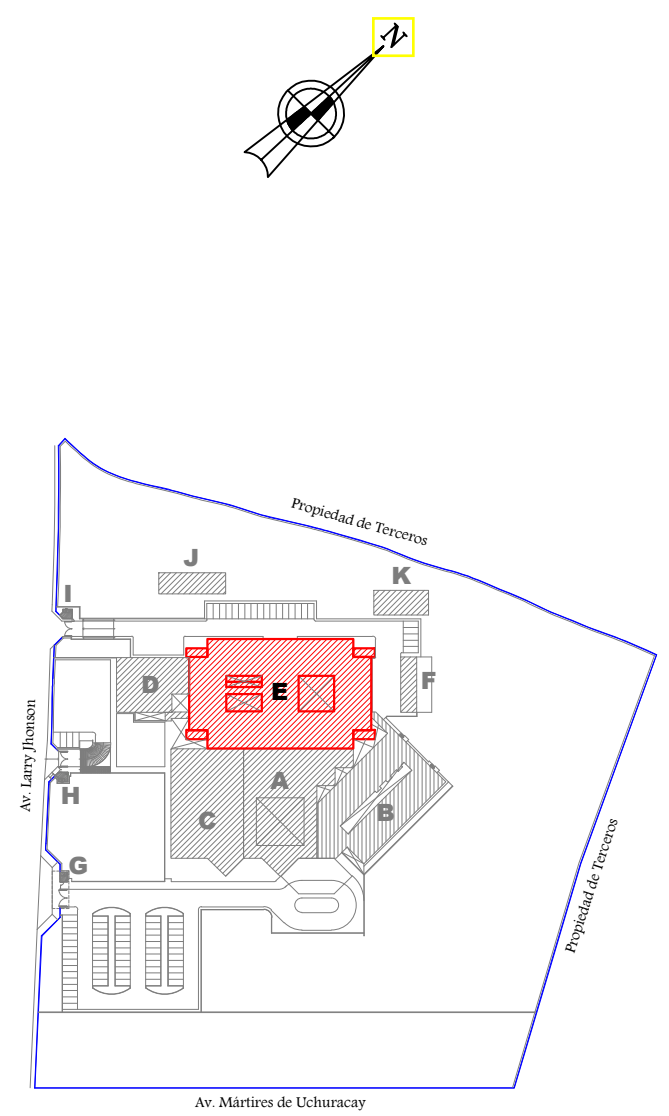
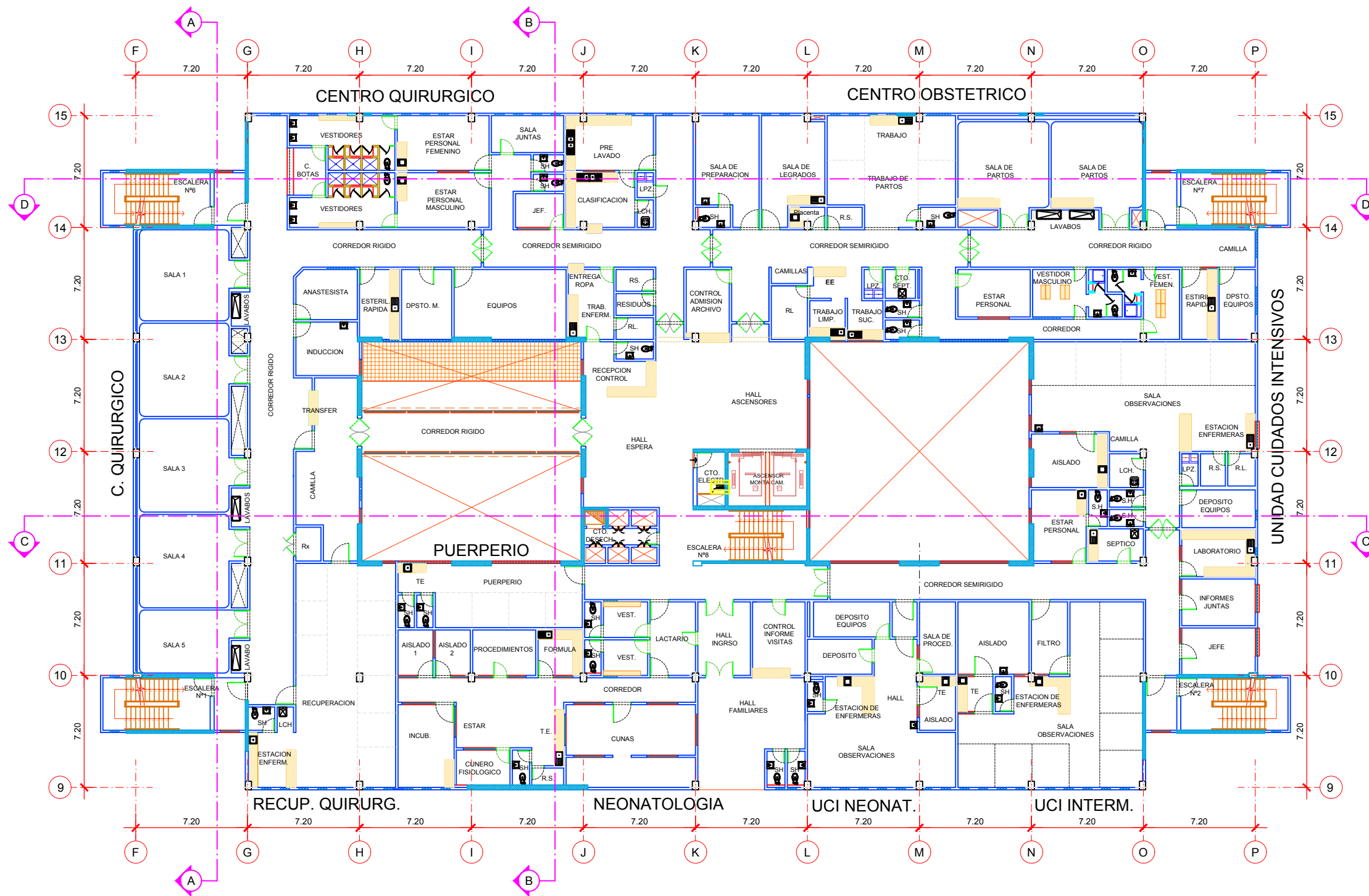
Asesor: Dr. Ing. Miguel Ángel Mosqueira Moreno

Escala: Indicada

Fecha: Cajamarca, mayo de 2018

PLANO N°

**02**

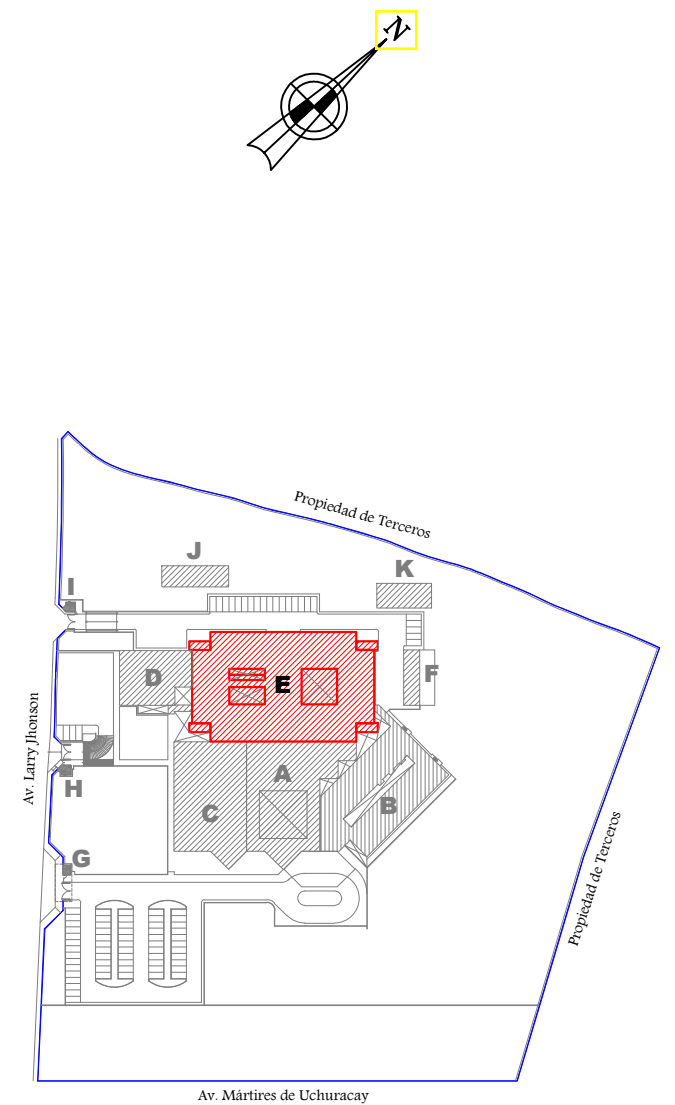
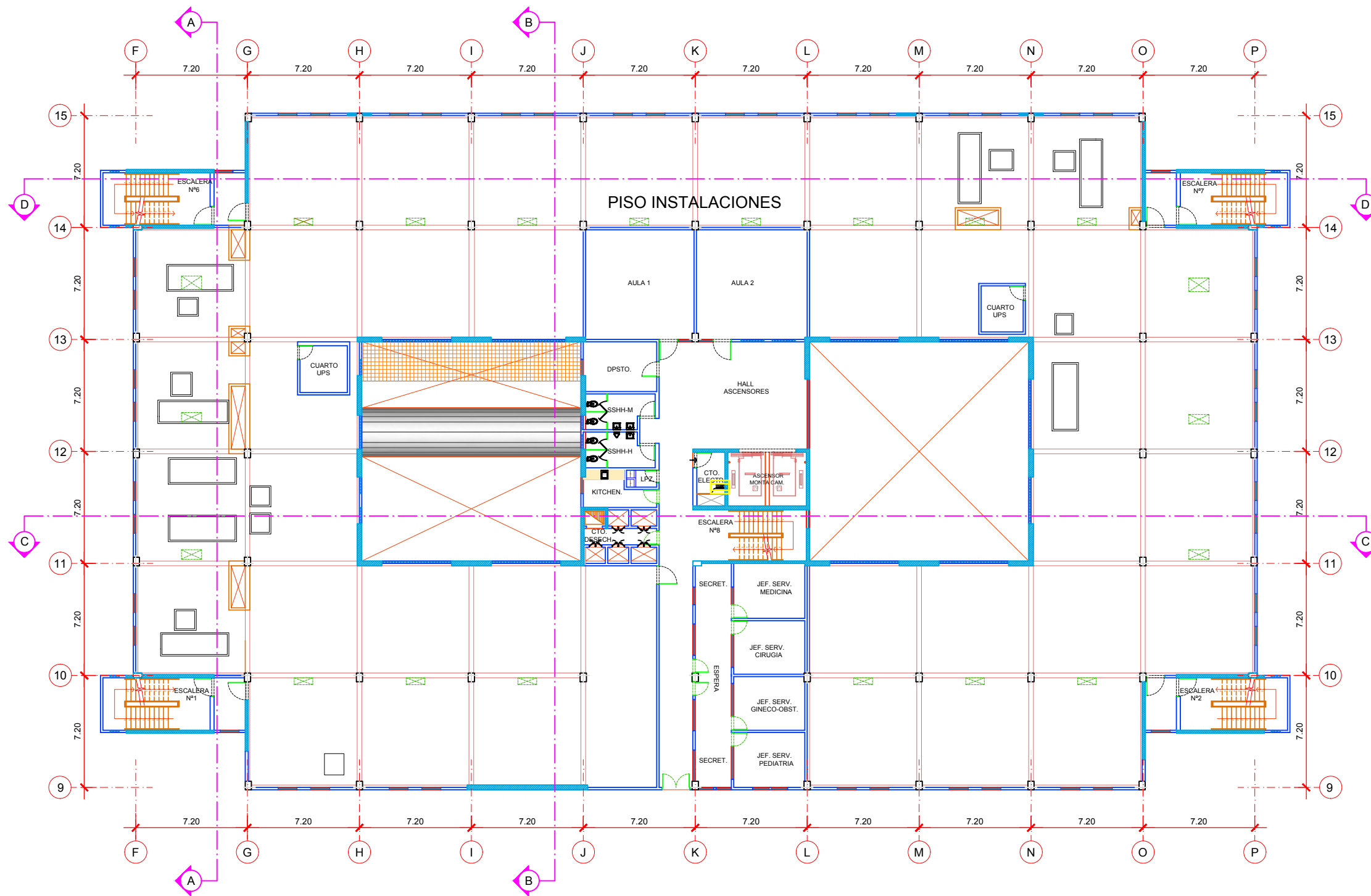


**PLANO CLAVE**  
Escala 1:3000

**SECTOR E**  
**TERCER PISO**  
Escala 1:300

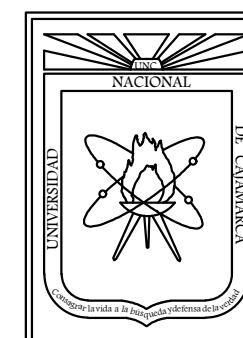


<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b>	
FACULTAD DE INGENIERÍA	
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
Tesis:	Vulnerabilidad Sísmica del Sector E y J del HRC
Plano:	Arquitectura Sector E - Tercer Piso
Bachiller:	Janeth Rodríguez Villanueva
Asesor:	Dr. Ing. Miguel Ángel Mosqueira Moreno
Escala:	Indicada
Fecha:	Cajamarca, mayo de 2018
<b>PLANO N°</b>	<b>03</b>



**PLANO CLAVE**  
Escala 1:3000

**SECTOR E**  
**CUARTO PISO**  
Escala 1:300



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Tesis: Vulnerabilidad Sísmica del Sector E y J del HRC

Plano: Arquitectura Sector E - Cuarto Piso

Bachiller: Janeth Rodríguez Villanueva

Asesor: Dr. Ing. Miguel Ángel Mosqueira Moreno

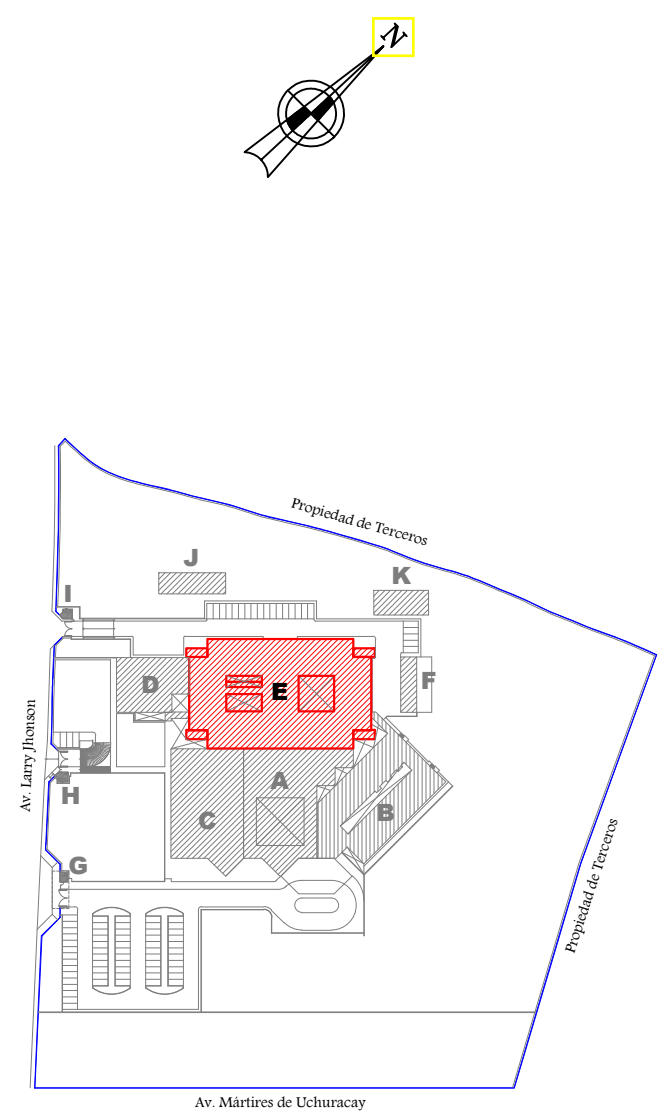
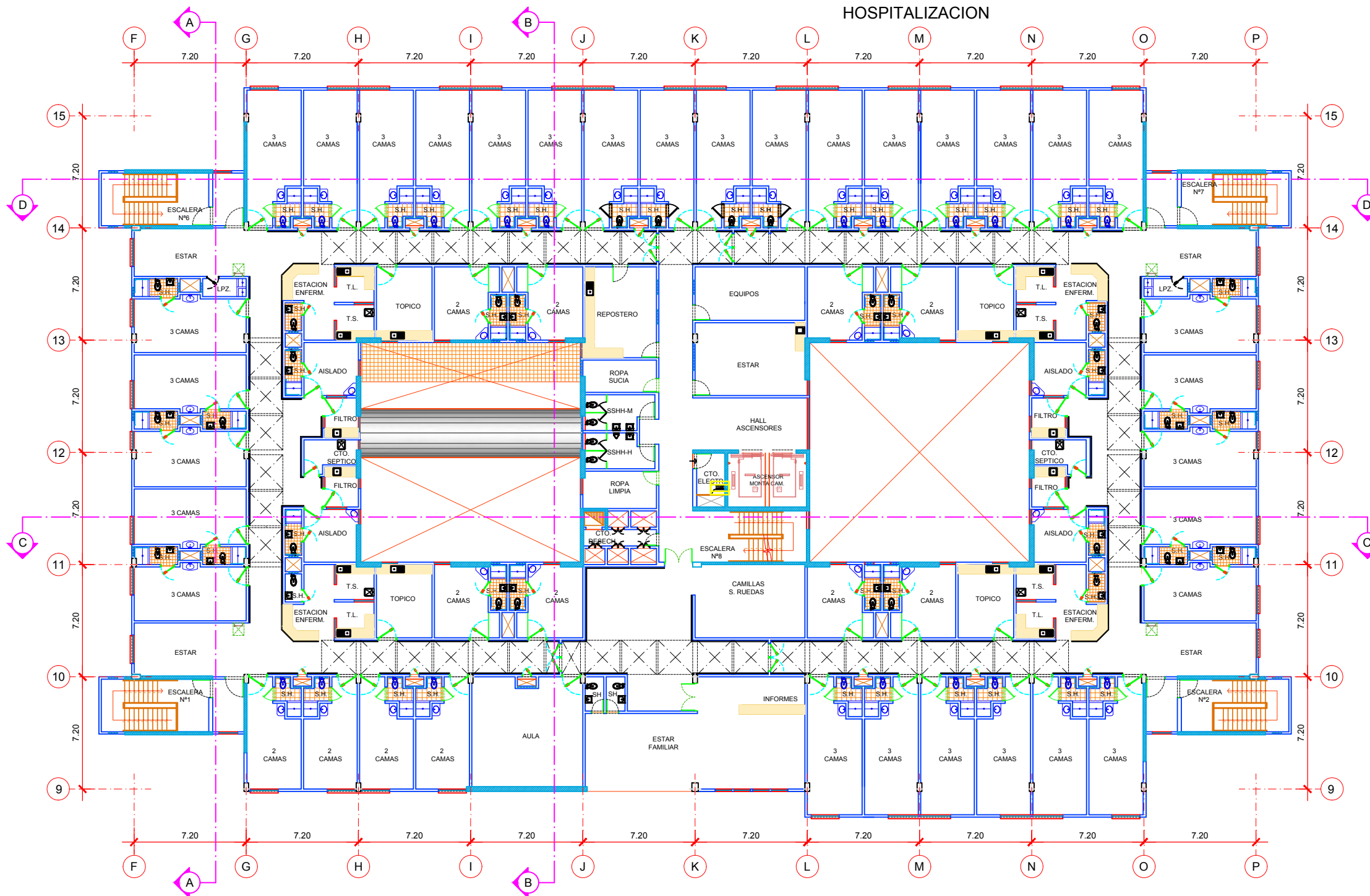
Escala: Indicada

Fecha: Cajamarca, mayo de 2018

PLANO N°

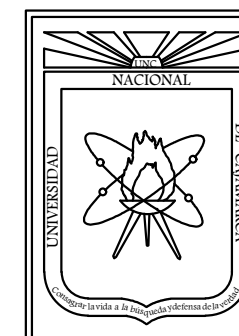
**04**

HOSPITALIZACION



**PLANO CLAVE**  
Escala 1:3000

**SECTOR E**  
**QUINTO PISO**  
Escala 1:300



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Tesis: Vulnerabilidad Sísmica del Sector E y J del HRC

Plano: Arquitectura Sector E - Quinto Piso

Bachiller: Janeth Rodríguez Villanueva

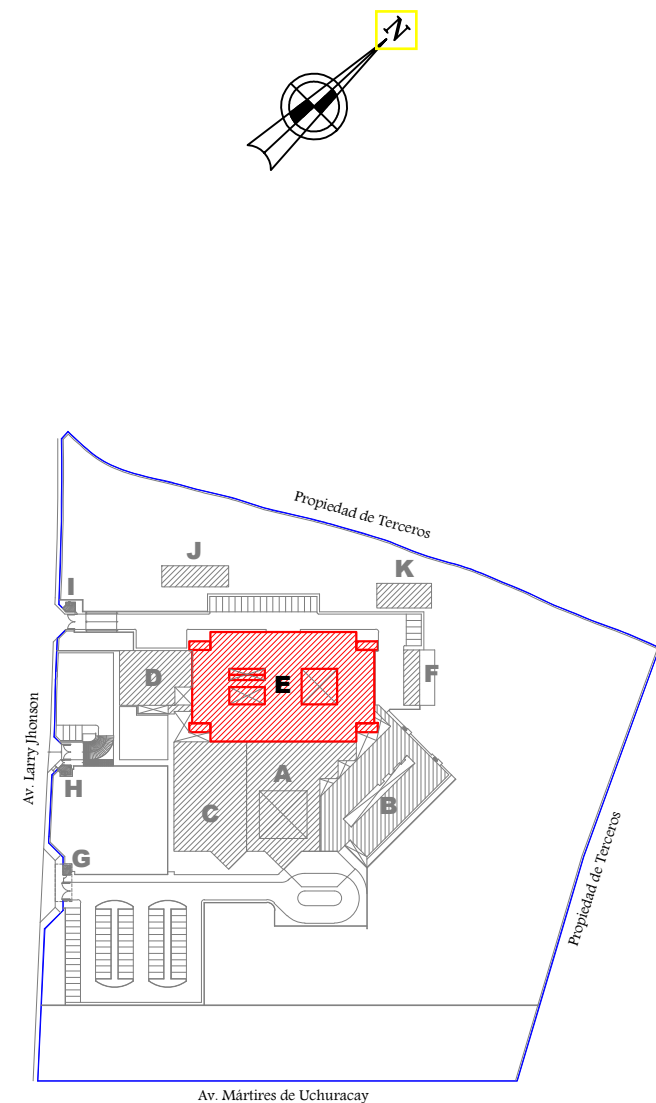
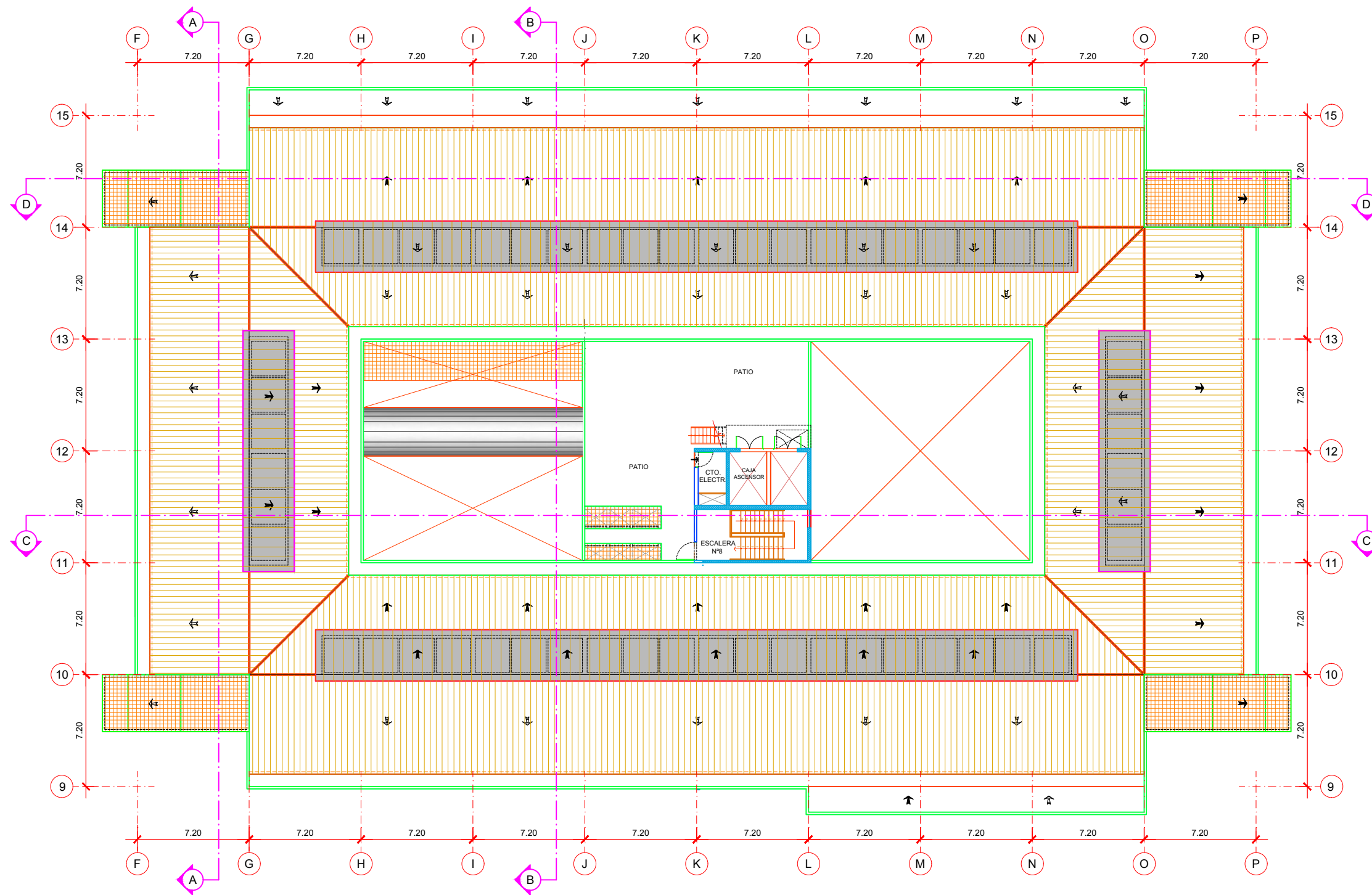
Asesor: Dr. Ing. Miguel Ángel Mosqueira Moreno

Escala: Indicada

Fecha: Cajamarca, mayo de 2018

PLANO N°

**05**

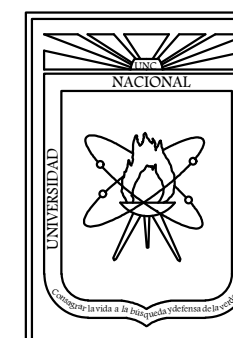


**PLANO CLAVE**

Escala 1:3000

**SECTOR E  
TECHO**

Escala 1:300



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Tesis: Vulnerabilidad Sísmica del Sector E y J del HRC

Plano: Arquitectura Sector E - Techo

Bachiller: Janeth Rodríguez Villanueva

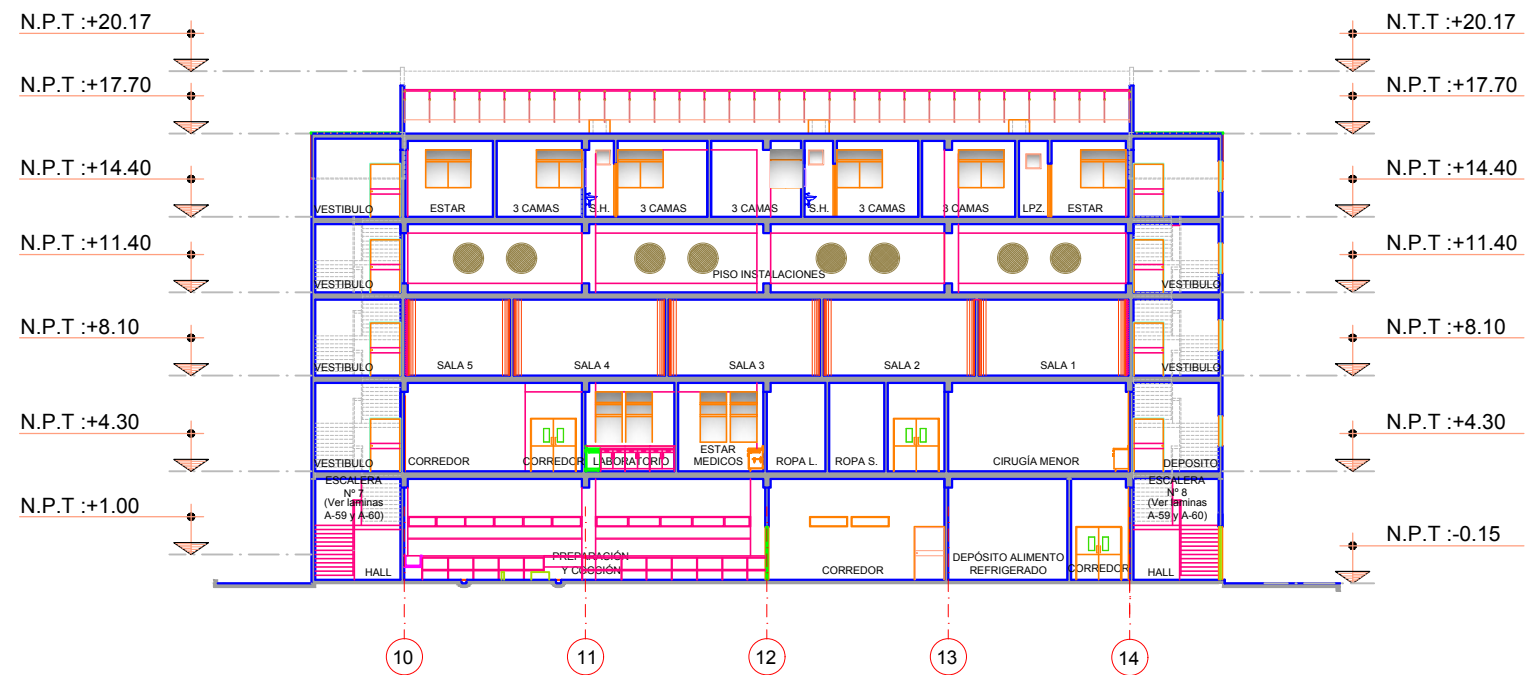
Asesor: Dr. Ing. Miguel Ángel Mosqueira Moreno

Escala: Indicada

Fecha: Cajamarca, mayo de 2018

PLANO N°

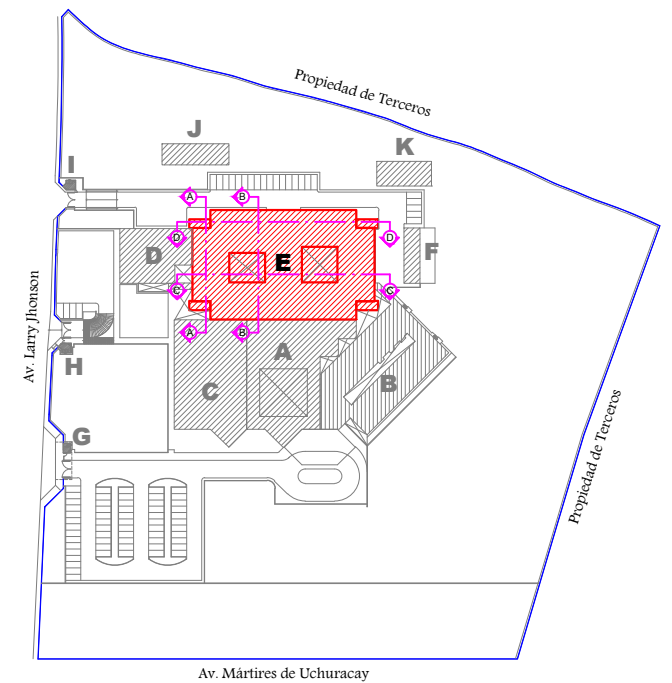
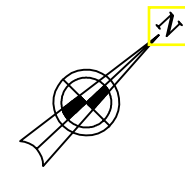
**06**



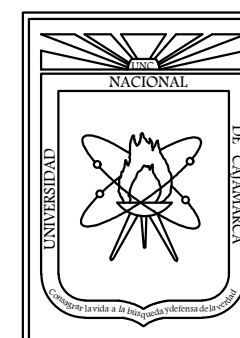
**SECTOR E  
CORTE A-A**  
Escala 1:300



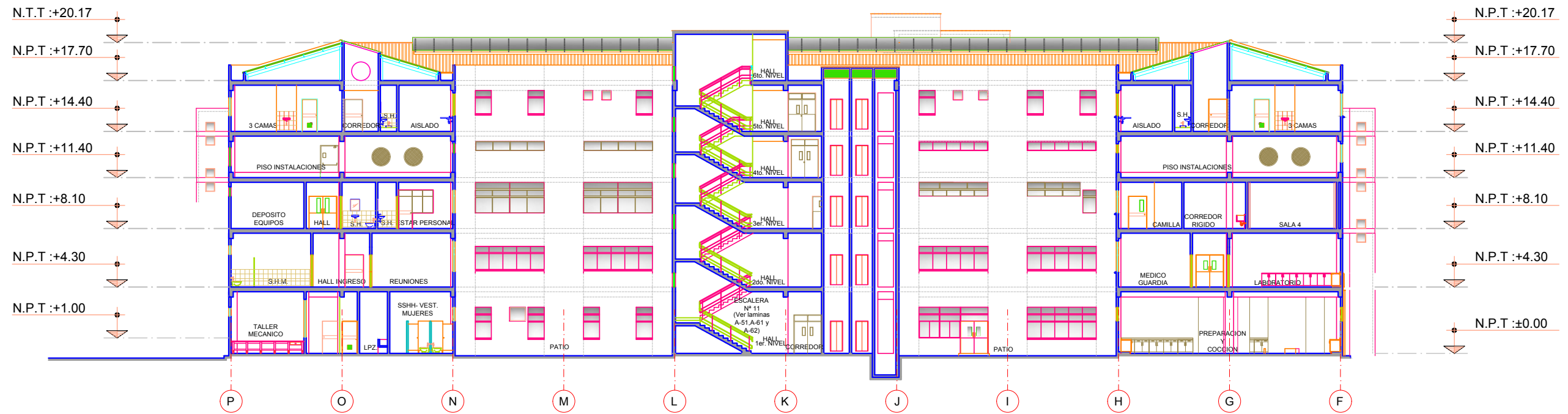
**SECTOR E  
CORTE B-B**  
Escala 1:300



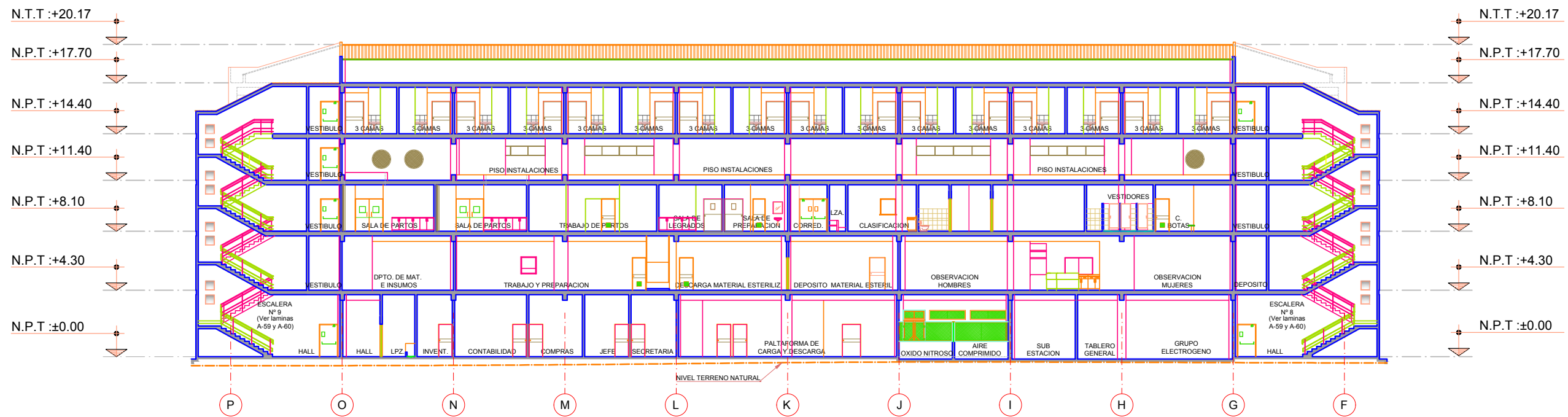
**PLANO CLAVE**  
Escala 1:3000



<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b>	
FACULTAD DE INGENIERÍA	
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
Tesis:	Vulnerabilidad Sismica del Sector E y J del HRC
Plano:	Arquitectura Sector E - Cortes
Bachiller:	Janeth Rodriguez Villanueva
Asesor:	Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno
Escala:	Indicada
Fecha:	Cajamarca, mayo de 2018
<b>PLANO N°</b>	
<b>07</b>	



**SECTOR E**  
**CORTE C-C**  
Escala 1:300



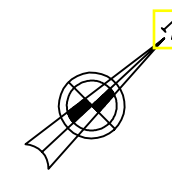
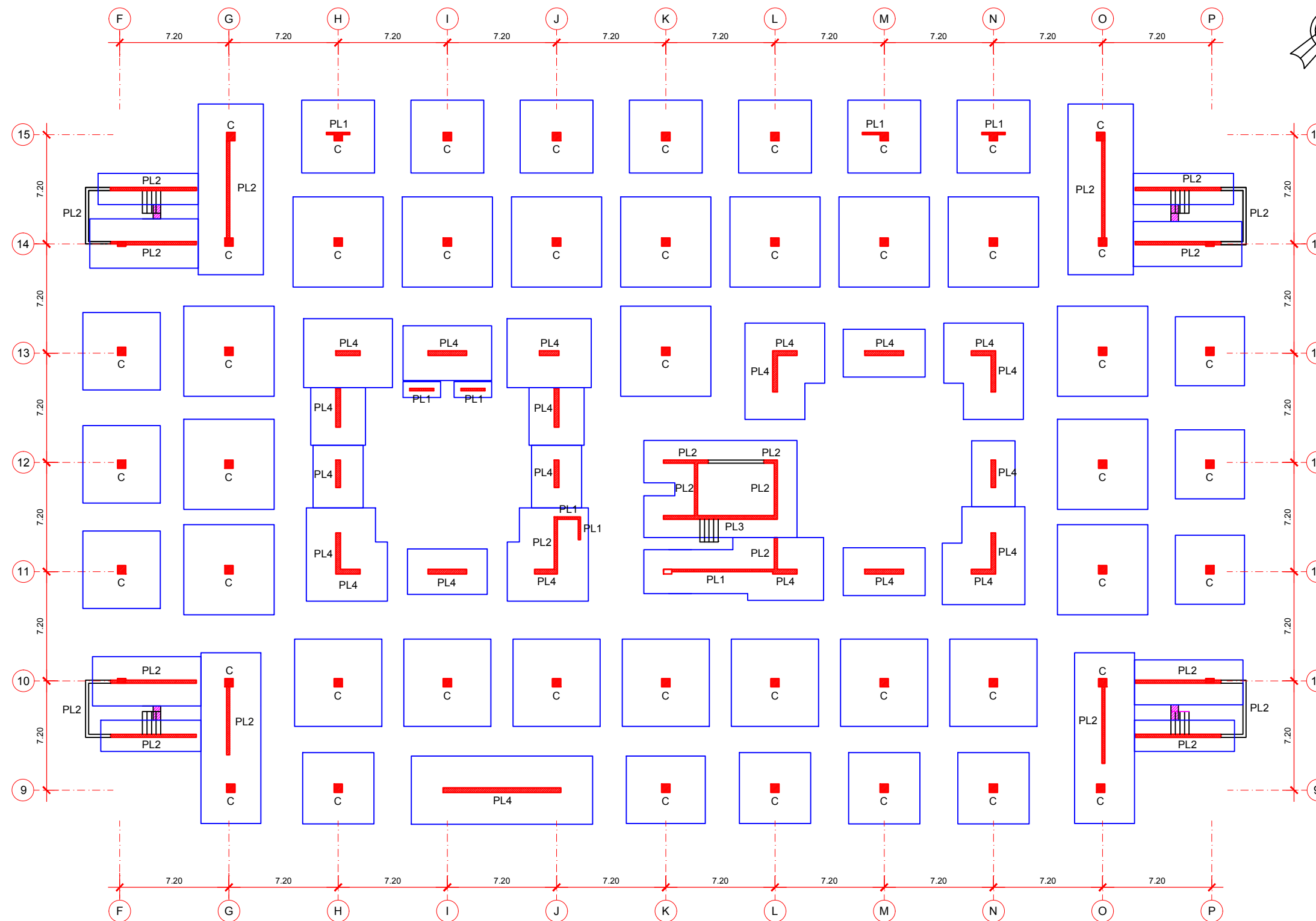
**SECTOR E**  
**CORTE D-D**  
Escala 1:300



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

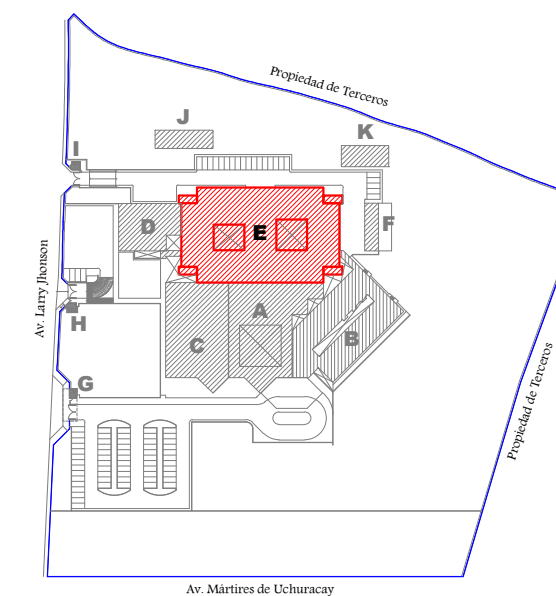
Tesis: Vulnerabilidad Sismica del Sector E y J del HRC  
Plano: Arquitectura Sector E - Cortes  
Bachiller: Janeth Rodriguez Villanueva  
Asesor: Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno  
Escala: Indicada Fecha: Cajamarca, mayo de 2018

PLANO Nº  
**08**



Placa	Espesor (m)
PL1	0.15
PL2	0.20
PL3	0.25
PL4	0.30

Nivel	Dimensión de Columna "C" (m)
1 <sup>er</sup>	0.55 x 0.55
2 <sup>do</sup>	0.40 x 0.55
3 <sup>er</sup>	0.40 x 0.55
4 <sup>to</sup>	0.40 x 0.55
5 <sup>to</sup>	0.30 x 0.55



**PLANO CLAVE**  
Escala S/E

**SECTOR E**  
Escala 1:300



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Tesis: Vulnerabilidad Sísmica del Sector E y J del HRC

Plano: Cimentación Sector E

Bachiller: Janeth Rodríguez Villanueva

Asesor: Dr. Ing. Miguel Ángel Mosqueira Moreno

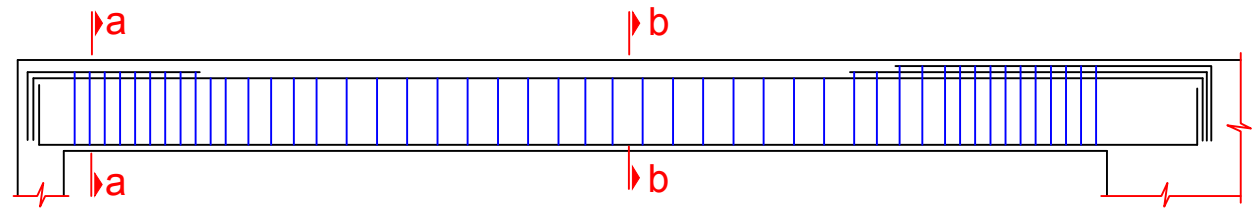
Escala: Indicada

Fecha: Cajamarca, mayo de 2018

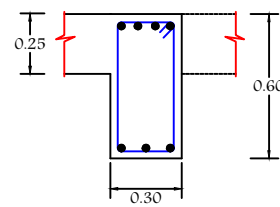
PLANO N°

09

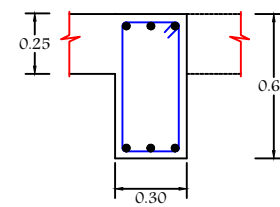




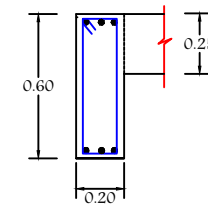
VIGA 0.30 x 0.60 m



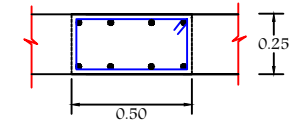
SECCIÓN a-a



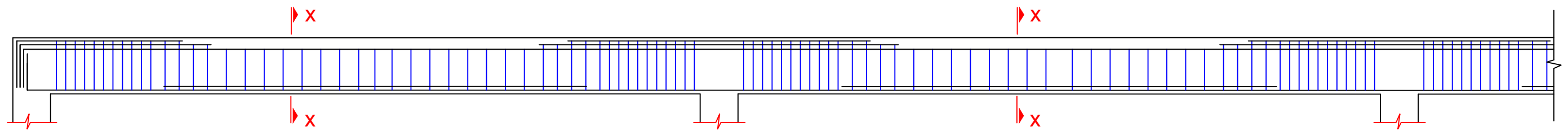
SECCIÓN b-b



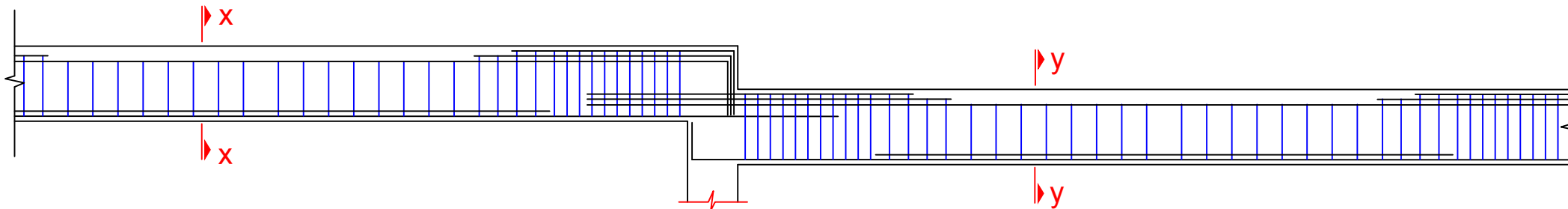
VIGA 0.20 x 0.60 m



VIGA 0.50 x 0.25 m

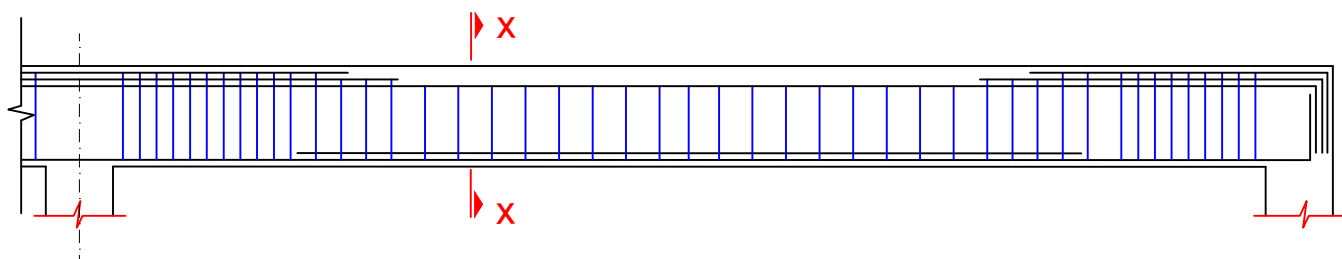


VIGA 0.30 x 0.60 m  
(Invertida)

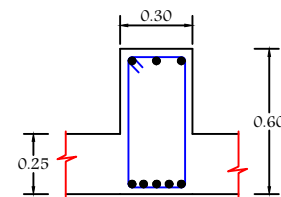


VIGA 0.30 x 0.60 m  
(Invertida)

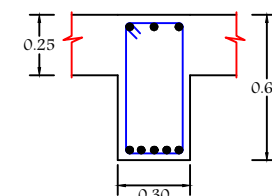
Especificaciones Técnicas
- Vigas de 30x60 cm en todos los ejes, 20x60 cm en escaleras de escape, 15x60 cm en zona de ductos, 50x25 cm en apoyo de escaleras en zona de escape y en apoyo de techo metálico de quinto piso.
- Losa aligerada en un sentido de 25 cm en el quinto piso, zona de ductos y escaleras.
- Losa aligerada en dos sentidos de 25 cm en el primer, segundo, tercer y cuarto piso.
- Viga invertida en tercer piso.



VIGA 0.30 x 0.60 m  
(Invertida)



SECCIÓN x-x



SECCIÓN y-y



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Tesis: Vulnerabilidad Sísmica del Sector E y J del HRC

Plano: Estructuras Sector E

Bachiller: Janeth Rodríguez Villanueva

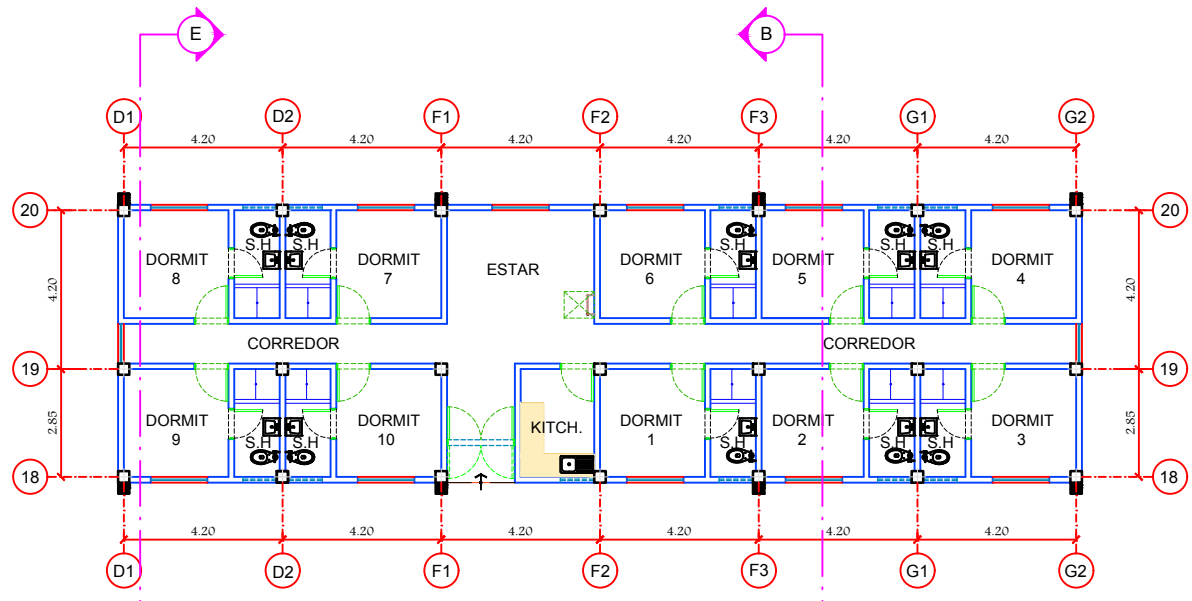
Asesor: Dr. Ing. Miguel Ángel Mosqueira Moreno

Escala: S/E

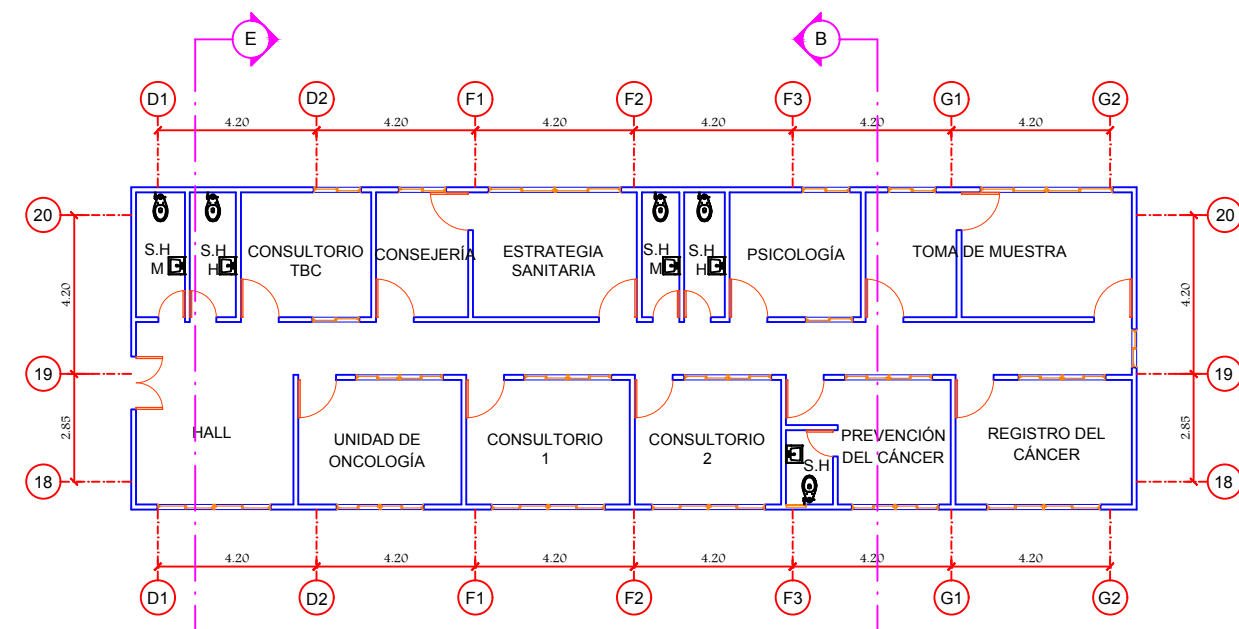
Fecha: Cajamarca, mayo de 2018

PLANO N°

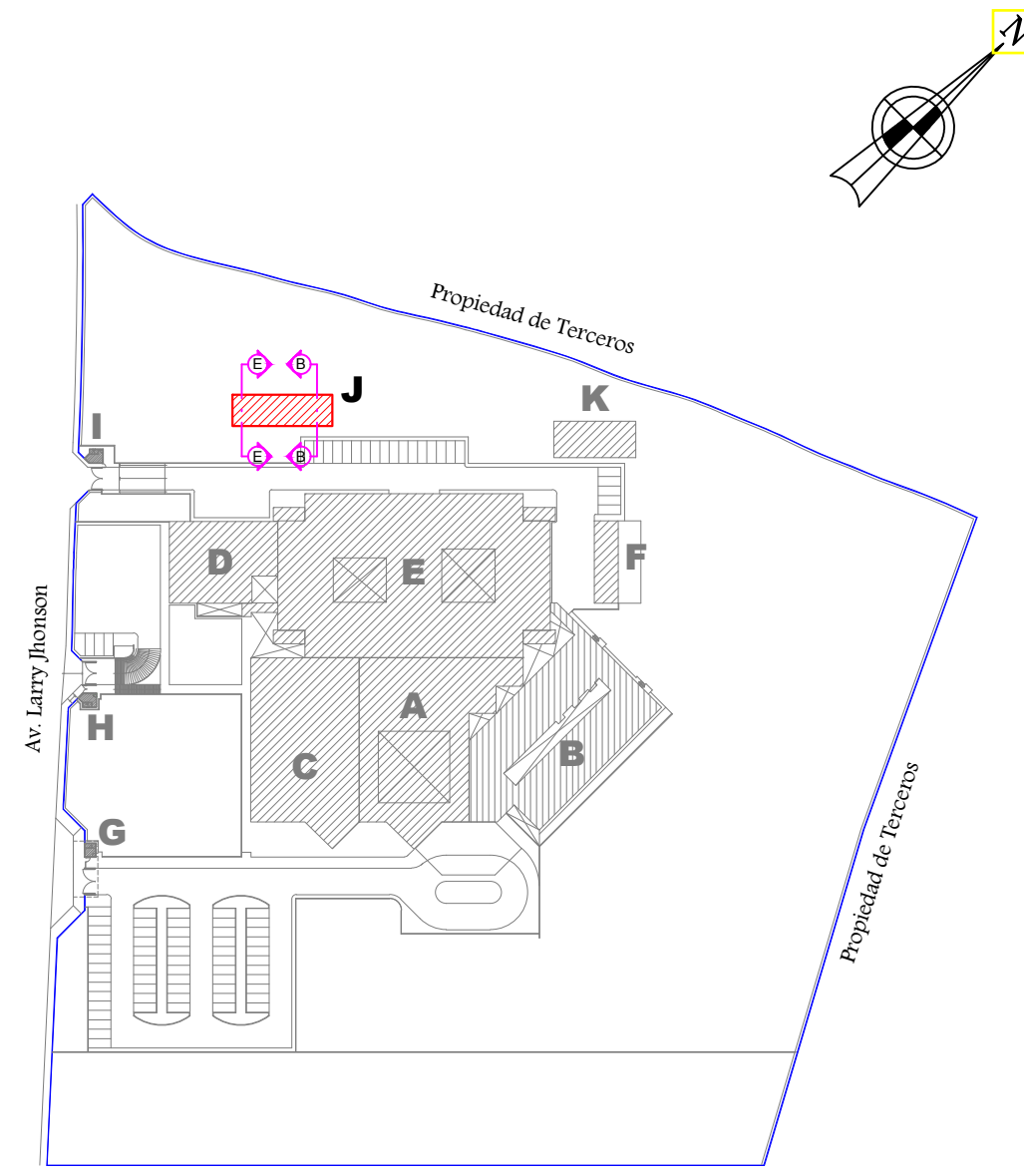
10



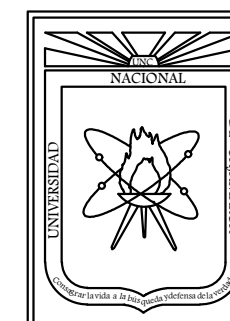
**SECTOR J  
PRIMER PISO**  
Escala 1:200



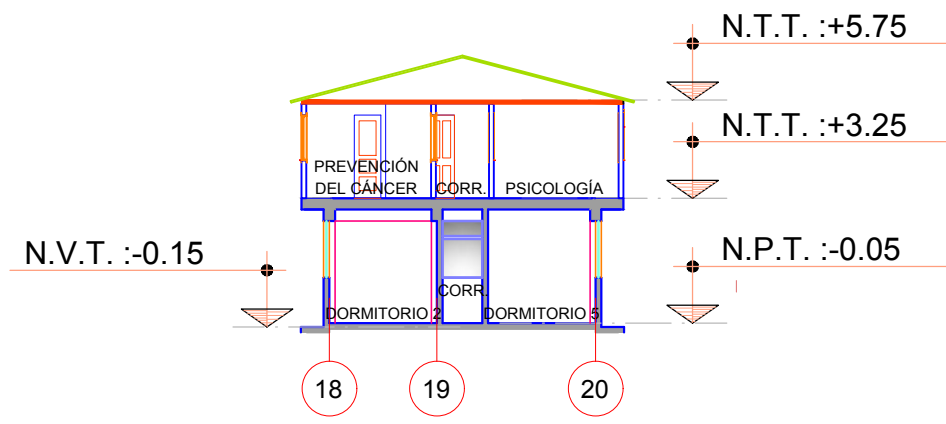
**SECTOR J  
SEGUNDO PISO**  
Escala 1:200



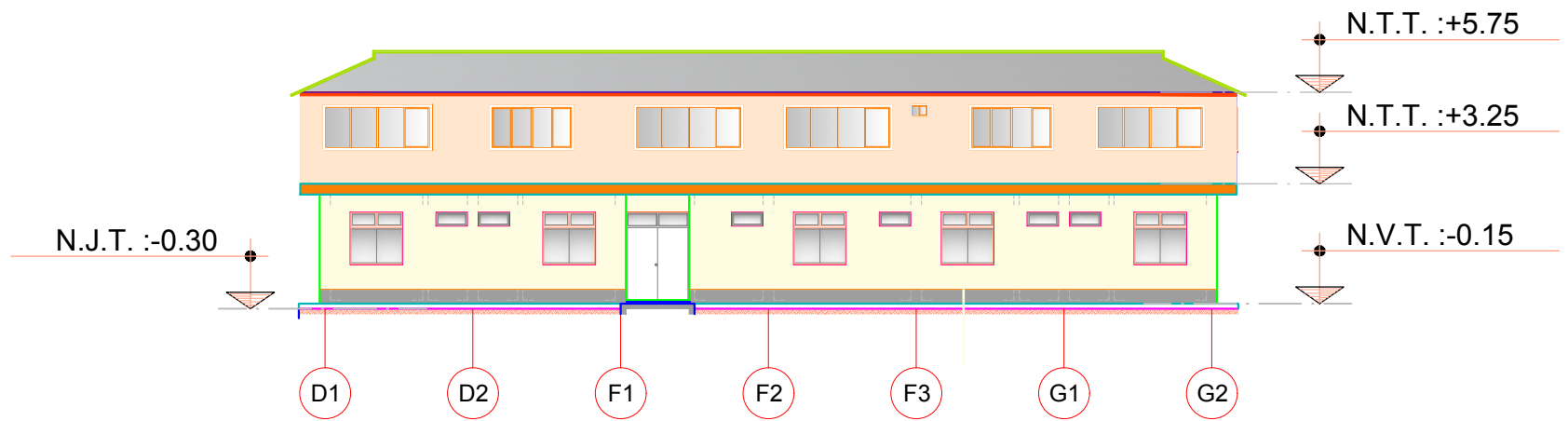
**PLANO CLAVE**  
Escala 1:2000



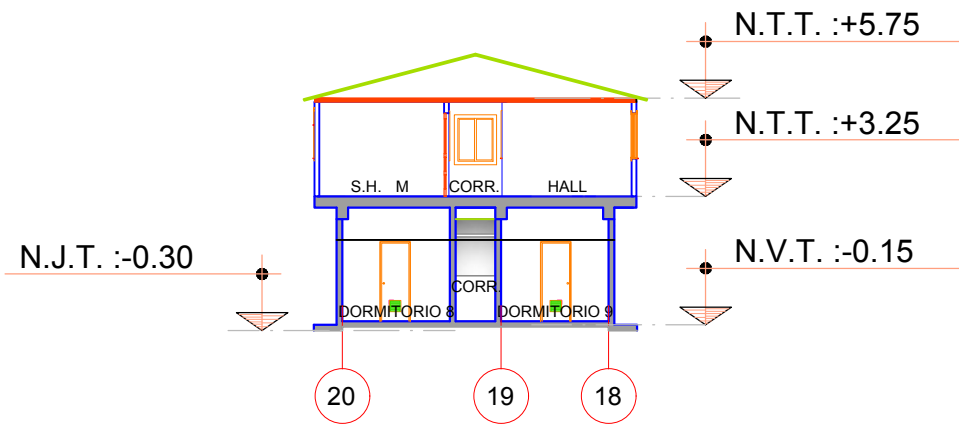
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA		PLANO N°
FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
Tesis:	Vulnerabilidad Sismica del Sector E y J del HRC	11
Plano:	Arquitectura Sector J	
Bachiller:	Janeth Rodríguez Villanueva	
Asesor:	Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno	
Escala:	Indicada	Fecha: Cajamarca, mayo de 2018



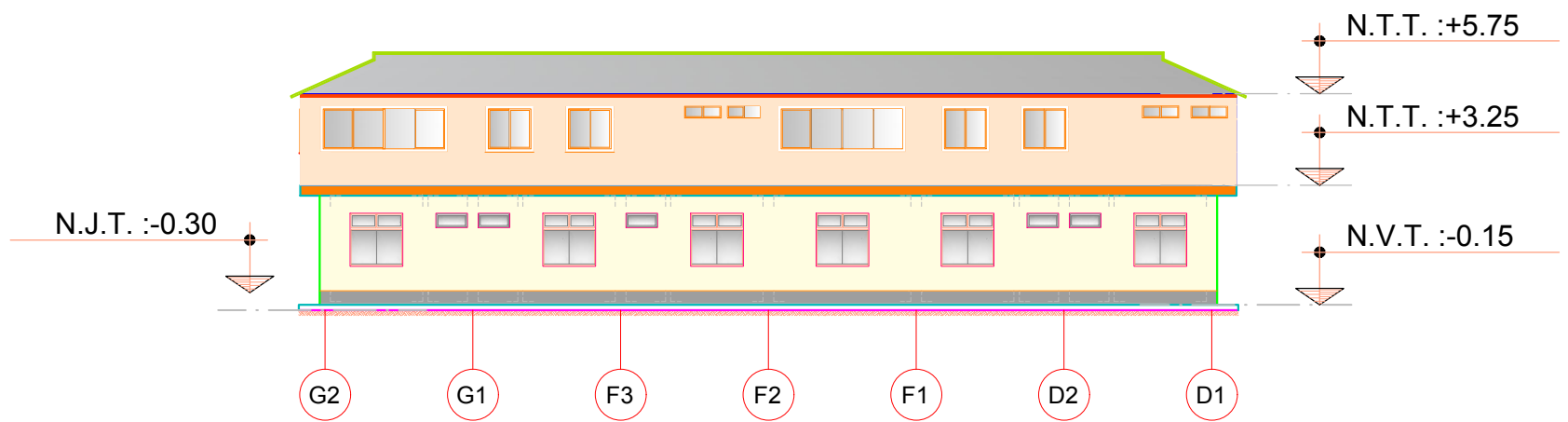
SECTOR J  
CORTE B-B



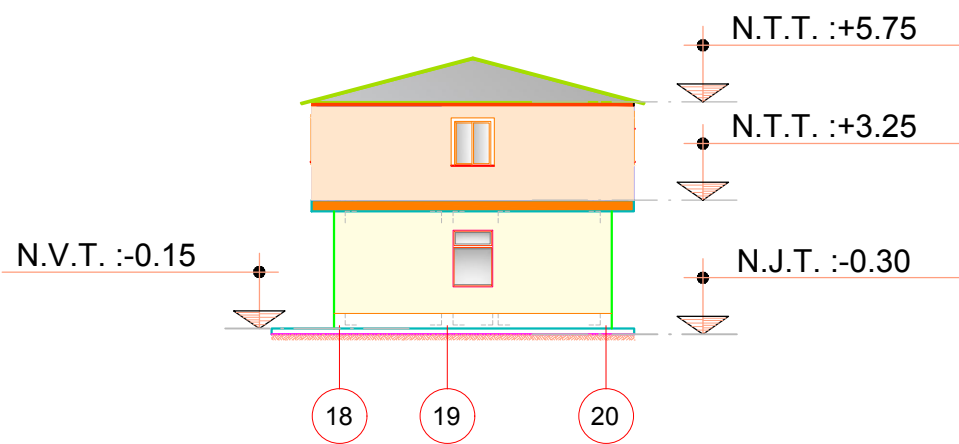
SECTOR J  
ELEVACIÓN FRONTAL



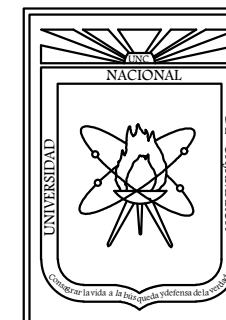
SECTOR J  
CORTE E-E



SECTOR J  
ELEVACIÓN POSTERIOR



SECTOR J  
ELEVACIÓN LATERAL



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Tesis: Vulnerabilidad Sísmica del Sector E y J del HRC

Plano: Arquitectura Sector J - Cortes y Elevación

Bachiller: Janeth Rodríguez Villanueva

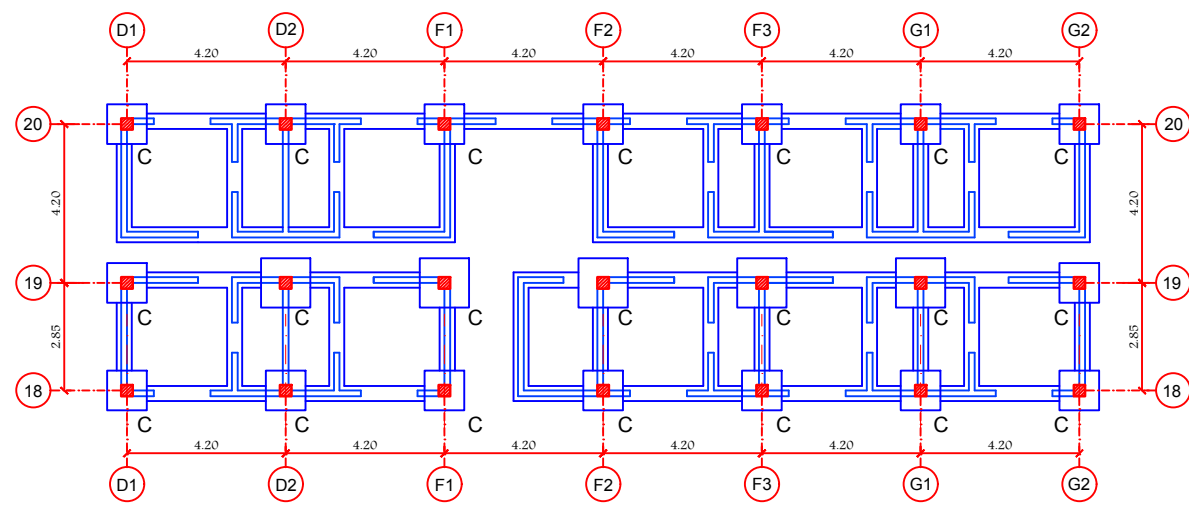
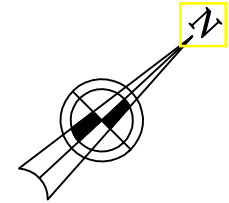
Asesor: Dr. Ing. Miguel Ángel Mosqueira Moreno

Escala: 1:200

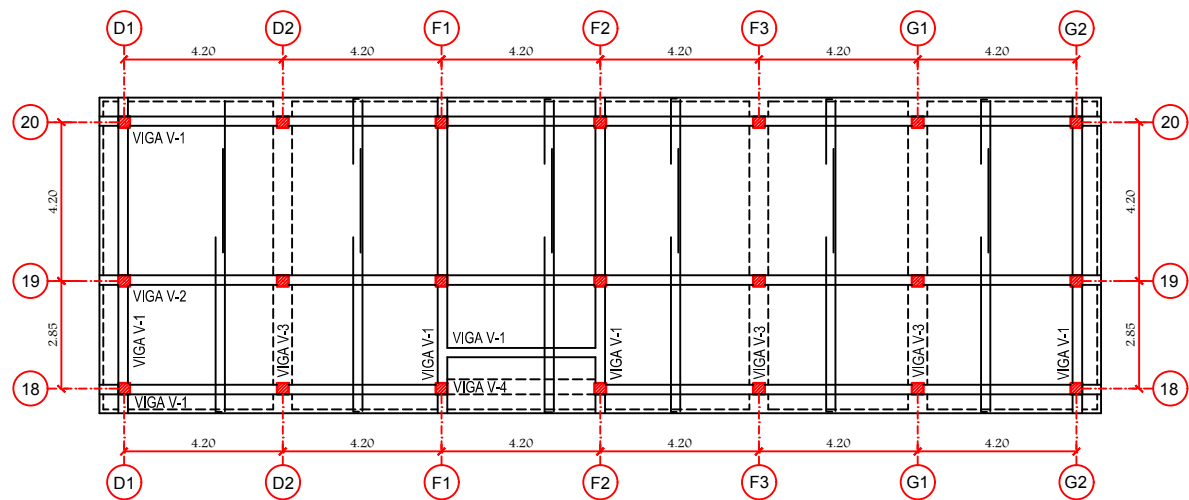
Fecha: Cajamarca, mayo de 2018

PLANO N°

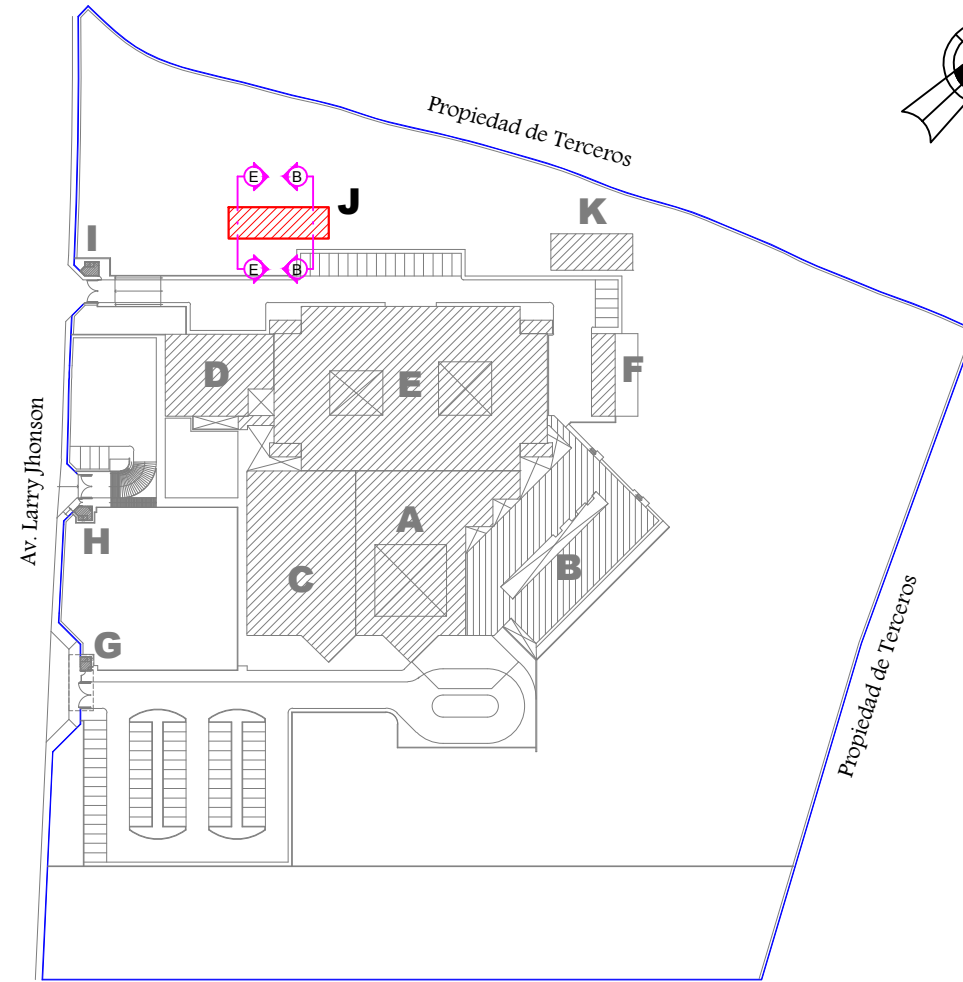
12



**SECTOR J**  
Escala 1:200

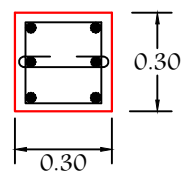


**SECTOR J**  
Escala 1:200

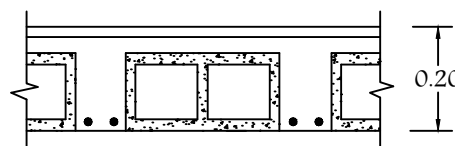


**PLANO CLAVE**  
Escala 1:2000

Viga	Dimensión (m)
Viga V-1	0.25 x 0.50
Viga V-2	0.25 x 0.50
Viga V-3	0.50 x 0.20
Viga V-4	0.40 x 0.20

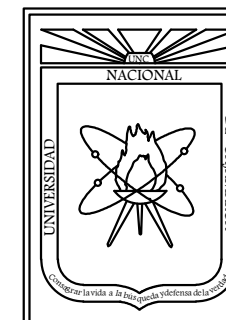


**COLUMNA "C"**  
Escala S/E



**ALIGERADO H = 0.20 m**  
Escala S/E

Especificaciones Técnicas	
- Columnas de sección de 30x30 cm.	
- Vigas de sección de 25x50 cm, 50x20 cm y 40x20 cm.	
- Losa aligerada en un sentido de 20 cm de espesor.	
- Resistencia mecánica del concreto: columnas de $f_c=280 \text{ kg/cm}^2$ ; vigas, losa aligerada, escalera de $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ .	



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Tesis: Vulnerabilidad Sísmica del Sector E y J del HRC

Plano: Cimentación - Estructuras Sector J

Bachiller: Janeth Rodríguez Villanueva

Asesor: Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno

Escala: Indicada

Fecha: Cajamarca, mayo de 2018

PLANO N°

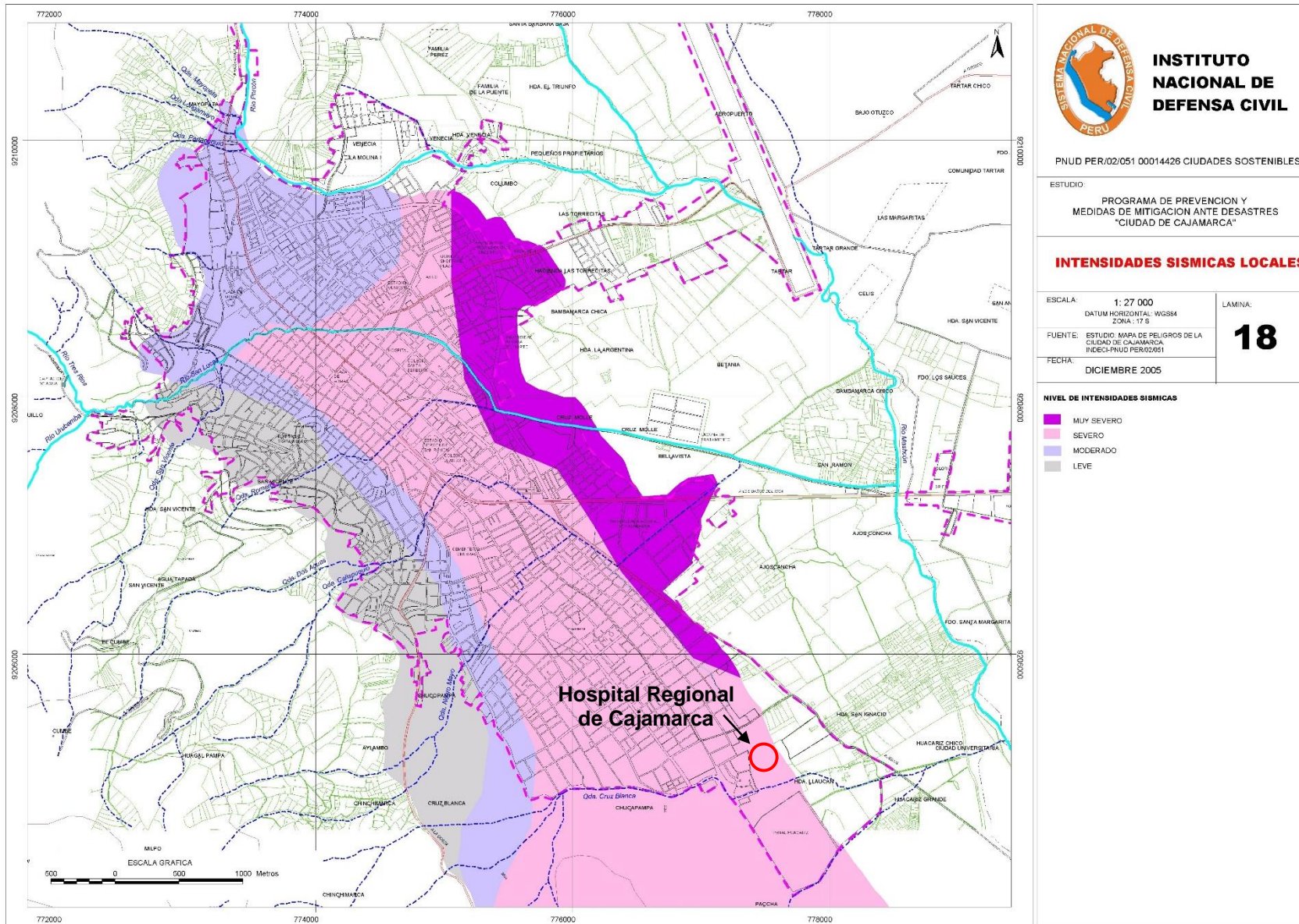
**13**

**ANEXO**

---

---

Figura A.1. Intensidades sísmicas en la ciudad de Cajamarca



Fuente: Tomado del INDECI 2005