

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



TESIS

**“PLATAFORMA SIG PARA LA EVALUACIÓN DE LA
VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS SUBESTACIONES
ELÉCTRICAS AÉREAS DE DISTRIBUCIÓN”**

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

ELABORADO POR

MACGRIVER MICKEL ROJAS RAMOS

ASESOR

Dr. MIGUEL LUIS ESTRADA MENDOZA

LIMA – PERÚ

2019

© 2019, Universidad Nacional de Ingeniería. Todos los derechos reservados

“El autor autoriza a la UNI a reproducir la tesis en su totalidad o en parte, con fines estrictamente académicos.”

Rojas Ramos, Macgriver Mickel

macgriver.rojas.r@uni.pe

961086848

DEDICATORIA

A mis amados padres por ser los pilares en mi vida, por brindarme su apoyo y dedicación a lo largo de toda mi carrera universitaria, asimismo a mis hermanos por su consejos y experiencias transmitidas, a mi pareja que no dejo que perdiera el rumbo, acompañándome a culminar la meta trazada y a cada una de las personas que contribuyeron en mi formación personal y profesional.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Facultad de Ingeniería Civil de la UNI, por brindarme la oportunidad de ser un profesional, a los profesores por sus enseñanzas dentro y fuera de las aulas.

Mi profunda gratitud a mis amigos por su tiempo brindado y valiosa información proporcionada, de igual manera al Mg. Ing. José Ruiz por su gran apoyo, orientación y conocimientos en ingeniería estructural, finalmente al PhD. Ing. Miguel Estrada un especial agradecimiento por las asesorías, sus vastos conocimientos en el campo geomática y los aportes a la tesis para que la culminación será satisfactoria.

ÍNDICE

RESUMEN	6
ABSTRACT	7
PRÓLOGO	8
LISTA DE TABLAS	10
LISTA DE FIGURAS	12
LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS	18
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	21
1.1. GENERALIDADES	21
1.2. PROBLEMÁTICA.....	22
1.3. OBJETIVOS	22
1.3.1. Objetivo General	22
1.3.2. Objetivos Específicos.....	22
1.4. HIPÓTESIS	22
CAPÍTULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO	23
2.1. CAMPO ELÉCTRICO	23
2.1.1. Subestación	23
2.1.2. Subestación de distribución	23
2.1.3. Subestación aérea de distribución	23
2.2. CAMPO ESTRUCTURAL.....	24
2.2.1. Peligro sísmico.....	24
2.2.2. Vulnerabilidad sísmica.....	24
2.2.3. Riesgo sísmico.....	24
2.2.4. Daño sísmico	24
2.2.5. Curvas de Fragilidad	25
2.2.5.1. <i>Métodos basados en observaciones de campo</i>	26
2.2.5.2. <i>Métodos experimentales</i>	27
2.2.5.3. <i>Métodos en función a opinión de expertos</i>	28
2.2.5.4. <i>Métodos analíticos</i>	29
2.2.5.5. <i>Métodos analíticos probabilísticos</i>	31
2.3. CAMPO ESTADÍSTICO Y PROBABILÍSTICO	32
2.3.1. Estadísticas y probabilidades	32
2.3.1.1. <i>Función de Distribución de Probabilidad (FDP)</i>	33
2.3.1.2. <i>Función de Distribución Acumulada (FDA)</i>	34
2.3.2. Simulación Montecarlo.....	36

2.4.	CAMPO GEOMÁTICA	37
2.4.1.	Sistema de información geográfico (SIG)	37
2.4.1.1.	<i>Componentes del SIG</i>	38
2.4.2.	Mapas temáticos.....	40
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA		42
3.1.	ALCANCES	43
3.2.	CURVAS DE CAPACIDAD	43
3.2.1.	Modelos del comportamiento del concreto armado	43
3.2.1.1.	<i>Modelo constitutivo del concreto</i>	43
3.2.1.2.	<i>Modelo constitutivo del acero de refuerzo</i>	44
3.2.2.	Modelo estructural para análisis inelástico.....	45
3.2.2.1.	<i>Modelo de rotulas plásticas</i>	45
3.2.3.	Modelo inelástico de secciones de concreto armado	46
3.2.3.1.	<i>Diagrama Momento – Curvatura</i>	46
3.2.4.	Modelo inelástico de los elementos de barra	48
3.2.4.1.	<i>Zonas de comportamiento no lineal</i>	48
3.2.4.2.	<i>Diagrama Momento – Rotación en rótulas plásticas</i>	49
3.2.4.3.	<i>Diagrama Momento – Rotación simplificado</i>	49
3.2.5.	Capacidad estructural.....	50
3.2.5.1.	<i>Análisis pushover</i>	50
3.2.6.	Estados Límites de Daño.....	53
3.3.	PARÁMETROS SÍSMICOS	56
3.3.1.	Acelerogramas sintéticos.....	56
3.3.2.	Acelerogramas sintéticos compatibles con un Espectro de Respuesta.....	57
3.4.	PARÁMETROS ESTRUCTURALES	61
3.4.1.	Simulación Montecarlo.....	63
3.5.	CURVAS DE FRAGILIDAD	63
3.5.1.	Incertidumbre en los Parámetros Estructurales.....	63
3.5.2.	Incertidumbre en los Parámetros Sísmicos.....	64
3.5.3.	Análisis dinámico no lineal (Análisis Tiempo – Historia).....	64
3.5.4.	Función de distribución de probabilidad de daño	64
3.5.5.	Probabilidad de excedencia.....	65
3.6.	PELIGRO SÍSMICO	65
3.6.1.	Determinación del peligro sísmico probabilístico	66
3.7.	RIESGO SÍSMICO	67

CAPÍTULO IV: GENERACIÓN DE LA CARTILLA DE EVALUACIÓN	68
4.1. TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL.....	68
4.1.1. Subestación Aérea Biposte (SAB).....	68
4.1.2. Subestación Aérea Monoposte (SAM)	68
4.2. TIPOLOGÍA FUNCIONAL.....	69
4.2.1. Fin de Línea	69
4.2.2. Alineamiento	70
4.3. ELEMENTOS ESTRUCTURALES	70
4.3.1. Poste de concreto armado centrifugado	71
4.3.2. Plataforma de soporte.....	72
4.3.3. Palomilla doble.....	73
4.3.4. Ménsula.....	74
4.3.5. Cruceta asimétrica.....	75
4.3.5.1. <i>Concreto armado</i>	75
4.3.5.2. <i>Madera</i>	76
4.3.6. Cruceta simétrica.....	76
4.3.6.1. <i>Concreto Armado</i>	76
4.3.6.2. <i>Madera</i>	77
4.4. POTENCIA DEL TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN	78
4.5. NIVEL DE TENSIÓN.....	78
4.5.1. Baja Tensión (B.T.)	78
4.5.2. Media Tensión (M.T.).....	78
4.5.3. Alta Tensión (A.T.)	78
4.5.4. Muy Alta Tensión (M.A.T.).....	79
4.6. TIPOS DE EMPOTRAMIENTOS.....	79
4.6.1. Cimentado.....	79
4.6.2. Enterrado.....	80
4.7. TIPOS DE SUELOS.....	81
4.7.1. Perfil Tipo S ₀ : Roca Dura.....	81
4.7.2. Perfil Tipo S ₁ : Roca o Suelos Muy Rígidos	81
4.7.3. Perfil Tipo S ₂ : Suelos Intermedios	81
4.7.4. Perfil Tipo S ₃ : Suelos Blandos	82
4.7.5. Perfil Tipo S ₄ : Condiciones Excepcionales	82
4.8. ESTADO DEL POSTE DE CONCRETO ARMADO.....	82
CAPÍTULO V: DIAGNÓSTICO Y BASE DE DATOS GEOESPACIAL DE LA ZONA DE ESTUDIO	86

5.1.	DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	86
5.1.1.	Ubicación geografía	86
5.1.2.	Topografía	87
5.2.	CONCESIONARIA ELÉCTRICA DE DISTRIBUCIÓN	88
5.3.	DIAGNÓSTICO DE LA CARTILLA DE EVALUACIÓN	89
5.3.1.	Primera etapa.....	89
5.3.1.1.	<i>Plano de ubicación</i>	89
5.3.1.2.	<i>Plano de zonificación sísmica</i>	90
5.3.1.3.	<i>Nivel de tensión</i>	92
5.3.2.	Segunda etapa.....	93
5.3.2.1.	<i>Resumen de datos específicos</i>	93
5.3.2.2.	<i>Resumen de datos de cimentación</i>	95
5.4.	DIAGNÓSTICO DE LA EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD SÍSMICA	96
5.4.1.	Primera etapa.....	96
5.4.1.1.	<i>Disposiciones geométricas</i>	96
5.4.1.2.	<i>Dimensionamiento y especificaciones técnicas</i>	98
5.4.1.3.	<i>Resultados</i>	109
5.4.2.	Segunda etapa.....	112
5.4.2.1.	<i>Diagrama Momento – Curvatura</i>	113
5.4.2.2.	<i>Diagrama Momento – Rotación</i>	118
5.4.2.3.	<i>Análisis Pushover y los Estados Limites de daños</i>	124
5.4.2.4.	<i>Acelerogramas sintéticos</i>	129
5.4.2.5.	<i>Análisis dinámico no lineal (análisis Tiempo – Historia)</i>	130
5.4.2.6.	<i>Curvas de Fragilidad</i>	132
5.5.	PELIGRO SÍSMICO	133
5.5.1.	Curva de Peligro Sísmico Probabilístico	133
5.6.	RIESGO SÍSMICO	136
	CAPÍTULO VI: DESARROLLO DE LA PLATAFORMA SIG	138
6.1.	PROCESAMIENTO DE LOS DATOS DE LA CARTILLA DE EVALUACIÓN.....	138
6.1.1.	Generación de tablas y graficas	139
6.2.	PROCESAMIENTO DE LAS CURVAS DE FRAGILIDAD	142
6.2.1.	Generación de mapas temáticos.....	142
	CAPÍTULO VII: PROPUESTAS DE REDUCCIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA	146

7.1.	DIFUSIÓN DEL CONTENIDO DE LOS ESTUDIOS DE VULNERABILIDAD	146
7.2.	FORMACIÓN DEL SISTEMAS DE ALERTA COMUNITARIA	146
	CONCLUSIONES	147
	RECOMENDACIONES	149
	BIBLIOGRAFÍA	150
	ANEXOS	156

RESUMEN

Este trabajo de investigación pretende ser un aporte a la prevención de líneas vitales de electrificación frente a los desastres de origen sísmico.

En la presente tesis se muestra la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las Subestaciones Eléctricas Aéreas de Distribución, la cual se visualiza en mapas temáticos elaborados en una Plataforma SIG, dicha evaluación se basa en el desarrollo de una metodología analítica probabilística llamada Curvas de Fragilidad.

La generación de Curvas de Fragilidad se produce considerando la variabilidad en los parámetros sísmicos y parámetros estructurales, formando una cantidad importante de modelos estructurales las cuales son sometidas a sus respectivas acelerogramas sintéticas, para su análisis dinámico no lineal (análisis Tiempo – Historia). Dando como resultado los desplazamientos máximos en la cima de cada modelo estructural, para cada intensidad sísmica definida. La simulación a través de la herramienta estadística “simulación Montecarlo” y la delimitación de los estados de daño, hace posible establecer funciones que representan la vulnerabilidad de las Subestaciones Eléctricas Aéreas de Distribución, frente a distintos niveles de intensidad del movimiento sísmico.

La aplicación de la Plataforma SIG se realizó en el Centro Poblado Imperial – Distrito de Imperial – Provincia de Cañete – Departamento de Lima. Se realizó la cartilla de evaluación para los 27 Subestaciones Eléctricas Aéreas de Distribución encontradas. El modelo estructural está constituido por elementos de concreto armado, asimismo no se consideró la tensión de los cables. Se realizaron 2000 muestras de acelerogramas sintético por cada tipo de suelo encontrado.

Los resultados plasmados en los mapas temáticos, expresan que las Curvas de Fragilidad representan sensatamente la vulnerabilidad sísmica de las Subestaciones Eléctricas Aéreas de Distribución del Centro Poblado Imperial. Como ejemplo indicamos que intensidades sísmicas menores a 0.05g siendo “g” la gravedad, no se tendrá probabilidad de daño alguno y a partir de 0.40g a más, se tendrá probabilidad de colapso de la estructura.

ABSTRACT

This research work aims to be a contribution to the prevention of vital lines of electrification in front of disasters of seismic origin.

In this thesis the evaluation of the seismic vulnerability of the aerial electrical distribution substations is shown, which is visualized in thematic maps elaborated in a GIS Platform, this evaluation is based on the development of a probabilistic analytical methodology called Fragility Curves.

The generation of Fragility Curves occurs considering the variability in the seismic parameters and structural parameters, forming an important quantity of structural models which are subjected to their respective synthetic accelerograms, for their nonlinear dynamic analysis (Time – History analysis). Resulting in the maximum displacements at the top of each structural model for each defined seismic intensity. The simulation through the Montecarlo simulation tool and the delimitation of damage states makes it possible to establish functions that represent the vulnerability of the aerial distribution electrical substations, in contrast to different levels of seismic movement intensity.

The application of the GIS Platform was carried out in the Imperial Village Center – District of Imperial – Province of Cañete – Department of Lima. The evaluation chart was made for the 27 aerial distribution electrical substations found. The structure model is constituted by elements of reinforced concrete, likewise the tension of the cables was not considered. 2000 samples of synthetic accelerograms were made for each type of ground found.

The results obtained in the thematic maps, express that the fragility curves sensibly represent the seismic vulnerability of the aerial electrical distribution substations of the Imperial Settlement Center. As an example, we indicate that seismic intensities lower than 0.05g, with "g" being gravity, there will be no probability of damage and from 0.40g to more, there would be a probability of collapse of the structure.

PRÓLOGO

El interés de elaborar mapas temáticos de vulnerabilidad sísmica de las Subestaciones Eléctricas Aéreas de Distribución sobre una Plataforma SIG, es para mostrar alternativas prácticas y de fácil visualización de los resultados que indican la probabilidad de excedencia de un estado límite de daño definido para un determinado nivel de intensidad sísmica, las cuales son obtenidas del desarrollo de la metodología analítica probabilística llamada Curvas de Fragilidad, asimismo de aportar oportunamente en la toma de decisiones de las autoridades competentes de las regiones, en temas de prevención de líneas vitales de electrificación frente a los desastres de origen sísmico.

La presente investigación consta de siete capítulos, a continuación se hace una breve descripción de los aspectos más importantes de cada uno de ellos.

El Capítulo I, detalla los daños y efectos que se producen en las subestaciones eléctricas de distribución (sistema de línea vital) después de ocurrido un evento sísmico, debido a ello se consolida una problemática la cual es abordada por objetivos generales y específicos, que finamente se decanta en una hipótesis.

El Capítulo II, contiene el fundamento teórico de la investigación, explican algunos términos relacionados al campo eléctrico, al campo estructural, al campo estadístico y probabilístico y finalmente al campo geomática utilizados en esta investigación.

El Capítulo III, describe el desarrollo de la metodología de evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las Subestaciones Eléctricas Aéreas de Distribución de concreto armado, finalizando con la generación de Curvas de Fragilidad analíticas, considerando las variabilidades en los parámetros sísmicos y parámetros estructurales. Se constituye la acción sísmica con un acumulado de acelerogramas sintéticos, las cuales son compatibles con el espectro de respuesta elástico de la zona de estudio, conjuntamente se consideró tres parámetros estructurales: resistencia a la fluencia del acero (f_y), resistencia a la compresión del concreto (f'_c) y la deformación última del concreto (ϵ_{cu}) para la variabilidad estructural. Adicionalmente se utiliza el Servicio Web de Consultas elaborado por SENCICO para la determinación del peligro sísmico, con el propósito de combinar ambos efectos y obtener el riesgo sísmico de la zona de estudio.

El Capítulo IV, constituye la generación de la cartilla de evaluación donde se define todas las variables identificables como: tipologías estructurales y funcionales, tipos de cimentación y tipos de suelos, por último se hace una breve descripción del entorno y posibles daños estructurales que se está produciendo durante su tiempo en actividad en cada Subestación Eléctrica Aérea de Distribución.

El Capítulo V, describe la zona de estudio y el diagnóstico de la recopilación de información empleando las cartillas de evaluación, asimismo el diagnóstico del desarrollo de la aplicación de la metodología de análisis de vulnerabilidad sísmica de las Subestaciones Eléctricas Aéreas de Distribución.

El Capítulo VI, muestra el desarrollo de la Plataforma SIG en el software ArcGIS, siendo la interfaz de programación para la generación de mapas temáticos de vulnerabilidad sísmica, asimismo se elabora la tabla de atributos de las Subestaciones Eléctricas Aéreas de Distribución.

El Capítulo VII, aborda propuestas de prevención y mitigación de daños que puede sufrir la población aledaña, ya sea de manera directa o indirectamente. Lo cual contribuiría a la reducción de vulnerabilidad sísmica de las Subestaciones Eléctricas Aéreas de Distribución del Centro Poblado Imperial. Luego de la identificación del área de influencia que tiene la vulnerabilidad sísmica, es posible aplicar alternativas de intervención dentro de un enfoque multisectorial y multidisciplinario.

LISTA DE TABLAS

Tabla N° 1 Evidencia de los Estados Limites de Daño.....	54
Tabla N° 2 Estados Limites de Daño y niveles de desempeño	56
Tabla N° 3 Intervalos para la generación de acelerograma sintético	57
Tabla N° 4 Envolvente de amplitud trapezoidal	61
Tabla N° 5 Identificación de estado de postes de concreto de BT.....	83
Tabla N° 6 Niveles de tensión en el Distrito de Imperial	92
Tabla N° 7 Datos específicos de la cartilla de evaluación	94
Tabla N° 8 Datos de cimentación de la cartilla de evaluación	95
Tabla N° 9 Dimensionamiento de montaje	98
Tabla N° 10 Especificaciones técnicas del poste de 13 m	98
Tabla N° 11 Dimensionamiento y empotramiento de postes C.A.C. de 13 m	99
Tabla N° 12 Potencias del transformador de distribución para un nivel de tensión 10 kV.....	101
Tabla N° 13 Especificaciones técnicas de la plataforma de soporte para equipos de peso hasta 1500 kg.....	102
Tabla N° 14 Especificaciones técnicas de la plataforma de soporte para equipos de peso hasta 2600 kg.....	103
Tabla N° 15 Especificaciones técnicas de la palomilla doble de concreto armado hasta 250 kVA.....	104
Tabla N° 16 Especificaciones técnicas de la palomilla doble de concreto armado (250), 400 y 630 kVA.....	105
Tabla N° 17 Especificaciones técnicas de la ménsula de concreto armado – 10 kV.....	106
Tabla N° 18 Características técnicas de las ménsulas de concreto armado – 10 kV.....	106
Tabla N° 19 Especificaciones técnicas de la cruceta simétrica de concreto armado – 10 kV.....	107
Tabla N° 20 Características técnicas de las crucetas simétricas de concreto armado – 10 kV.....	107
Tabla N° 21 Especificaciones técnicas de la cruceta asimétrica de concreto armado – 10 kV.....	108
Tabla N° 22 Características técnicas de las crucetas asimétricas de concreto armado – 10 kV.....	108

Tabla N° 23 Clasificación de transformador de distribución, plataforma de soporte y palomilla doble	109
Tabla N° 24 Clasificación de ménsulas y crucetas simétricas.....	110
Tabla N° 25 Clasificación de las distancias de montaje.....	111
Tabla N° 26 Valores de los desplazamiento en la dirección X de la SAB Nro. 0021	124
Tabla N° 27 Valores de los desplazamiento en la dirección Y de la SAB Nro. 0021	125
Tabla N° 28 Estados Limites de Daño en la curva de capacidad de la SAB Nro. 0021	126
Tabla N° 29 Valores de los desplazamiento en la dirección X de la SAM Nro. 0628	127
Tabla N° 30 Valores de los desplazamiento en la dirección Y de la SAM Nro. 0628	127
Tabla N° 31 Estados Limites de Daño en la curva de capacidad de la SAM Nro. 0628	128
Tabla N° 32 Calculo del Peligro Sísmico con Servicio Web (SENCICO)	135
Tabla N° 33 Riesgo sísmico de las Subestaciones Eléctricas Aéreas de Distribución	137

LISTA DE FIGURAS

Figura N° 1 Ejemplo de Curvas de Fragilidad para edificaciones	25
Figura N° 2 Curvas de Fragilidad obtenidas a partir de los daños observados en el sismo de Kobe (Yamazaki y Murao, 2000)	27
Figura N° 3 Ejemplo de Curvas de Fragilidad experimentales para un desplazamiento relativo (Chong y Soong, 2000)	28
Figura N° 4 Curvas de Fragilidad para una edificio escolar del tipo adobe, a través de opinión de expertos (Astorga y Aguilar, 2006)	29
Figura N° 5 Curvas de Fragilidad analíticas para un prototipo de muro de corte de 20 pisos (Magna-Verdugo et al., 2017)	30
Figura N° 6 Probabilidad de daño para un PGA de 0.26g en dirección Y	31
Figura N° 7 Función de distribución de probabilidad típica	33
Figura N° 8 Función de distribución acumulada típica	34
Figura N° 9 Método de la Inversión para generar variables aleatorias	37
Figura N° 10 Esquema de los procesamientos en los Sistema de Información Geográfica (SIG)	38
Figura N° 11 Interacción entre los componente de los SIG	39
Figura N° 12 Elementos fundamentales para la elaboración de mapas temáticos	40
Figura N° 13 Mapa temático de índice de vulnerabilidad sísmica de las edificaciones del Centro Poblado Medio Mundo (Humala, 2012) ...	41
Figura N° 14 Metodología para la generación de Curvas de Fragilidad analíticas (Adaptado de Ruiz, 2018)	42
Figura N° 15 Representación del modelo de Hognestad	44
Figura N° 16 Representación del modelo elastoplástico perfecto	45
Figura N° 17 Esquematación de la curvatura de un elemento	47
Figura N° 18 Representación del diagrama Momento - Curvatura típico de una sección de concreto armado	47
Figura N° 19 Idealización del daño en un elemento estructural	48
Figura N° 20 Idealización del daño equivalente en un elemento estructural	49
Figura N° 21 Obtención del diagrama Momento - Rotación a partir del diagrama Momento - Curvatura	49
Figura N° 22 Representación del diagrama Momento - Rotación simplificado ...	50
Figura N° 23 Representación de un ensayo monotónica con su curva de capacidad	51

Figura N° 24 Representación de los desplazamientos y nudo de control en la cima	51
Figura N° 25 Representación de un análisis pushover y su curva de capacidad ..	52
Figura N° 26 Función de intensidad estacionaria o tipo cajón	59
Figura N° 27 Función de intensidad trapezoidal de Hou (1968)	59
Figura N° 28 Función de intensidad exponencial de Liu (1969)	59
Figura N° 29 Función de intensidad compuesta de Jennings et al. (1968)	60
Figura N° 30 Parámetros del sismo de Pisco del 15 de agosto del 2007 (IGP) ...	60
Figura N° 31 Envolvente de amplitud trapezoidal de Hou (1968)	61
Figura N° 32 Funciones de densidad de probabilidad del esfuerzo de fluencia del acero (f_y)	62
Figura N° 33 Funciones de densidad de probabilidad de la resistencia a la compresión del concreto (f'_c)	62
Figura N° 34 Funciones de densidad de probabilidad de la deformación última del concreto (ϵ_{cu})	63
Figura N° 35 Interfaz del Servicio Web de Consultas para la Determinación del Peligro Sísmico en el Territorio Nacional (SENCICO)	67
Figura N° 36 Subestación Aérea Biposte (SAB)	69
Figura N° 37 Subestación Aérea Monoposte (SAM)	69
Figura N° 38 Disposición Fin de Línea de la red aérea	70
Figura N° 39 Disposición Alineamiento de la red aérea	70
Figura N° 40 Proceso de fabricación del poste de concreto armado centrifugado	71
Figura N° 41 Estructuración de la armadura de acero de refuerzo	71
Figura N° 42 Poste de concreto armado centrifugado	72
Figura N° 43 Plataforma de concreto armado y estructuración de la armadura de acero de refuerzo	73
Figura N° 44 Palomilla doble de concreto armado	74
Figura N° 45 Ménsula de concreto armado y estructuración de la armadura de acero de refuerzo	74
Figura N° 46 Cruceta asimétrica de concreto armado y estructuración de la armadura de acero de refuerzo	75
Figura N° 47 Cruceta asimétrica de madera	76
Figura N° 48 Cruceta simétrica de concreto armado y estructuración de la armadura de acero de refuerzo	77

Figura N° 49 Cruceta simétrica de madera	77
Figura N° 50 Representación del límite de empotramiento cimentado	79
Figura N° 51 Representación del límite de empotramiento enterrado.....	80
Figura N° 52 Estado de poste Tipo A	83
Figura N° 53 Estado de poste Tipo B1	83
Figura N° 54 Estado de poste Tipo B2	84
Figura N° 55 Estado de poste Tipo C	84
Figura N° 56 Estado de poste Tipo CV	84
Figura N° 57 Cartilla de evaluación	85
Figura N° 58 Plano de ubicación de la zona de estudio	86
Figura N° 59 Plano de ubicación del Centro Poblado Imperial.....	87
Figura N° 60 Zona de concesión de Luz del Sur S.A.A.	88
Figura N° 61 Plano de ubicación de las Subestaciones Eléctricas Aéreas de Distribución (CAD).....	89
Figura N° 62 Simbología de las SAB y SAM en plano de ubicación (CAD)	90
Figura N° 63 Mapa de zonificación sísmica – geotécnica del área urbana de Imperial (IGN, 2017)	91
Figura N° 64 Montaje de los elementos estructurales que componen las SAB ...	97
Figura N° 65 Montaje de los elementos estructurales que componen las SAM ..	97
Figura N° 66 Disposiciones de ménsulas y crucetas en postes	97
Figura N° 67 Dimensionamiento y empotramiento de postes C.A.C. de 13 m	99
Figura N° 68 Estructuración de la armadura de acero de refuerzo del poste C.A.C. de 13 m	100
Figura N° 69 Dimensionamiento del transformador de distribución para un nivel de tensión 10 kV	101
Figura N° 70 Geometría y dimensionamiento en mm de la plataforma de soporte para equipos de peso hasta 1500 kg	102
Figura N° 71 Geometría y dimensionamiento en mm de la plataforma de soporte para equipos de peso hasta 2600 kg	103
Figura N° 72 Geometría y dimensiones en mm de la palomilla doble de concreto armado hasta 250 kVA.....	104
Figura N° 73 Geometría y dimensionamiento en mm de la palomilla doble de concreto armado (250), 400 y 630 kVA	105
Figura N° 74 Geometría y dimensionamiento en mm de la ménsula	106
Figura N° 75 Geometría y dimensionamiento en mm de la cruceta simétrica	107

Figura N° 76 Geometría y dimensionamiento en mm de la cruceta asimétrica...	108
Figura N° 77 SAB luego del sismo en Pisco el 15 de agosto de 2007	112
Figura N° 78 Alumbrado público luego del sismo en Pisco el 15 de agosto de 2007	112
Figura N° 79 Aislador tipo	113
Figura N° 80 Aislador tipo suspensión	113
Figura N° 81 Seccionador fusible aéreo	113
Figura N° 82 Sección base	114
Figura N° 83 Sección intermedia	114
Figura N° 84 Sección cima	114
Figura N° 85 Diagrama Momento – Curvatura para la sección base de la SAB Nro. 0021	115
Figura N° 86 Diagrama Momento – Curvatura para la sección intermedia de la SAB Nro. 0021	116
Figura N° 87 Diagrama Momento – Curvatura para la sección cima de la SAB Nro. 0021	116
Figura N° 88 Diagrama Momento – Curvatura para la sección base de la SAM Nro. 0628	117
Figura N° 89 Diagrama Momento – Curvatura para la sección intermedia de la SAM Nro. 0628	117
Figura N° 90 Diagrama Momento – Curvatura para la sección cima de la SAM Nro. 0628	118
Figura N° 91 Diagrama Momento – Rotación para la sección base de la SAB Nro. 0021	118
Figura N° 92 Traslado del Diagrama Momento – Rotación para la sección base de la SAB Nro. 0021	119
Figura N° 93 Diagrama Momento – Rotación para la sección intermedia de la SAB Nro. 0021	119
Figura N° 94 Traslado del Diagrama Momento – Rotación para la sección intermedia de la SAB Nro. 0021	120
Figura N° 95 Diagrama Momento – Rotación para la sección cima de la SAB Nro. 0021	120
Figura N° 96 Traslado del Diagrama Momento – Rotación para la sección cima de la SAB Nro. 0021	121

Figura N° 97 Diagrama Momento – Rotación para la sección base de la SAM Nro. 0628	121
Figura N° 98 Traslado del Diagrama Momento – Rotación para la sección base de la SAM Nro. 0628.....	122
Figura N° 99 Diagrama Momento – Rotación para la sección intermedia de la SAM Nro. 0628	122
Figura N° 100 Traslado del Diagrama Momento – Rotación para la sección intermedia de la SAM Nro. 0628.....	123
Figura N° 101 Diagrama Momento – Rotación para la sección cima de la SAM Nro. 0628	123
Figura N° 102 Traslado del Diagrama Momento – Rotación para la sección cima de la SAM Nro. 0628.....	124
Figura N° 103 Curva de capacidad de la SAB Nro. 0021 en la dirección X.....	125
Figura N° 104 Curva de capacidad de la SAB Nro. 0021 en la dirección Y.....	125
Figura N° 105 Sectorización de la Curva de Capacidad (dirección Y) de la SAB Nro. 0021	126
Figura N° 106 Curva de capacidad de la SAM Nro. 0628 en la dirección X	127
Figura N° 107 Curva de capacidad de la SAM Nro. 0628 en la dirección Y	128
Figura N° 108 Sectorización de la Curva de Capacidad (dirección X) de la SAM Nro. 0628	128
Figura N° 109 Espectro de Aceleraciones para Tipo de Suelo S ₁ y S ₂	129
Figura N° 110 Señal sintética escalada a un PGA de 0.50g para tipo de suelo S ₁	129
Figura N° 111 Comparación de los espectros de la NTP E.030 y la señal sintética PGA 0.50g (S ₁).....	129
Figura N° 112 Señal sintética escalada a un PGA de 0.50g para tipo de suelo S ₂	130
Figura N° 113 Comparación de los espectros de la NTP E.030 y la señal sintética PGA 0.50g (S ₂).....	130
Figura N° 114 Modelamiento de la SAB Nro. 0021 en el software SAP2000	130
Figura N° 115 Asignación de rotulas plásticas en la SAB Nro. 0021	130
Figura N° 116 Representación del desplazamiento luego del análisis Tiempo – Historia en la SAB Nro. 0021	131
Figura N° 117 Modelamiento de la SAM Nro. 0628 en el software SAP2000....	131
Figura N° 118 Asignación de rotulas plásticas en la SAM Nro. 0628.....	131

Figura N° 119 Representación del desplazamiento luego del análisis Tiempo – Historia en la SAM Nro. 0628.....	132
Figura N° 120 Curvas de Fragilidad obtenidas para la SAB Nro. 0021 en función de PGA.....	132
Figura N° 121 Curvas de Fragilidad obtenidas para la SAM Nro. 0628 en función de PGA	133
Figura N° 122 Cuadro de ingreso de coordenadas geográficas (Servicio Web).....	134
Figura N° 123 Cuadro de la Probabilidad Anual de Excedencia (Servicio Web).....	134
Figura N° 124 Curva de peligro sísmico con línea proyectada para obtención de PGA.....	135
Figura N° 125 Riesgo Sísmico para un PGA de 0.48g de la SAM Nro. 0628	136
Figura N° 126 Tabla de atributos de las 27 Subestaciones Eléctricas Aéreas de Distribución insertadas en la Plataforma SIG	138
Figura N° 127 Visualización de los atributos agregados a cada Subestación Aérea de Distribución	139
Figura N° 128 Grafico de tipología estructural extraída de la tabla de atributos de la Plataforma SIG	140
Figura N° 129 Grafico de tipología funcional extraída de la tabla de atributos de la Plataforma SIG	140
Figura N° 130 Grafico de tipo de suelos extraída de la tabla de atributos de la Plataforma SIG	141
Figura N° 131 Grafico de tipo de daño estructural extraída de la tabla de atributos de la Plataforma SIG	141
Figura N° 132 Valores obtenidas de las Curvas de Fragilidad insertadas en la Plataforma SIG	142
Figura N° 133 Interface de entrada de los gráficos en barra	143
Figura N° 134 Mapa temático en barra para un PGA de 0.40g	143
Figura N° 135 Interface de entrada para la interpolación IDW	144
Figura N° 136 Mapa temático de interpolación para un PGA de 0.40g.....	145
Figura N° 137 Mapa temático de la máxima probabilidad de daño para un PGA de 0.40g.....	145

LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS

SÍMBOLOS

A_s	Área del acero de refuerzo en la sección traccionada.
A'_s	Área del acero de refuerzo en la sección comprimida.
d	Profundidad del acero de refuerzo en la zona traccionada.
D_e	Diámetro exterior de la sección circular del poste de 13 m.
d_i	Diámetro interior de la sección circular del poste de 13 m.
d'_1	Profundidad del acero de refuerzo en la zona comprimida.
ε_0	Deformación inicial del concreto.
ε_{cu}	Deformación última del concreto.
ε_y	Deformación de fluencia del acero.
ε_{su}	Deformación última del acero.
f'_c	Resistencia a la compresión del concreto.
f_y	Resistencia a la fluencia del acero.
g	Aceleración de la gravedad.
M_{cr}	Momento en estado de agrietamiento.
M_y	Momento en estado de fluencia.
M_u	Momento en estado de rotura.
N_{60}	Promedio ponderado de los ensayos de penetración estándar.
P_L	Índice de plasticidad.
q_u	Resistencia a la compresión no confinada.
S_u	Promedio ponderado de la resistencia al corte en condición no drenada.
u_i	Números aleatorios uniformemente distribuidos
μW	Megavatios.
$\ddot{u}(t)$	Aceleración de acelerograma sintéticos.
V_s	Velocidad promedio de propagación de las ondas de corte.
ω	Contenido de humedad
ϕ	Función de distribución lognormal.
Φ	Curvatura de un elemento.
Φ_{cr}	Curvatura en estado de agrietamiento.
Φ_y	Curvatura en estado de fluencia.
Φ_u	Curvatura en estado de rotura.

\emptyset	Diámetro del acero de refuerzo.
θ_y	Rotación plástica de fluencia.
Δd_c	Desplazamiento en la cima.
Δt	Incremento con el tiempo.
%	Porcentaje.
"	Pulgadas.

SIGLAS

AT	Alta tensión.
b	Base de la sección estructural.
BT	Baja tensión.
cm	Centímetro.
CAC	Concreto Armado Centrifugado.
CAV	Concreto Armado Vibrado.
daN	Dekaneutron.
DGE	Dirección General de Electricidad.
ED	Estado de daño.
EMS	Estudio Mecánica de Suelos.
FDP	Función de Distribución de Probabilidad.
FDA	Función de Distribución Acumulada.
GPS	Sistema de Posicionamiento Global (Global Positioning System).
h	Peralte de la sección estructural.
hPGA	Aceleración máxima horizontal.
IGP	Instituto Geofísico del Perú.
IDW	Ponderación de distancia inversa (Inverse Distance Weighted).
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización.
INDECI	Instituto Nacional de Defensa Civil.
kg	Kilogramos.
kV	KiloVoltio.
kPa	KiloPascal.
kVA	kilo Volt Ampere.
kg/cm ²	Kilogramo por centímetro cuadrado.
L	Longitud determinada.
L_e	Longitud de empotramiento.
L_n	Longitud nominal.

<i>L_p</i>	Longitud equivalente.
<i>M</i>	Momento flector.
<i>m</i>	Metro.
mm	Milímetro.
<i>M_p</i>	Momento plástico.
m/s	Metro por segundo.
MT	Media tensión.
MAT	Muy alta tensión.
MPa	Mega Pascales.
N	Carga axial.
NTP	Norma Técnica Peruana.
NTE	Norma Técnica Edificación.
Osinermin	Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería.
PGA	Aceleración máxima del suelo.
PGV	Velocidad máxima del suelo.
PIS	Parámetro de Intensidad Sísmica.
<i>S_a</i>	Aceleración espectral.
<i>S_d</i>	Desplazamiento espectral.
S.A.A.	Sociedad Anónimo Abierta.
SAB	Subestación Aérea Biposte.
SAM	Subestación Aérea Monoposte.
SIG	Sistema de Información Geográfica.
U	Tensión nominal.
UTM	Universal Transversal de Mercator (Universal Transverse Mercator).
V	Fuerza cortante en la base.
WGS84	Sistema Geodésico Mundial 1984 (World Geodetic System 1984).

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. GENERALIDADES

El borde occidental de América del Sur se caracteriza por ser una de las regiones sísmicamente 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 terremotos 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 terremotos menores en magnitud y frecuencia (Rodríguez & Talavera, 1991).

El terremoto de Pisco del 15 de agosto de 2007 constituye uno de los eventos naturales más catastróficos sufridos en Perú en las últimas décadas, tanto por las cifras de muertes y heridos como por los daños provocados en las viviendas, en la infraestructura y en general, en el sector social y productivo de varias regiones del país (Organización Panamericana de la Salud, 2010).

El sismo originó la desconexión de seis Subestaciones Eléctricas, interrumpiéndose el servicio eléctrico de aproximadamente 200 μ W (megavatios). Las ciudades afectadas fueron Cañete, Chincha, Pisco, Ica, Nazca y Huancavelica y sus poblados aledaños, además de los servicios industriales de las empresas Aceros Arequipa y Hierro Perú. Adicionalmente, el sismo originó daños en la infraestructura de distribución de alta tensión, por daños en postes y transformadores. En Pisco y Chincha, las líneas de distribución de media y baja tensión, que atienden las viviendas y comercio, sufrieron extensos daños, debido al derrumbe de una importante cantidad de postes, cables y aisladores. La revisión y reparación de las líneas de transmisión demoró entre tres a diez días, según los daños y las localidades. Según el Ministerio de Energía y Minas, el alumbrado público estuvo inicialmente restringido en un 95% en toda la Región. La ausencia de servicio eléctrico duró varios días en algunas localidades, lo que afectó a otros servicios básicos, como comunicaciones, abastecimiento de agua, comercio, expendio de combustibles y bancos (Organización Panamericana de la Salud, 2010).

1.2. PROBLEMÁTICA

Debido las pérdidas de vidas humanas y daños socioeconómicos ocurridos en el terremoto de Pisco y la gran probabilidad de que este tipo de evento se vuelva a repetir, es necesario la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de la infraestructura instalada, para prevenir o reducir los daños durante y después de un evento sísmico en los servicios de electrificación, específicamente de las Subestaciones Eléctricas Aéreas de Distribución que son estructuras muy costosas y pueden producir mayores daños de forma física y funcional a la población.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General

Desarrollar una herramienta sobre una Plataforma de Sistema de Información Geográfica (SIG) para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las Subestaciones Eléctricas Aéreas de Distribución.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Recopilar datos de campo para la generación de la base de datos geoespacial.
- Elaborar la metodología para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las Subestaciones Eléctricas Aéreas de Distribución.
- Aplicar el desarrollo de la Plataforma SIG en la zona de estudio.

1.4. HIPÓTESIS

Desarrollando una herramienta sobre una Plataforma SIG para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las Subestaciones Eléctricas Aéreas de Distribución, se podrá conocer el nivel de vulnerabilidad de esta infraestructura de electrificación y con este conocimiento proponer alternativas para prevenir o reducir los daños que se generen debido a un evento sísmico.

CAPÍTULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO

En este capítulo se detalla el marcateórico de la investigación, se explican algunos términos relacionados al campo eléctrico (Subestaciones Eléctricas Aéreas de Distribución), al campo estructural (vulnerabilidad sísmica), el campo de estadísticas y probabilidades (simulación Montecarlo) y finalmente el campo geomática (Plataforma SIG) utilizados en esta investigación.

2.1. CAMPO ELÉCTRICO

2.1.1. Subestación

La subestación se define como conjunto de instalaciones, incluyendo las eventuales edificaciones requeridas para albergarlas, destinado a la transformación de la tensión eléctrica y al seccionamiento y protección de circuitos o sólo al seccionamiento y protección de circuitos y está bajo el control de personas calificadas (Ministerio de Energía y Minas, 2011).

2.1.2. Subestación de distribución

La subestación de distribución se define como conjunto de instalaciones para transformación y/o seccionamiento de la energía eléctrica que la recibe de una red de distribución primaria y la entrega a una red de distribución secundaria, a las instalaciones de alumbrado público, a otra red de distribución primaria o a usuarios. Comprende generalmente el transformador de potencia y los equipos de maniobra, protección y control, tanto en el lado primario como en el secundario, y eventualmente edificaciones para albergarlos (Ministerio de Energía y Minas, 2002).

2.1.3. Subestación aérea de distribución

Es la subestación de distribución cuyo equipamiento se encuentra expuesta al exterior. Existe el tipo monoposte la cual soporta el transformador de distribución en un poste, y el tipo biposte que soporta el transformador de distribución por 2 postes unidas entre sí por una plataforma (Hinostroza, 2008).

2.2. CAMPO ESTRUCTURAL

2.2.1. Peligro sísmico

El peligro sísmico o también llamada amenaza sísmica, es la probabilidad de ocurrencia de un parámetro determinado, que mide la intensidad del movimiento sísmico, el cual es superado durante un periodo de exposición. El peligro sísmico se representa mediante parámetros simples como la intensidad, la aceleración del terreno o el espectro de respuesta (Velásquez, 2006).

2.2.2. Vulnerabilidad sísmica

La vulnerabilidad sísmica se define como el nivel de daño que puede sufrir una estructura ante un determinado evento sísmico. Además muestra el límite que supera el nivel de capacidad de respuesta, disponible de una estructura frente a una amenaza sísmica conocida (Montalvo, 2014).

2.2.3. Riesgo sísmico

El riesgo sísmico es el grado de pérdidas esperadas que sufren las estructuras durante el tiempo que permanecen expuestas a la acción sísmica (Bonett, 2003). Además Kuroiwa (2002) define el riesgo sísmico como una función de la vulnerabilidad sísmica y del peligro sísmico, que de forma general se puede expresar como:

$$\text{Riesgo} = \text{Peligro} \times \text{Vulnerabilidad}$$

Es decir que el riesgo sísmico combina los efectos del peligro sísmico y la vulnerabilidad sísmica que presentan las estructuras. Una importante herramienta de evaluación del riesgo sísmico en estructuras serían las Curvas de Fragilidad.

2.2.4. Daño sísmico

El daño sísmico se define como el deterioro de los elementos que conforman la estructura y la impresión que ello ocasiona en la población. El daño sísmico permitirá especificar el tipo de trabajo a realizarse, ya sea reparación, reforzamiento o demolición de la estructura (Montalvo, 2014).

2.2.5. Curvas de Fragilidad

Las Curvas de Fragilidad denominadas también “funciones de vulnerabilidad”, representan la probabilidad de que una estructura exceda un determinado estado de daño en función de un parámetro que define la intensidad sísmica (Rojas, 2010). Aquel parámetro suele ser aceleración máxima del suelo (PGA), la velocidad máxima del suelo (PGV), el desplazamiento espectral (S_d), o la aceleración espectral (S_a) (Moreno, 2006).

Estas Curvas de Fragilidad se utilizan para estimar el riesgo sísmico de grupos de edificios con tipologías estructurales similares o de una estructura esencial como: puente, planta nuclear, aeropuerto y líneas vitales (M. Hwang & Rong Huo, 1994).

La Figura N° 1 muestra un ejemplo de Curvas de Fragilidad para un tipo de edificación, donde el parámetro que define la intensidad sísmica es la aceleración máxima del suelo (PGA). Se aprecia que para un mismo punto de aceleración de $0.30g$, siendo “g” la aceleración de la gravedad, la edificación tiene una probabilidad del 37% de sufrir daño completo en la estructura, asimismo tiene una probabilidad del 35% de sufrir daño severo en la estructura, del mismo modo tiene una probabilidad del 20% de presentar daño moderado en la estructura y finalmente tiene la probabilidad del 8% de presentar daño leve en la estructura (Velásquez, 2006).

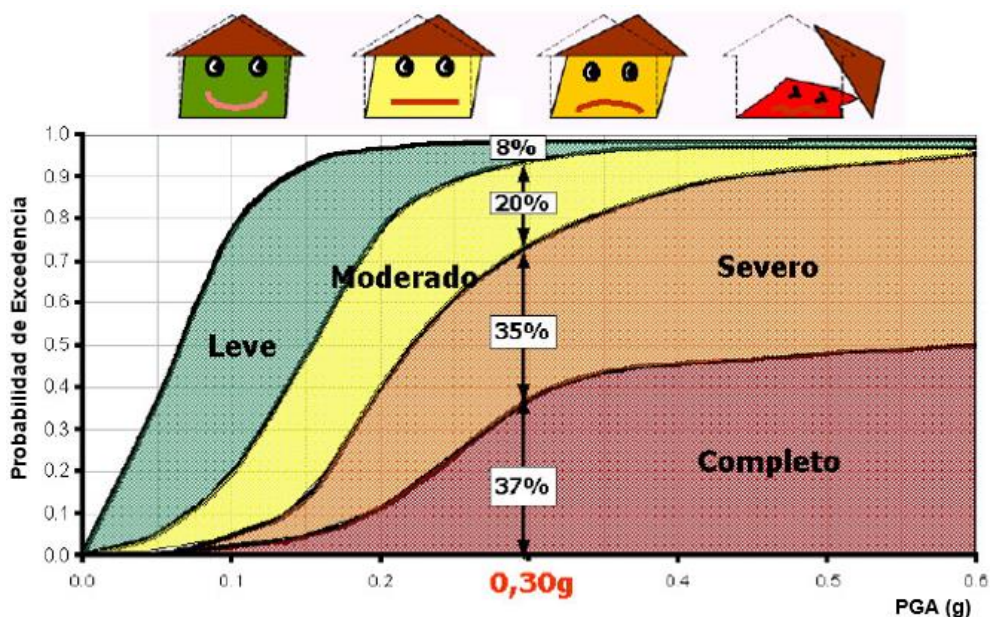


Figura N° 1 Ejemplo de Curvas de Fragilidad para edificaciones

Los métodos para generar estas Curvas de Fragilidad son varios y entre ellos destacan los métodos basados en observaciones de campo, los métodos experimentales, los métodos basados en opinión en expertos y los métodos analíticos (Bonett, 2003).

Ruiz (2018) considera que los resultados obtenidos de todos estos métodos por lo general ajustarán a una función de distribución lognormal (Φ), de este modo se conseguirán las probabilidades de excedencia, de un determinado estado de daño (ED), acorde a un parámetro que define la intensidad sísmica (PIS), esto es:

$$P(ED \geq ED_i/PIS) = \phi \left[\frac{1}{\beta_{PIS,ED_i}} \ln \left(\frac{PIS}{\overline{PIS}} \right) \right]$$

Donde:

- \overline{PIS} : Valor medio del logaritmo natural de PIS para el estado de daño ED_i .
- β_{PIS,ED_i} : Desviación estándar para el estado de daño ED_i .
- ϕ : Función de distribución acumulada.

2.2.5.1. Métodos basados en observaciones de campo

Estos métodos se utilizan para generar Curvas de Fragilidad a partir de los daños observados en las estructuras, son de gran provecho especialmente para calibrar y comparar con los resultados obtenidos con los demás métodos como analíticos y/o ensayos de laboratorio.

Para la aplicación de dichos métodos, las estructuras se catalogan en varias tipologías, las cuales pueden ser conforme a las principales características geométricas (alturas, número de niveles, etc.) y/o los aspectos afines con el uso e importancia de las estructuras. Respecto al parámetro que define la intensidad sísmica, esta se determina en cada una de las zonas donde se ubican las estructuras examinadas. Así, a partir de los daños observados durante las inspecciones después de sucedido el sismo, es posible generar Curvas de Fragilidad para cada una de las tipologías identificadas anteriormente. Estos métodos al ser de carácter subjetivo se sugiere ser realizado por profesionales especializados, expertos en diseño, análisis y patologías de estructuras (Bonett, 2003).

En la Figura N° 2 se muestra las Curvas de Fragilidad con la velocidad máxima del suelo (PGV) y la relación de daño (Damage ratio), para representar la acción sísmica y la respuesta estructural respectivamente, el cual fue elaboradas por Yamazaki y Murao (2000), utilizando este tipo de métodos para los edificios en Japón, a partir del informe de daños observados en diferentes estructuras después del sismo del 17 de Enero de 1995 en Hyogoken – Nanbu (Kobe - Japón).

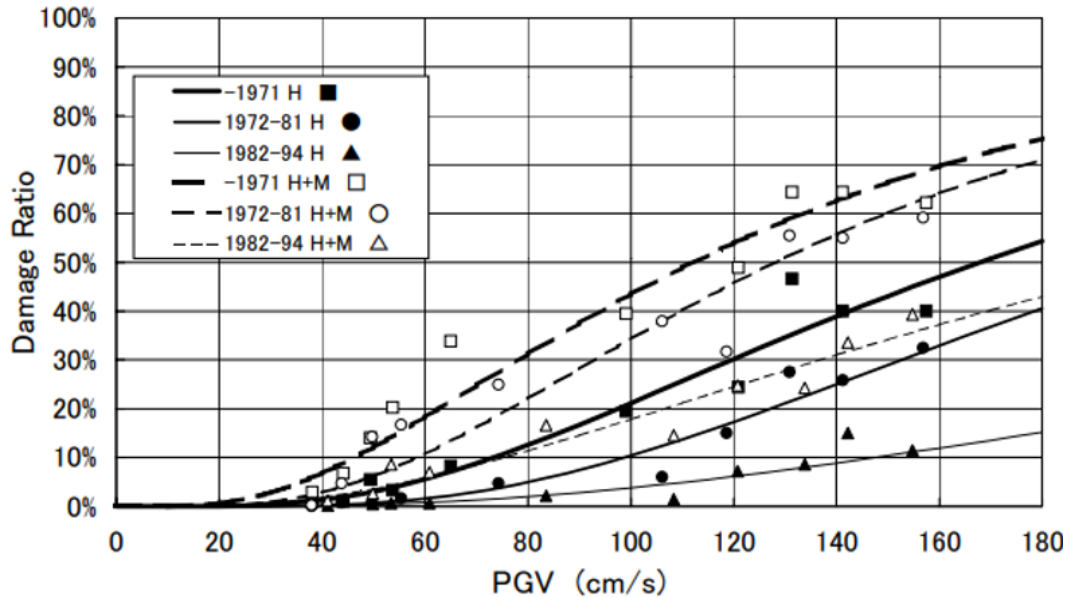


Figura N° 2 Curvas de Fragilidad obtenidas a partir de los daños observados en el sismo de Kobe (Yamazaki y Murao, 2000)

2.2.5.2. Métodos experimentales

Para la generación de las Curvas de Fragilidad con esta metodología, se puede recurrir a los procedimientos utilizados en los métodos basados en observaciones de campo, con la variación de los datos obtenidos a partir de ensayos de laboratorio. En este caso se puede controlar el tipo de estructura a ser analizada, asimismo el rango de intensidades del movimiento, de acuerdo a los requerimientos definidos previamente. No obstante la desventaja de este método son los costos muy elevados de los ensayos de laboratorio y la limitada cantidad de observaciones de daños que está asociada al número de pruebas que se efectúen.

Actualmente, existen básicamente dos tipos de ensayos que pueden ser utilizados para generar estas Curvas de Fragilidad:

- Ensayos de carga monotónicamente creciente mediante actuadores de carga o desplazamientos.
- Ensayos sobre mesa vibradora, utilizando registros tiempo – historia de aceleración.

Los dos tipos de ensayos proveen información de gran interés. Los ensayos sobre mesa vibradora son mucho más acorde a la realidad, debido a que representan, de una forma más conveniente la acción sísmica (Bonett, 2003).

En la Figura N° 3 se muestra las Curvas de Fragilidad obtenidas a partir de métodos experimentales, para un umbral de desplazamiento relativo igual a 1 pulgada, siendo estos umbrales congruentes claramente con los estados de daño. En el eje de las abscisas están los valores de aceleración máxima horizontal (hPGA), y en las ordenadas las probabilidades de que el desplazamiento relativo sea mayor o igual a 1 pulgada, el cual fue elaboradas por Chong y Soong (2000).

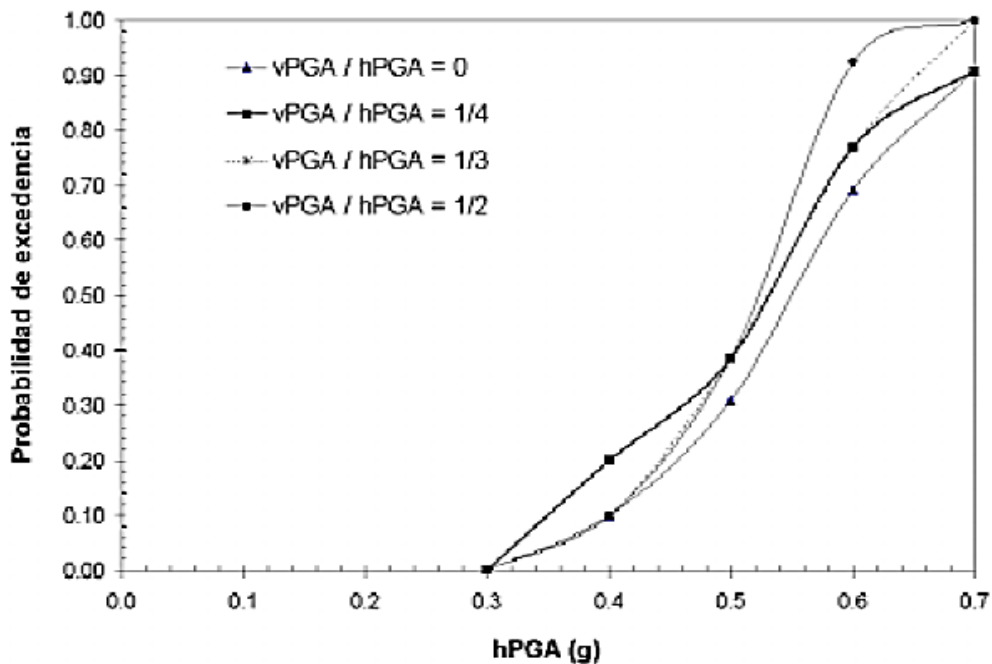


Figura N° 3 Ejemplo de Curvas de Fragilidad experimentales para un desplazamiento relativo (Chong y Soong, 2000)

2.2.5.3. Métodos en función a opinión de expertos

En base a la experiencia de los expertos afines con el proceder de la estructura a ser examinada, y/o especialistas en análisis, diseño y patología estructural, este método permite obtener Curvas de Fragilidad.

La ventaja de este método se amplía cuando se incrementa la cantidad de expertos y/o especialistas involucrados, asimismo cuando es sustentado adecuadamente sus valoraciones subjetivas, basado en la experiencia de los interrogados (Porter K. & Bachman, 2007).

En la Figura N° 4 se muestra las Curvas de Fragilidad generadas a partir de la opinión de expertos en ingeniería estructural, considerando la relación entre la intensidad de Mercalli Modificada y la probabilidad de excedencia de un estado de daño determinado, el cual fueron elaborados por Astorga y Aguilar (2006), este ejemplo es para el edificio escolar del tipo adobe, donde observa daños irremediables frente a intensidades de VII MM o más.

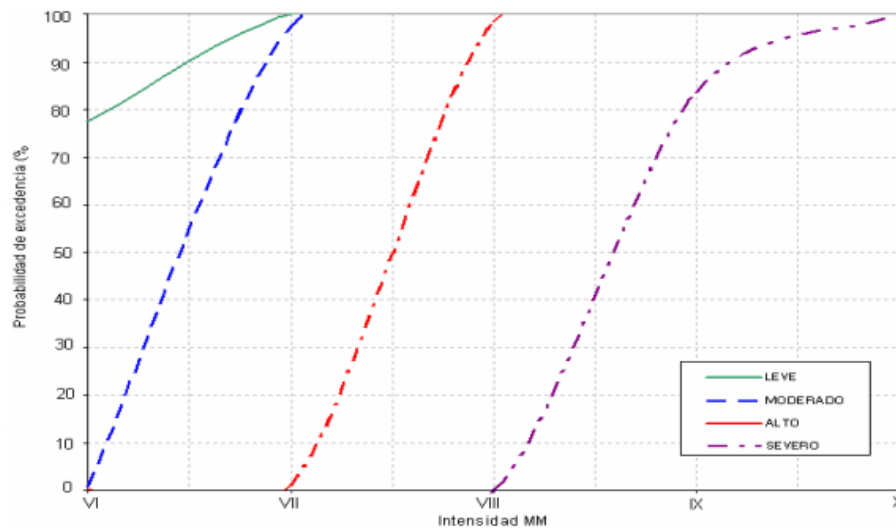


Figura N° 4 Curvas de Fragilidad para una edificio escolar del tipo adobe, a través de opinión de expertos (Astorga y Aguilar, 2006)

2.2.5.4. Métodos analíticos

Los métodos analíticos se fundamentan en la valoración de la distribución del daño, a través de la simulación de la respuesta del elemento estructural, establecido previamente, el cual está sometido al movimiento sísmico. Dicho efecto sísmico puede estar representado a través de un espectro de respuesta como “métodos estáticos” o a través del tiempo - historia de un acelerograma sintético como “métodos dinámicos” (Ruiz, 2018).

Estos métodos analíticos requieren de análisis numéricos, en el cual se obtienen resultados muy sensibles a los modelos construidos, para representar las estructuras y la acción del movimiento sísmico, por lo tanto, corresponde utilizar

modelos que representen acorde a la realidad: el comportamiento sísmico estructural y las principales características de los movimientos del terreno.

Una de las importantes ventajas de este tipo de métodos, es que constituyen una herramienta fundamental para los trabajos de prevención y atención a desastres, ya que pueden ser utilizados para comenzar a reducir la vulnerabilidad y, por consiguiente, a disminuir el riesgo que se encuentran expuestas las estructuras, sin que sea obligatorio la ocurrencia de un evento sísmico, además pueden ser utilizados en lugares donde no se tiene observaciones de daños debidos a los sismos, asimismo no se tiene suficientes resultados de ensayos de laboratorio (Bonett, 2003).

Los métodos analíticos se subdividen en probabilísticos y determinísticos para la obtención de las Curvas de Fragilidad.

En La Figura N° 5 se muestra las Curvas de Fragilidad generadas a partir de métodos analíticos, en relación de la aceleración espectral (S_a) y probabilidad de excedencia de un estado de daño determinado, el cual fueron elaboradas por Magna - Verdugo et al. (2017), para un prototipo de muro de corte de 20 pisos con el propósito de deducir de mejor forma el comportamiento sísmico de edificios con sistema sismorresistente establecido en muros de corte.

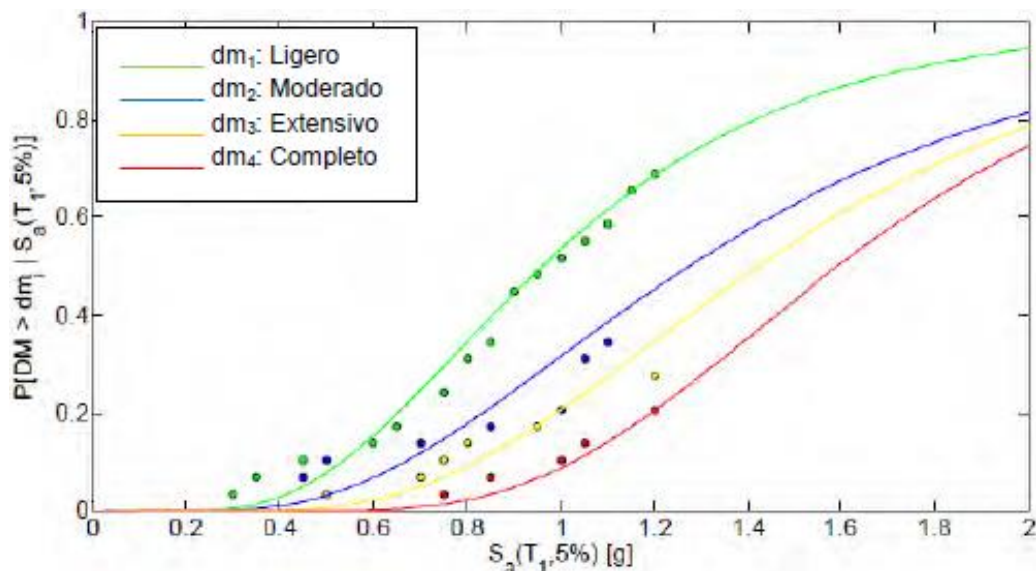


Figura N° 5 Curvas de Fragilidad analíticas para un prototipo de muro de corte de 20 pisos
 (Magna-Verdugo et al., 2017)

2.2.5.5. Métodos analíticos probabilísticos

El método analítico probabilístico, a pesar de los recientes avances en el modelado de las estructuras y en el análisis dinámico no lineal, existen diversas limitaciones en recurrir a métodos únicamente deterministas, para evaluar el daño de las estructuras después de ocurrido un evento sísmico, debido a las discrepancias significativas entre los daños observados y los calculados. Por lo tanto, los métodos probabilistas deben ser utilizados especialmente para aportar una perspectiva del comportamiento estructural ante la ocurrencia de un evento sísmico (Ellingwood, 2001). Por ende, los métodos probabilistas convienen ser utilizados para la mejora del diseño sismorresistente de las estructuras, también para constituir las condiciones de las metodologías que comprendan la evaluación de daños.

En la Figura N° 6 se muestra las Curvas de Fragilidad generadas por los métodos analíticos probabilísticos, considerando la relación entre la aceleración máxima del suelo (PGA) y la probabilidad de excedencia de un estado límite de daño determinado, el cual fueron elaboradas por Ruiz (2018), donde se aprecia que para un mismo punto de aceleración de 0.26g, siendo “g” la aceleración de la gravedad, la facultad de enfermería en la dirección “Y” tiene una probabilidad del 1% en sufrir Daño 4, asimismo tiene una probabilidad del 19% de sufrir Daño 2 y finalmente tiene una probabilidad del 80% de sufrir Daño 1.

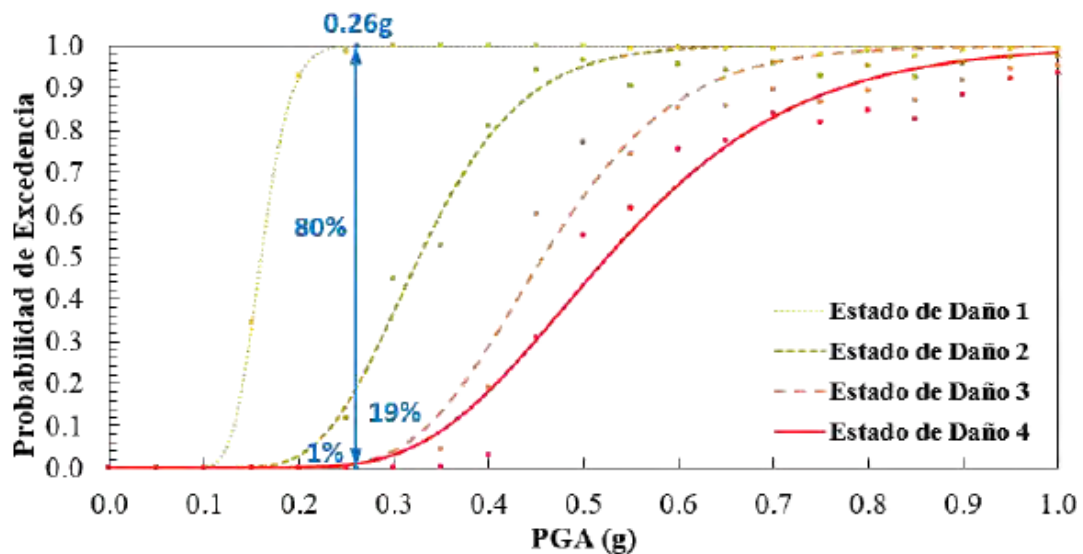


Figura N° 6 Probabilidad de daño para un PGA de 0.26g en dirección Y

2.3. CAMPO ESTADÍSTICO Y PROBABILÍSTICO

2.3.1. Estadísticas y probabilidades

La estadística es una ciencia que recurre a las matemáticas para organizar una serie de datos obtenidos de la realidad, y deducir conclusiones relacionados a los mismos.

El objetivo que tiene la estadística es el de ofrecernos significados precisos, o previsiones del futuro cuando analizamos cualquier información cuantitativa. Esta información puede estar relacionada a una serie de datos de individuos, grupos, serie de hecho, entre otros.

La estadística ha alcanzado un nivel alto de desarrollo, a tal punto de convertirse en el soporte de todas las ciencias y la investigación científica. Es una disciplina de gran apoyo cuando el entorno se vuelve una incertidumbre (Rodríguez L. , 2007).

La probabilidad estudia los fenómenos estocásticos y aleatorios. Los primeros estudios de esta rama de las matemáticas se dieron a través del acierto o fracaso en los juegos de azar. La probabilidad de un determinado suceso está determinada con un número que pueda variar entre 0 y 1, y su definición general es:

$$P(E) = \frac{n(E)}{n(S)}$$

Donde:

- $n(E)$: Número de resultados donde ocurre el evento "E".
- $n(S)$: Número total de posibles resultados o población.

Si el tamaño de la muestra $n(S)$ es tan grande que tiende al infinito, permitirá una mejor precisión en el valor de $P(E)$ definido de la siguiente manera:

$$P(E) = \lim_{n(S) \rightarrow \infty} \frac{n(E)}{n(S)}$$

2.3.1.1. Función de Distribución de Probabilidad (FDP)

Una variable aleatoria se encarga de asignar un valor usualmente numérico al resultado de un experimento aleatorio (de resultados diferentes). Existe dos tipos de variables: discreta y continua; la primera toma un número finito de valores mientras que la segunda considera cantidades infinitas.

La función de distribución de probabilidad de una variable aleatoria continua se define como una ecuación $f(x)$ que al integrarse dentro del intervalo $[a, b]$, representa la probabilidad de que la variable x tome ciertos valores dentro del mismo intervalo ya mencionado. Esto se representa de la siguiente forma:

$$P[a \leq x \leq b] = \int_a^b f(x)dx$$

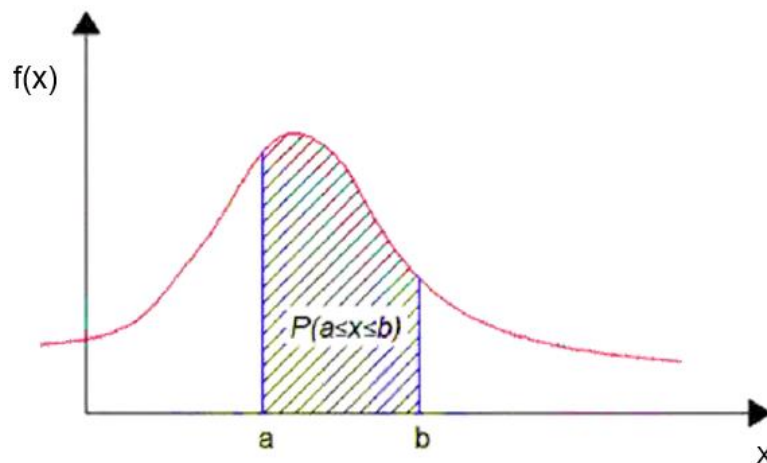


Figura N° 7 Función de distribución de probabilidad típica

Esta función debe satisfacer dos condiciones importantes:

- A. La función debe ser mayor o igual a cero para cualquier valor de x dentro de los números reales.

$$f(x) \geq 0$$

- B. La integral definida de la función $f(x)$ para todos los números reales debe ser exactamente igual a 1.

$$\int_{-\infty}^{+\infty} f(x)dx = 1$$

2.3.1.2. Función de Distribución Acumulada (FDA)

La función de distribución acumulada de una variable continua x se denota por:

$$F(x) = \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$$

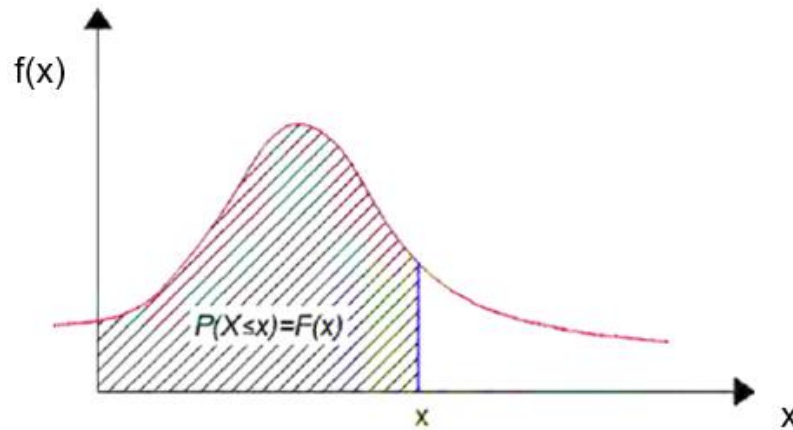


Figura N° 8 Función de distribución acumulada típica

Y se define como:

$$F(x) = P(X \leq x)$$

La función de distribución acumulativa de una variable aleatoria continua X es la probabilidad de que X tome un valor menor o igual a algún x específico.

Existen algunas observaciones con respecto a una FDA:

A. La FDA puede también expresarse de la siguiente forma:

$$F(x) = F_X(x)$$

B. Si x es una variable continua con función de probabilidad $f(x)$, entonces:

$$F_X(x) = \int_{-\infty}^x f(u) du$$

C. La *FDP* también puede definirse en relación con la *FDA* de la siguiente manera:

$$f_X(x) = \frac{dF_X(x)}{dx}$$

D. Además, debemos saber que:

$$F(-\infty) = 0$$

Y

$$F(+\infty) = 1$$

La probabilidad de que X se sitúe dentro de un intervalo $[a, b]$ será igual a:

$$P(a < X \leq b) = \int_a^b f(x) dx = F_X(b) - F_X(a)$$

La FDA puede ser generada en base al ordenamiento de los resultados en forma ascendente y de aplicar la siguiente ecuación (Velásquez, 2006):

$$F_X(x_i) = \frac{i}{n(S)}$$

Esta ecuación representa la probabilidad acumulada de que un determinado evento x_i se repita i veces dentro de una población con tamaño de muestra $n(S)$ (definición estadística de la probabilidad de un evento).

Ahora si calculamos la FDA con un intervalo que va de infinito a infinito (área por debajo de la curva igual a la probabilidad total):

$$\int_{-\infty}^{\infty} f(x) dx = F_X(\infty) = \lim_{x \rightarrow +\infty} F(x) = 1$$

Ello implica que la probabilidad de ser menor que infinito es 1. Entonces la probabilidad del evento complementario (evento contrario, con probabilidad de excedencia) será igual a:

$$P[X > x] = 1 - F_X(x)$$

Finalmente, el evento complementario representará el valor límite de los estados de daño que permitirán definir y graficar las Curvas de Fragilidad analíticas (Ruiz, 2018).

2.3.2. Simulación Montecarlo

La simulación Montecarlo es el método más frecuente y más exacto para conseguir un primer análisis de la incertidumbre en la respuesta de un sistema con propiedades aleatorias que se realiza mediante su descripción estadística. Esto se debe a la distribución de probabilidad de las respuestas, las cuales no están disponibles en numerosos casos, a excepción de los más simples, y teniendo en cuenta las posibilidades de efectuar numerosos cálculos en paralelo (aplicaciones distribuidas) con computadoras potentes, el método Montecarlo se ha convertido en la herramienta más versátil y más eficaz para el análisis de incertidumbre de cualquier tipo y/o naturaleza de sistemas (Bratley et al. 1987, Rubinstein 1981 y Ripley 1987).

Se resume de la siguiente manera el método Montecarlo: sean “**y**” las respuestas de un sistema dependientes de un conjunto de variables aleatorias “**x**”, cuyas descripciones probabilísticas marginales (funciones de densidad de probabilidad) son conocidas. A través de técnicas y algoritmos ya probados, una mayor población de muestras de cada una de estas variables pueden ser generadas, de tal manera que sus histogramas se aproximen más a la marginal mientras más grande sea la población. Una población de muestras del mismo tamaño puede conseguirse ejecutando un “**solver**” (calculadora) de manera determinista, reemplazando aleatoriamente los valores correspondientes de las variables aleatorias en cada ejecución. Para generar variables aleatorias que corresponden a distribuciones marginales existen dos métodos:

- A. El método de la Inversión, números aleatorios uniformemente distribuidos “**u_i**” son generados en el rango (0,1) y las correspondientes variables son calculadas por inversión de la función de distribución de la variable (ver Figura N° 9).
- B. El método de la Exclusión se basa en lo siguiente: una variable aleatoria es generada usando una densidad ficticia que envuelve al valor objetivo y cuya área puede ser mayor que uno, lo cual indica que no es una función de densidad real sino solo un artificio matemático. El valor generado es aceptado con una probabilidad especificada que depende de la relación entre las densidades verdadera y ficticia. Sin embargo, en muchos casos se prefiere

los métodos para generar variables que son específicas a cada tipo de densidad marginal (Velásquez, 2006).

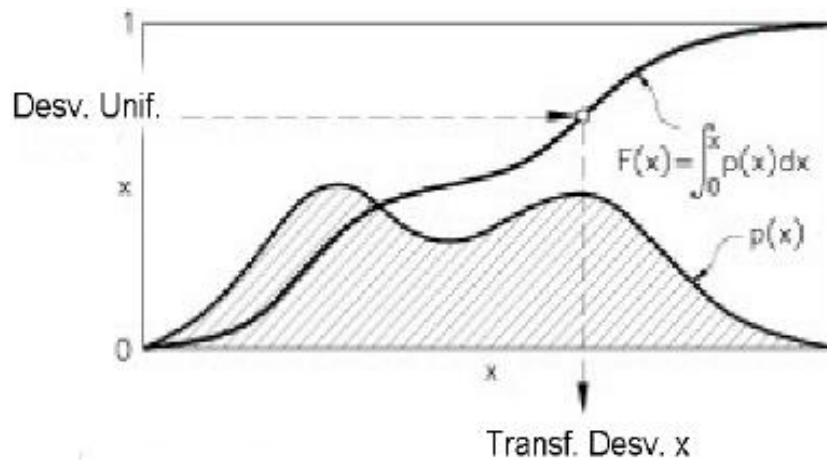


Figura N° 9 Método de la Inversión para generar variables aleatorias

2.4. CAMPO GEOMÁTICA

2.4.1. Sistema de información geográfico (SIG)

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG o GIS, en su acrónimo inglés Geographic Information System) son una nueva tecnología digital que permite recopilar, gestionar, organizar y analizar la información espacial basada en la ciencia de la geografía. Existen diversas definiciones de los SIG, una parte de ellas realzan su módulo de base de datos alfanuméricos, las otras enfatizan sus funcionalidades como los patrones, las relaciones y las situaciones, y finalmente muchas otras destacan la esencia de ser una herramienta de apoyo importante en la toma de decisiones eficientes, además todas estas definiciones concuerdan en referirse a un SIG como un sistema integrado para los trabajos con información espacial, herramienta fundamental para la organización, el análisis y toma de decisiones (Humala, 2012). Tratando de integrar todos los aspectos que componen un SIG, se define sus términos:

- *Sistema*: Esta terminología se utiliza para indicar los subsistemas que integran los SIG, debido a los complejos y extensos trabajos, se divide en diferentes componentes para un mejor manejo y facilidad de entendimiento, siendo parte integral de un todo. Debido al acelerado desarrollo de la informática y estas divisiones, se ha conseguido automatizar los procesos de los SIG.

- *Información:* Esta terminología representa la base de datos, el cual contiene gran cantidad de datos alfanuméricos y/o geoespaciales que se recolectan para su manipulación en los SIG. Estos datos son características y/o atributos detallados obtenidos de la realidad, siendo la parte fundamental de la información que se requiere en el estudio.
- *Geográfica:* Esta terminología es la base de los SIG, debido que georreferencia la información espacial de la realidad, organiza capas de información en visualizaciones, mediante mapas y escenas en 3D.

En la Figura N° 10 se representa un esquema de los SIG, donde a partir de recolectar información espacial de la realidad, se puede gestionar, analizar y organizar para ser representado en mapas, las cuales son de ayuda en la toma de decisiones.



Figura N° 10 Esquema de los procesamientos en los Sistema de Información Geográfica (SIG)

2.4.1.1. Componentes del SIG

Para un correcto funcionamiento de los SIG, se requiere de componentes esenciales, los cuales son: atributos descriptivos, información georreferenciada y además de elementos como equipo informático y software (Alcahuamán, 2013).

En la Figura N° 11 se resume los componentes de un SIG y la interrelación entre ellos.



Figura N° 11 Interacción entre los componente de los SIG

- A. *Información Georreferenciada:* Corresponde a la ubicación de los atributos descriptivos (datos alfanuméricos), en un sistema de coordenadas, siendo introducidos en el software previamente seleccionado.
- B. *Atributos Descriptivos:* Conciernen a la información que cada elemento de estudio posee en la realidad como propiedades, características, etc. Las cuales son introducidos al software a través de capas del tipo puntos, líneas o polígonos. Dichos atributos se almacenan y presentan en una tabla que se halla correlacionada con el elemento de estudio por medio de un indicador común.
- C. *Equipo Informático:* Comprende el hardware del sistema y constituye la parte central de un SIG. Está compuesto por variedades de ordenadores, equipos GPS, etc. En donde se ejecutan todos los procedimientos geográficos.
- D. *Software:* Los programas son la parte esencial de un SIG. Proporciona las herramientas y funciones necesarias para el almacenamiento, análisis, ordenamiento y visualización de la información.
- E. *Equipo Humano:* Corresponde al grupo multidisciplinario integrado por geógrafos, geólogos, ingenieros, economistas, administradores y cuantos más

sean necesarios para el proyecto. Representan la parte esencial en el planeamiento y/o la elaboración de proyectos.

2.4.2. Mapas temáticos

Los mapas temáticos son mapas geográficos donde se visualiza cualquier estudio realizado sobre un tema específico, los elementos fundamentales que conforman el mapa temático son: mapa base o base geográfica y el contenido temático (ver Figura N° 12). El contenido temático constituye características de relación, densidad, distribución o sectorización del lugar (geología, suelo, vegetación, temperatura, precipitación, etc.) o de conceptos complejos como indicadores de calidad de vida, indicadores de impacto ambiental, indicadores de desarrollo económico, indicadores de violencia, indicadores de vulnerabilidad sísmica, etc. Para su visualización, se plasma en las superficies geográficas con múltiples colores y/o símbolos de tamaño proporcional al valor numérico (Solano, 2012).

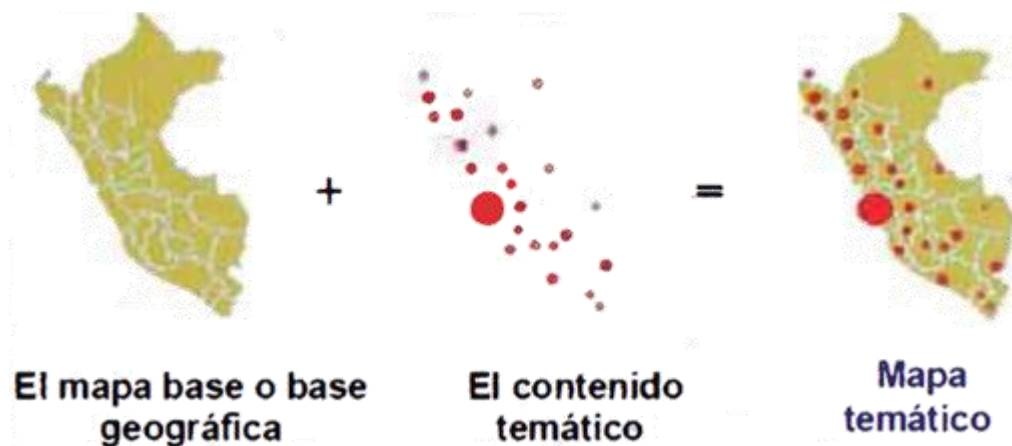


Figura N° 12 Elementos fundamentales para la elaboración de mapas temáticos

En la Figura N° 13 se muestra el mapa temático de índice de vulnerabilidad sísmica de las edificaciones del Centro Poblado Medio Mundo – Distrito de Vegueta – Provincia de Huarua – Región de Lima. Elaborado por Humala (2012), donde se simboliza a través de colores los grados de vulnerabilidad: rojo indica alta vulnerabilidad, amarillo corresponde a media vulnerabilidad y verde recae en baja vulnerabilidad.

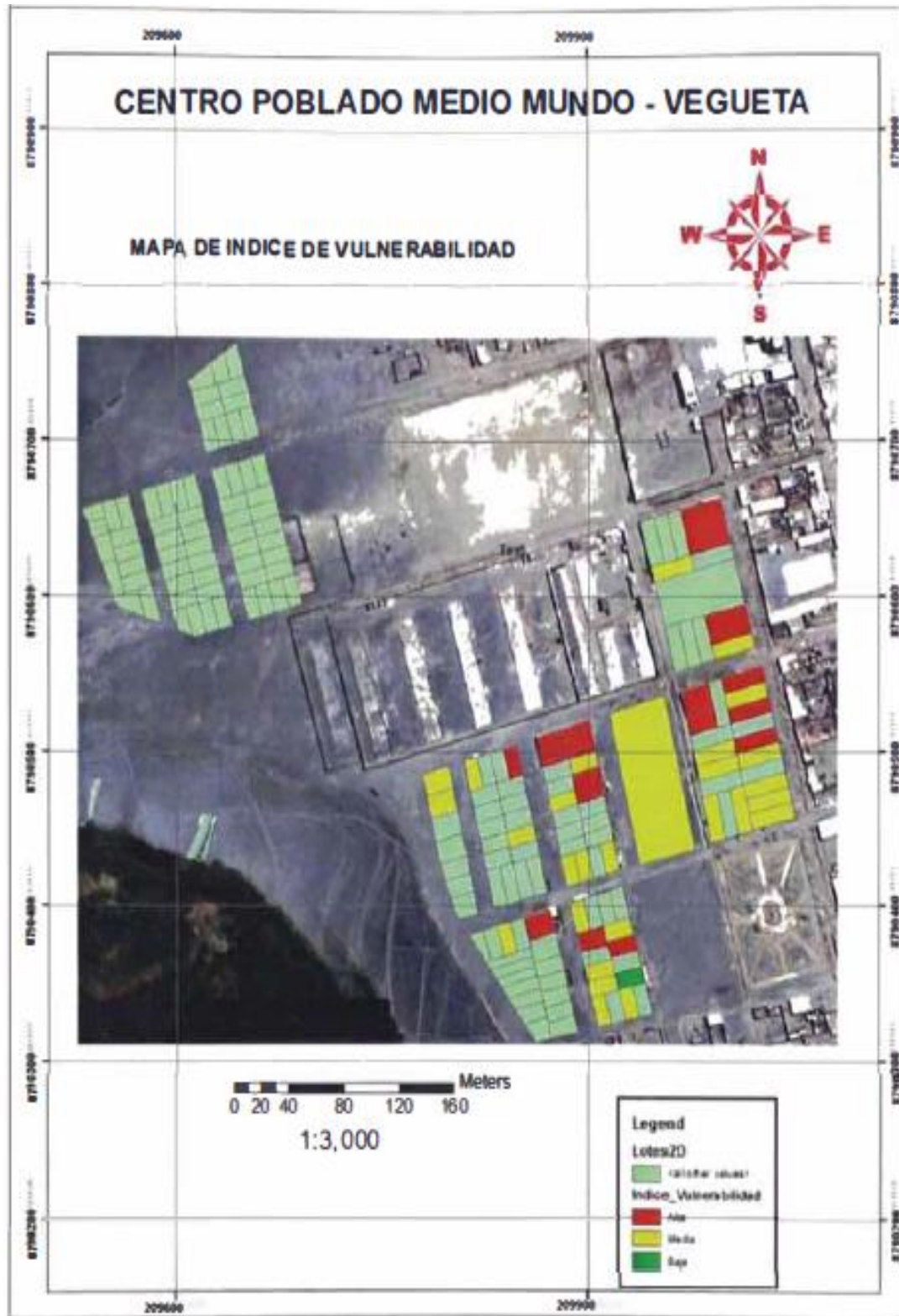


Figura N° 13 Mapa temático de índice de vulnerabilidad sísmica de las edificaciones del Centro Poblado Medio Mundo (Humala, 2012)

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA

En este capítulo, se describe la metodología de evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las Subestaciones Eléctricas Aéreas de Distribución de concreto armado, finalizando con la generación de Curvas de Fragilidad analíticas, considerando las variabilidades en los parámetros sísmicos y parámetros estructurales. Debido que no se tiene amplia cantidad de registros sísmicos reales, se constituye la acción sísmica con un acumulado de acelerogramas sintéticos, las cuales son compatibles con el espectro de respuesta elástico de la zona de estudio, conjuntamente se consideró tres parámetros estructurales: resistencia a la fluencia del acero (f_y), resistencia a la compresión del concreto (f'_c) y la deformación última del concreto (ϵ_{cu}) para la variabilidad estructural. Adicionalmente se utiliza el Servicio Web de Consultas elaborado por SENCICO para la determinación del peligro sísmico, con el propósito de combinar ambos efectos y obtener el riesgo sísmico de la zona de estudio.

En la Figura N° 14 se muestra la esquematización de la metodología para la generación de Curvas de Fragilidad analíticas.

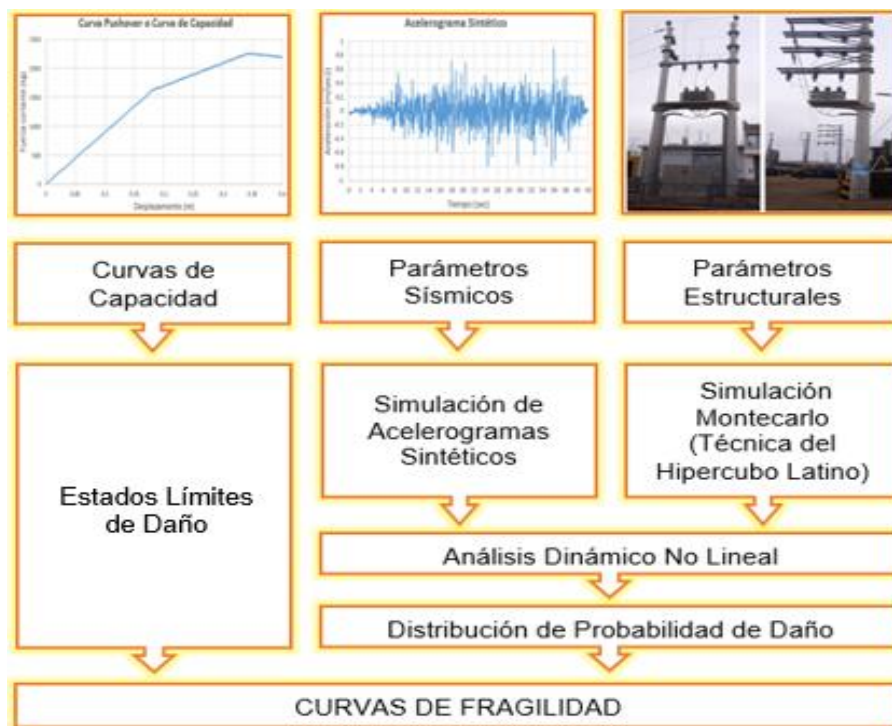


Figura N° 14 Metodología para la generación de Curvas de Fragilidad analíticas (Adaptado de Ruiz, 2018)

3.1. ALCANCES

Para realizar la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las Subestaciones Eléctricas Aéreas de Distribución, se tendrá los siguientes alcances:

- El modelamiento de las estructuras se realizará con los planos de diseño y elementos de concreto armado, no se considerará el estado del poste (daños existentes) observados en la zona de estudio.
- La tensión de los cables, en el lapso de tiempo antes de accionarse los elementos de protección presente en las Subestaciones Eléctricas Aéreas de Distribución, se considerará igual a cero por ser una fuerza despreciable.
- La cimentación de las estructuras se considerará como empotramiento perfecto, limitando la interacción del tipo de suelo con la cimentación dentro de la microzonificación.
- Se desprecia la acción del viento, debido que la sollicitación sísmica (fuerza en la cortante basal) es mayor a la sollicitación del viento (fuerza del viento), calculado como se indica en la Norma Técnica E.020 “Cargas”.

3.2. CURVAS DE CAPACIDAD

3.2.1. Modelos del comportamiento del concreto armado

El concreto armado está conformado por el concreto, el cual contribuye con la resistencia a la compresión y el acero de refuerzo, que contribuye con mayor resistencia a la tracción. En la evaluación y el análisis de las estructuras de concreto armado es preciso utilizar las relaciones esfuerzos – deformaciones, para el concreto y el acero de refuerzo, dichas relaciones son elaboradas en laboratorios a través de correlaciones experimentales.

A continuación se presenta los modelos constitutivos del acero de refuerzo y concreto utilizado en la presente tesis.

3.2.1.1. Modelo constitutivo del concreto

A. Modelo de Hognestad

Este modelo de Esfuerzo – Deformación es uno de los más usados para representar el comportamiento no confinado del concreto. Propuesto por Hognestad (1951), representa el comportamiento del concreto ante cargas

monotónicas de compresión por flexión en base al estudio experimental de columnas sometidas a carga axial excéntrica.

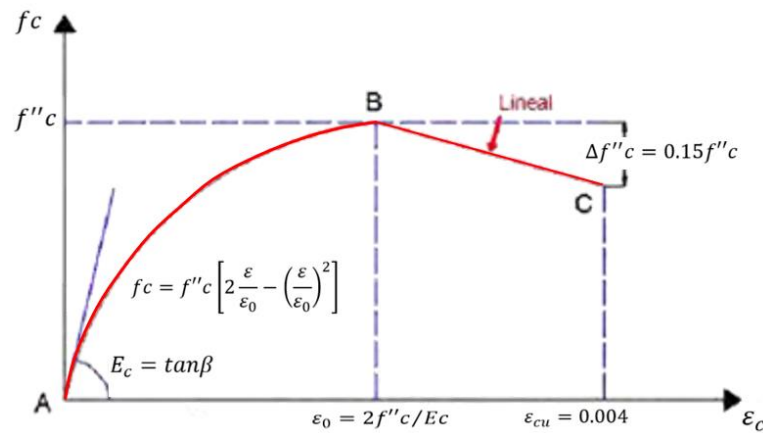


Figura N° 15 Representación del modelo de Hognestad

En la Figura N° 15 se observa que la zona inicial, el tramo AB es de forma parabólica, el cual muestra incremento en la deformación del concreto, hasta llegar a la deformación inicial: $\epsilon_0 = 2f''c/E_c \approx 0.002$, dicho valor le corresponde un esfuerzo máximo de: $f''c = 0.85f'_c$. Posteriormente se aprecia una zona de descenso, el tramo BC es de forma lineal descendente hasta alcanzar el esfuerzo de agotamiento con una pérdida de capacidad del 15%, debido a las fisuraciones internas. Se alcanzara una deformación ultima (ϵ_{cu}) o de rotura comprendida entre 0.003 y 0.04. En las propiedades constitutivas del concreto de las Subestaciones Eléctricas Aéreas de Distribución, se considera un valor de $\epsilon_{cu} = 0.004$ como deformación última, promedio sujeta a variabilidad.

3.2.1.2. Modelo constitutivo del acero de refuerzo

A. Modelo elastoplástico perfecto

La relación de Esfuerzo – Deformación del acero de refuerzo son representados por modelos basados en ensayos de barras de refuerzo sometidos a tracción pura. El comportamiento es comúnmente aparente como lineal elástico hasta la condición de fluencia, seguidamente se considera un flujo plástico perfecto.

El modelo se simplifica a una gráfica bilineal (ver Figura N° 16), el primer tramo es igual a una recta diagonal que llega hasta la deformación de fluencia " ϵ_y ", dando el esfuerzo de fluencia " f_y ", después continúa un tramo recto horizontal que

termina en la deformación última del acero " ϵ_{su} ". En este método se desconoce la resistencia superior de fluencia y el aumento en el esfuerzo debido al endurecimiento por la deformación. Este modelo es usado para representar las propiedades no lineales del acero de refuerzo de las Subestaciones Eléctricas Aéreas de Distribución de la zona de estudio.

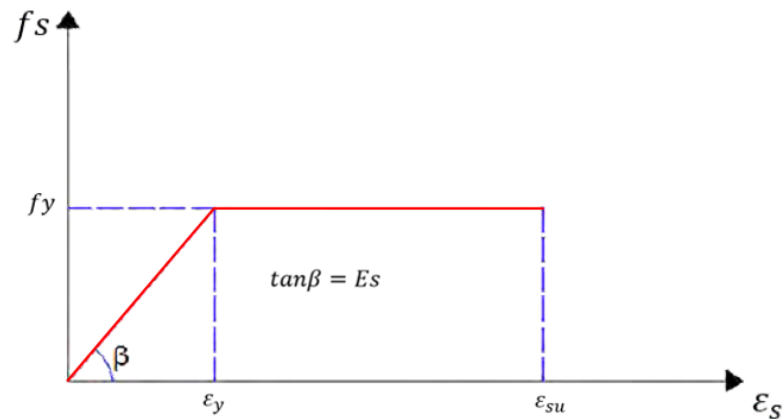


Figura N° 16 Representación del modelo elastoplástico perfecto

3.2.2. Modelo estructural para análisis inelástico

El comportamiento no lineal de las estructuras es muy importante conocerlas, por lo tanto, con el propósito de obtener aproximaciones de acuerdo a la realidad del comportamiento de las estructuras, es que surgió la creación de los modelos analíticos.

Para la presente tesis el comportamiento no lineal de las Subestaciones Eléctricas Aéreas de Distribución, se define a través del modelo de rótulas plásticas, ubicadas en los extremos de los elementos estructurales y zona central, siendo elementos unidireccionales con deformaciones por flexión. Una recomendación empírica para situar las rótulas plásticas en los extremos es asumir distancias relativas iguales al 15% y 85% de la longitud total del elemento estructural medida entre ejes, siempre verificando que la rótula no se encuentre dentro del nudo ya que estos son infinitamente rígidos (Ruiz, 2018).

3.2.2.1. Modelo de rótulas plásticas

La rótula plástica es un mecanismo de amortiguamiento de energía, que admite de la conexión de un determinado elemento estructural, la rotación de la

deformación plástica de manera rígida. Además se utiliza en una determinada sección de un elemento estructural, para indicar y detallar la deformación cuando se produce la fluencia plástica. La rótula plástica admite rotaciones relativas en ambos lados de la sección que son indefinidamente grandes, y tiene asociado un momento flector igual al momento plástico M_p (Ruiz, 2018). Cuando se realicen las simulaciones de análisis dinámicos no lineales de todas las muestras, las rótulas plásticas estarán sujetas a la variabilidad de tres parámetros estructurales: resistencia a la compresión del concreto (f'_c), resistencia a la fluencia del acero (f_y) y la deformación última del concreto (ϵ_{cu}).

En la presente tesis se consideró las rotulas plásticas, que están definidas por modelos discretos.

A. Modelos discretos

Son denominados también como modelos de rótula puntual. Usando estos modelos, el análisis dinámico no lineal es llevado a cabo a nivel del elemento integrante de la estructura, es decir la estructura es discretizado en elementos como placas, vigas y columnas (Flores, 2003). La denominación general de rótula plástica de este tipo de modelo deriva del efecto que ocasiona la fluencia en los elementos, se acepta que la rótula se forma en el punto donde la capacidad fue excedida y no sobre la longitud continua del elemento. Dicho esto, Aziz (1976) en su formulación considera una longitud plastificada que es tomada en función de la longitud original del elemento.

3.2.3. Modelo inelástico de secciones de concreto armado

3.2.3.1. Diagrama Momento – Curvatura

El diagrama Momento – Curvatura es la representación gráfica, entre los momentos flectores (M) y las curvaturas (Φ) correlacionadas para una sección determinada. Además son dependientes de la geometría de la sección y la disposición de los materiales involucrados. Del mismo modo de las leyes constitutivas del concreto y el acero de refuerzo. Se considera que las deformaciones predominantes son generadas por solicitaciones de flexión pura (Chang, 2015).

Ottazzi (2004) indica que las bondades de realizar los diagramas Momento – Curvatura, para conocer el comportamiento de una sección son diversas, entre ellas esta; conocer la ductilidad de una sección determinada y del elemento, calcular la redistribución de momento elásticos, entender el desarrollo de las rotulas plásticas, etc. Para una mejor información de la capacidad de deformación inelástica (no lineal) de un elemento y/o estructura, se realizara los diagramas de Momento – Curvatura en varias secciones transversales a lo largo de la longitud del elemento.

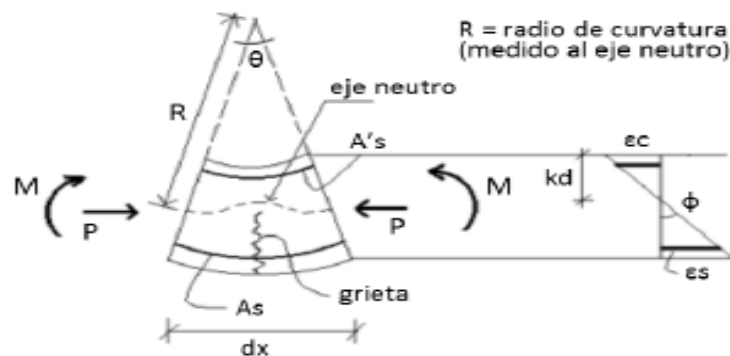


Figura N° 17 Esquemización de la curvatura de un elemento

En la Figura N° 17 muestra la esquematización del estado interno de deformación de una sección genérica de concreto armado sometido a cargas que producen flexión.



Figura N° 18 Representación del diagrama Momento - Curvatura típico de una sección de concreto armado

En la Figura N° 18 se indica las etapas del diagrama Momento – Curvatura cuando los momentos flectores (M) y las curvaturas (ϕ) varían. En la etapa de inicio los parámetros incrementan su relación de forma lineal hasta llegar al punto de

agrietamiento (Φ_{cr} , M_{cr}) del concreto armado, en la segunda etapa de la misma forma, los parámetros incrementan su relación de forma lineal pero con diferente pendiente a la anterior, llegando al punto de fluencia (Φ_y , M_y) del concreto armado, en la etapa final se aprecia que el momento flector varia su aumenta lentamente, todo lo contrario al incremento de la curvatura, la cual es igual o de mayor rapidez que venía haciéndolo, la cual finaliza con el punto de rotura (Φ_u , M_u) o también dicho relación Momento – Curvatura ultima, con el cual representa el estado de agotamiento del concreto armado.

3.2.4. Modelo inelástico de los elementos de barra

3.2.4.1. Zonas de comportamiento no lineal

Durante la ocurrencia del movimiento sísmico se presenta daños en vigas y columnas, las cuales suceden en zona adyacente a los nudos. Se considera que el daño es concentrado en una longitud determinada “ L ”, dejando de lado un daño extensivo a lo largo del eje de elemento estructural (ver Figura N° 19).

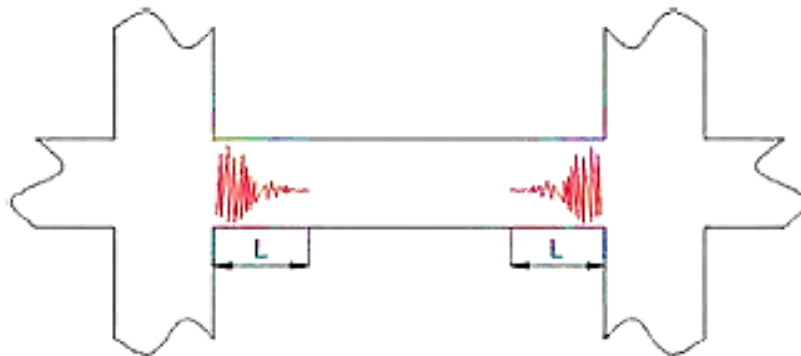


Figura N° 19 Idealización del daño en un elemento estructural

Además se puede considerar un daño equivalente en la zona concentrada donde se presenta la deformación inelástica, en aquella zona se considera el daño y la curvatura constante (Navarro & Fernández, 2006). A esta zona también se llama rótula plástica, el cual se determina una longitud equivalente “ L_p ” (ver Figura N° 20) con el valor estimado de: $L_p \approx 0.5h$, siendo “ h ” peralte de la sección estructural determinada (Paulay & Priestley, 1992). Así mismo se define como zonas rígidas los nudos y separadas a una distancia prudente de las rótulas plásticas, siendo ambos parte de los elementos discretos.

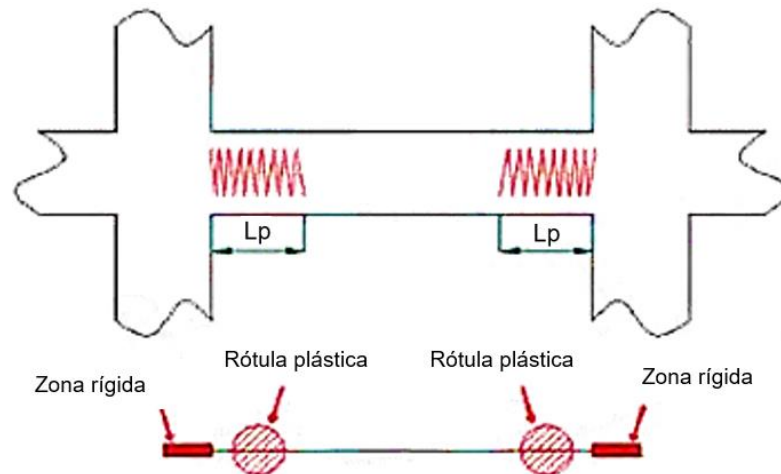


Figura N° 20 Idealización del daño equivalente en un elemento estructural

3.2.4.2. Diagrama Momento – Rotación en rótulas plásticas

En el caso del comportamiento inelástico, el giro producido en los extremos de los elementos estructurales depende de la curvatura a lo largo de la longitud (Ruiz, 2018). En la Figura N° 21 se aprecia la obtención del diagrama Momento – Rotación, a partir del diagrama Momento – Curvatura multiplicado por la longitud equivalente de la rótula plástica (L_p). Luego de tomar constante la curvatura a lo largo de la rótula plásticas.

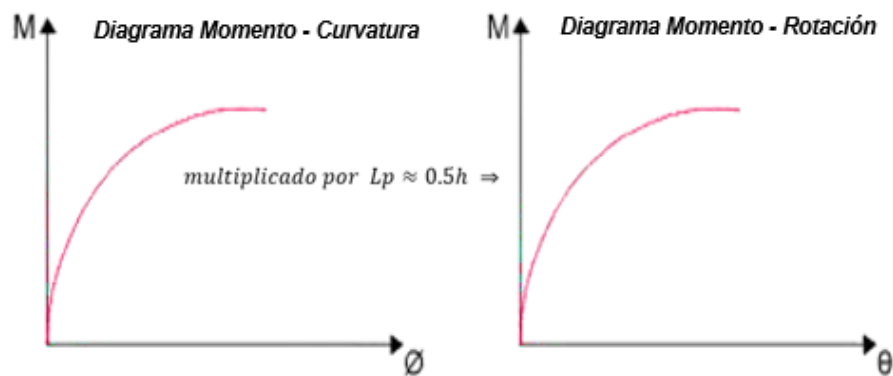


Figura N° 21 Obtención del diagrama Momento - Rotación a partir del diagrama Momento - Curvatura

3.2.4.3. Diagrama Momento – Rotación simplificado

Para una simplificación del diagrama Momento – Rotación se sugiere considerar trazos rectos (Navarro & Fernández, 2006). Como se aprecia en la Figura N° 22, donde el “punto B” divide el comportamiento elástico del inelástico, denominado fluencia efectiva. Luego el “punto C” que representa la capacidad máxima

resistente de la rótula, a partir de aquí se asume que ya alcanzado la capacidad máxima de momento (M_c), se origina una reducción inmediata del momento hasta un 40%, obteniendo el “punto D”. Finalmente el momento se mantiene constante, siendo el aumento de la variación de deformación un 10% para obtener el “punto E”.

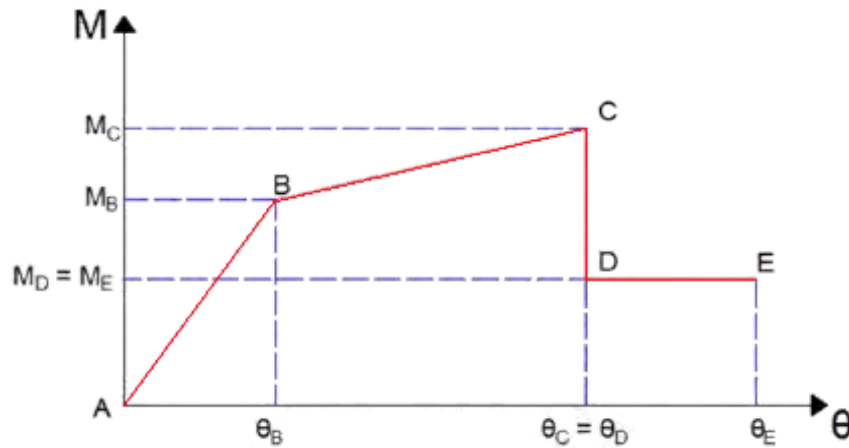


Figura N° 22 Representación del diagrama Momento - Rotación simplificado

Además se tomó en cuenta que el software de cálculo ingenieril SAP2000 v.20, considera los diagramas de Momento - Rotación sin el tramo AB, esto se debe a la definición de rotación plástica de cualquier elemento estructural, la cual inicia a partir del tramo inelástico de la curva y suprime el tramo elástico AB.

3.2.5. Capacidad estructural

“La capacidad de una estructura depende de la resistencia y la deformación máxima de sus componentes individuales” (Bonett, 2003). En la presente tesis se obtiene la curva de capacidad de las Subestaciones Eléctricas Aéreas de Distribución, utilizando el análisis pushover, la cual calcula por encima del rango elástico de la estructura.

3.2.5.1. Análisis pushover

Es un análisis estático no lineal, con este análisis se estima la capacidad máxima de la estructura, este análisis considera una carga vertical constante en la estructura mientras que se somete a una serie de cargas laterales que se incrementan de forma monótonica con relación al tiempo (ver Figura N° 23). La curva pushover está constituida por una serie de análisis inelástico consecutivos,

al superponerse las respuestas se visualiza una curva resultante, denominada *curva de capacidad*.

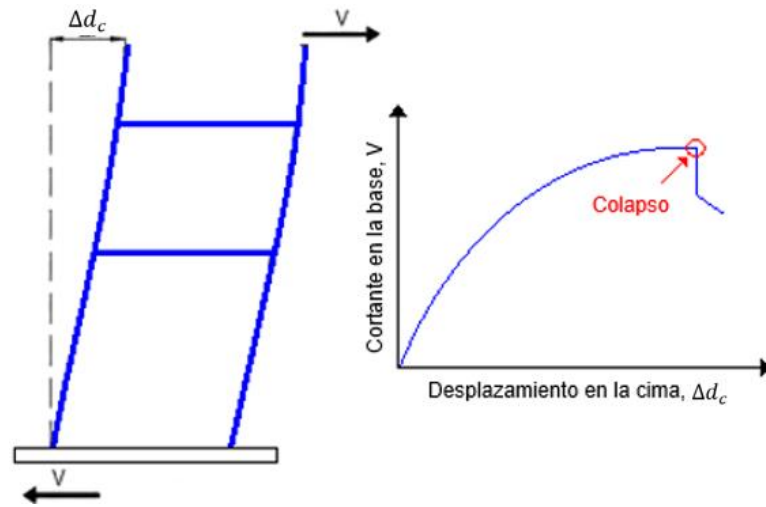


Figura N° 23 Representación de un ensayo monotónica con su curva de capacidad

La gráfica de una curva de capacidad determinada por su eje vertical que contiene el factor que representa la demanda solicitada en la estructura (fuerza cortante, pseudo aceleración espectral, etc.), y su eje horizontal que contiene el factor que representa la respuesta de la estructura para una determinada demanda (desplazamiento de cima, deriva, pseudo desplazamiento, etc.) (Ruiz, 2018).

Se determina un nudo de control en la cima (parte más elevada de la estructura), para identificar los desplazamientos ocurridos debido al incremento monotónica de la carga (ver Figura N° 24).

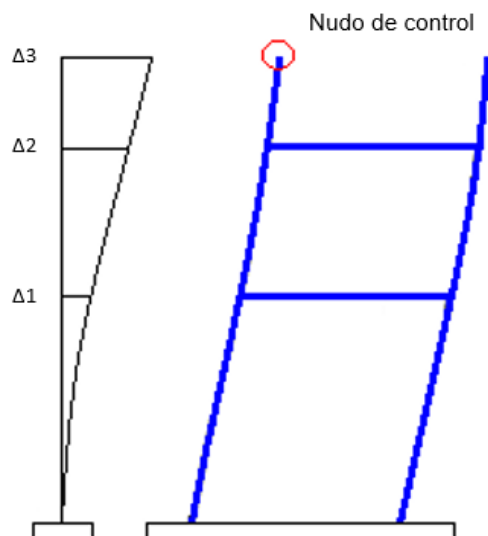


Figura N° 24 Representación de los desplazamientos y nudo de control en la cima

Durante el proceso de incremento de cargas, el desplazamiento en la cima (Δd_c) se incrementa con el tiempo, asimismo se van registrando los valores de la fuerza cortante en la base (V). Este proceso se repite hasta conseguir el desplazamiento lateral máximo llegando al colapso de la estructura (ver Figura N° 25).

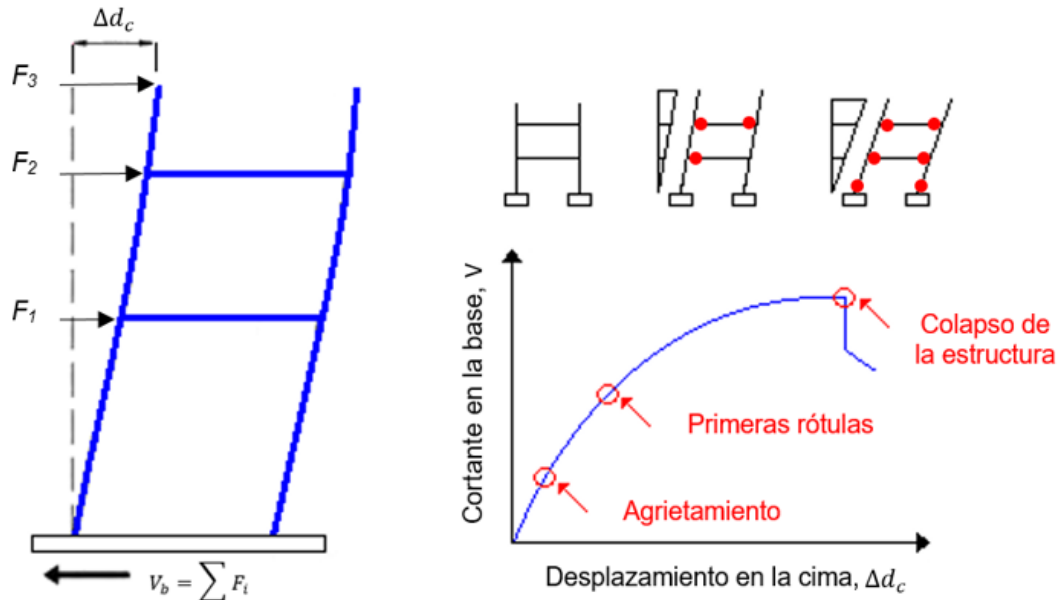


Figura N° 25 Representación de un análisis pushover y su curva de capacidad

A continuación se consideran los siguientes puntos de interés, dentro de la curva de capacidad (Borda & Pastor, 2007).

- **Punto de diseño:** se define como la última cortante “ V_u ” utilizada en el diseño de la estructura.
- **Aparición de la primera rótula:** se define como los consecuentes valores de cortante y desplazamiento, de la primera rótula que aparece en la estructura.
- **Punto de fluencia:** se define como límite entre el estado elástico y el plástico de la estructura.
- **Colapso:** se define como el punto de los consecuentes valores de cortante y desplazamiento, de la ruptura de la primera rótula que aparece en la estructura.

3.2.6. Estados Límites de Daño

Los estados límites de daño son descritos por los niveles de desempeño sísmico, en función de: pérdidas materiales sobre la estructura, la amenaza que involucra a los ocupantes y la funcionalidad de la estructura luego de ocurrido el sismo (SSCS, 1996).

Actualmente existen varios alineamientos para definir los estados límites de daño y desempeño sísmico para edificaciones, entre ellos podemos mencionar los realizados por el Comité VISION 2000 (SEAOC, 1995), Comité ATC-40 (SSCS, 1996) entre otros, las cuales se basan en ensayos y observaciones de daños ocurrido en edificaciones.




Debido que no existen alineamientos para definir los estados límites de daño y desempeño sísmico para Subestaciones Eléctricas Aéreas de Distribución, en la presente tesis se propone los siguientes estados límites de daño estructural para poder sectorizar la curva de capacidad de la estructura:


- **Fisura:** se sustenta en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN (1965): “*Postes de hormigón armado y preesforzado para soportes de instalaciones de líneas y redes aéreas de energía eléctrica y telecomunicaciones – Requisitos*”, la cual indica que los postes ensayados según la Norma INEN (1967), no deben presentar una vez descargados, desprendimientos de hormigón, en la parte comprimida, ni fisuras mayores de 0.05 mm en la parte traccionada, para una carga de fisuración igual al 20% de la carga nominal de rotura.
- **Abertura de fisuras:** se sustenta en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN (1965): “*Postes de hormigón armado y preesforzado para soportes de instalaciones de líneas y redes aéreas de energía eléctrica y telecomunicaciones – Requisitos*”, la cual indica que los postes ensayados según la Norma INEN (1967), no deben presentar una vez descargados, desprendimientos de hormigón, en la parte comprimida, ni fisuras mayores de 0.10 mm en la parte traccionada, para una carga límite de abertura de fisuración igual al 30% de la carga nominal de rotura.
- **Fluencia:** se sustenta en el punto de fluencia calculado en la curva de capacidad del modelo estructural.

- **Colapso:** se sustenta en el punto de rotura calculado en la curva de capacidad del modelo estructural.

En la Tabla N° 1 se describe los estados límites de daño en la estructura.

Tabla N° 1 Evidencia de los Estados Límites de Daño

ESTADOS LÍMITES DE DAÑO ESTRUCTURAL	DESCRIPCIÓN DEL DAÑO	EVIDENCIA EN LA ESTRUCTURA
Fisura	Aparecen fisuras transversales al eje del poste en la zona traccionada, con un ancho mínimo de 0.05 mm. No existe desprendimiento ni descascaramiento del concreto en la zona comprimida. Los daños no comprometen la estabilidad de la estructura.	
Abertura de fisuras	Se evidencia mayor abertura de las fisuras transversales al eje del poste en la zona traccionada, las cuales no superan los 0.10 mm de separación. Existe descascaramiento leve del concreto en la zona comprimida. Generalmente se produce en la parte inferior de la estructura. Los daños no comprometen la estabilidad de la estructura.	
Fluencia	Los aceros de refuerzo fluyen y se alargan, deformando así su sección transversal, produciéndose desprendimiento del concreto en la zona comprimida. El daño de fluencia se produce generalmente en la parte inferior del poste. Los daños comprometen la estabilidad de la estructura.	

Colapso	<p>Los aceros de refuerzo llegan a la fluencia máxima, produciendo la falla de la estructura. Se evidencia el desprendimiento total del concreto. Esta falla se produce generalmente en la parte inferior del poste. Los daños severos producen la caída (colapso) de la estructura.</p>	
---------	--	--

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, los niveles de desempeño sísmico se expresan en términos cualitativos, relacionados a la degradación del elemento estructural (deterioro), a la funcionalidad del elemento estructural (uso) y amenaza a los usuarios (personas), por lo cual en la presente tesis se propone los siguientes niveles de desempeños extrapolando la propuesta del Comité VISION 2000 (SEAOC, 1995).

- **Operacional:** daños ligeros en los elementos estructurales. Consecuencias sobre la población cercana es ninguna. El servicio de distribución eléctrica se encuentra operativo en general. Sin reparaciones.
- **Funcional:** daños moderados en los elementos estructurales. Se tendrá daño limitado que no comprometerá la seguridad de la población cercana. La totalidad de los servicios de distribución eléctrica se mantiene funcionando. En general se requieren pocas reparaciones menores.
- **Pre-Colapso:** daños severos en elementos estructurales, La degradación de la rigidez y la pérdida de resistencia compromete la estabilidad de la estructura aproximándose al colapso. Se produce la interrupción del servicio de distribución eléctrica. La estructura es completamente insegura para la población cercana y es posible que las reparaciones no resulten técnica ni económicamente factibles.
- **Colapso:** daño completo, pérdida parcial o total de la estabilidad de la estructura. Se produce la interrupción total del servicio de distribución eléctrica. El área de influencia del Colapso parcial o total es muy insegura para la población cercana. No es posible la reparación.

En la Tabla N° 2, se describe la relación entre los estados límites de daño y los niveles de desempeño.

Tabla N° 2 Estados Límites de Daño y niveles de desempeño

ESTADOS LÍMITES DE DAÑO ESTRUCTURAL	NIVEL DE DESEMPEÑO	CARACTERISTICAS PRINCIPALES
Fisura	Operacional	Daños ligeros. Ninguna consecuencia sobre la población cercana. El servicio de distribución eléctrica se encuentra operativo
Abertura de fisuras	Funcional	Daños moderados. No se comprometerá la seguridad de la población cercana. La totalidad de los servicios de distribución eléctrica se mantiene funcionando.
Fluencia	Pre-colapso	Daños severos, La degradación de la rigidez y la pérdida de resistencia compromete la estabilidad de la estructura aproximándose al colapso. Se produce la interrupción del servicio de distribución eléctrica. La estructura es completamente insegura para la población cercana.
Colapso	Colapso	Daño completo, pérdida parcial o total de la estabilidad de la estructura. Se produce la interrupción total del servicio de distribución eléctrica. El área de influencia del Colapso parcial o total es muy insegura para la población cercana.

Fuente: Elaboración propia

3.3. PARÁMETROS SÍSMICOS

3.3.1. Acelerogramas sintéticos

El hecho de no tener una amplia cantidad de acelerogramas reales, induce a una elevada incertidumbre en definir la acción sísmica. Esto puede cambiar mediante la generación acelerogramas sintéticos, compatibles con el espectro de respuesta elástico de la zona de estudio, los cuales considera características del movimiento sísmico como: la magnitud, la distancia focal y el contenido de frecuencias, etc (Moreno, 2006).

Para el análisis dinámico no lineal (análisis Tiempo – Historia), será necesario elaborar señales sintéticas, las cuales representan la acción sísmica a través de un parámetro de intensidad sísmica (PIS), la cual será la aceleración máxima del suelo (PGA). Estas señales serán generadas en base al espectro elástico de la NTP E.030 (2016), además su generación involucra la variabilidad del PGA, que afectará a los modelos estructurales. Se establecerán por cada tipo de suelo encontrado en la zona de estudio, 100 acelerogramas sintéticos diferentes para cada PGA determinado con intervalo de 0.05g hasta 1.00g, con incremento de 0.05g (ver Tabla N° 3). En resumen se poseerá 2000 muestras de señales sísmicas por cada tipo de suelo encontrado en la zona de estudio.

Tabla N° 3 Intervalos para la generación de acelerograma sintético

PGA	ACELEROGRAMAS SINTÉTICOS
0.05g	100
0.10g	100
0.15g	100
0.20g	100
0.25g	100
0.30g	100
0.35g	100
0.40g	100
0.45g	100
0.50g	100
0.55g	100
0.60g	100
0.65g	100
0.70g	100
0.75g	100
0.80g	100
0.85g	100
0.90g	100
0.95g	100
1.00g	100
TOTAL	2000

Fuente: Elaboración propia

3.3.2. Acelerogramas sintéticos compatibles con un Espectro de Respuesta

En su mayoría los métodos que generan acelerogramas compatibles con un espectro de respuesta proporcionado, se fundamentan en una función periódica, como la aceleración $\ddot{u}(t)$ que puede ser representada en base a una serie de ondas sinusoidales para definir la acción sísmica (Moreno, 2006), contemplando de la siguiente forma:

$$\ddot{u}(t) = \sum_{k=1}^n A_k \text{sen}(w_k t + \phi_k)$$

Donde:

- A_k : Amplitud.
- w_k : Frecuencia angular.
- ϕ_k : Ángulos de fase de las k contribuciones sinusoidales.

El método de Venmarcke et al. (1976) para la creación de acelerogramas sintéticos, es resumida por Moreno (2006) de la siguiente manera:

- A. “Fijando una serie de amplitudes y generando diferentes series de ángulos de fase, se pueden generar distintos movimientos con la misma apariencia general en el contenido de frecuencias, pero distintos en los detalles. Estos modelos fijan un número n de frecuencias, luego se generan de forma aleatoria la misma cantidad de amplitudes y ángulos fase con valores comprendidos entre 0 y 2π , dando a la señal un carácter estocástico. Las amplitudes A_k están relacionadas a la función de densidad espectral $G(w_k)$, mediante la siguiente ecuación:

$$G(w_k)\Delta w = \frac{A_k^2}{2}$$

Donde:

- $G(w_k)\Delta w$: representa la contribución de la potencia del movimiento de la sinusoidal con frecuencia angular (w_k)”.
- B. “Con el propósito de poder simular el carácter transitorio de los sismos, los movimientos definidos por $\ddot{u}(t)$ serán multiplicado por una función de intensidad envolvente determinista denominada $I(t)$. Al final la ecuación que determina la simulación del movimiento queda de la siguiente manera:

$$\ddot{u}(t) = I(t) \sum_{k=1}^n A_k \text{sen}(w_k t + \phi_k)$$

Este movimiento es estacionario en el contenido de frecuencias con una aceleración pico cercana a la aceleración pico dada” (Venmarcke et al. 1976).

Las funciones de intensidad simulan el carácter transitorio de los acelerogramas.

Algunos ejemplos de dichas funciones de intensidad envolvente deterministas, son obtenidas a partir de observaciones reales como: estacionaria o tipo cajón (ver Figura N° 26), trapezoidal (ver Figura N° 27), exponencial (ver Figura N° 28) y compuestas (ver Figura N° 29).

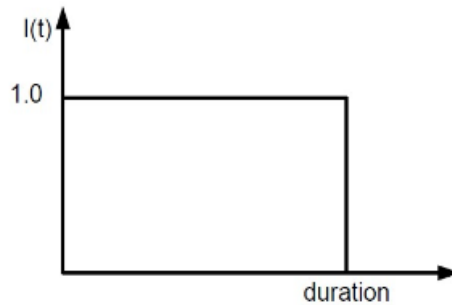


Figura N° 26 Función de intensidad estacionaria o tipo cajón

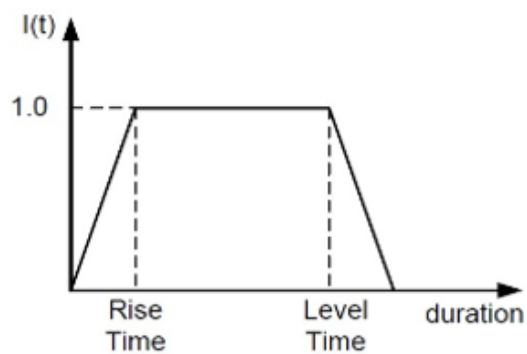


Figura N° 27 Función de intensidad trapezoidal de Hou (1968)

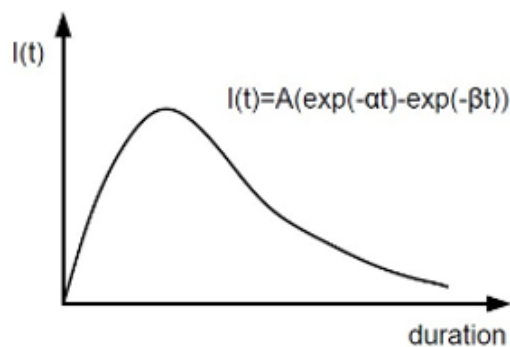


Figura N° 28 Función de intensidad exponencial de Liu (1969)

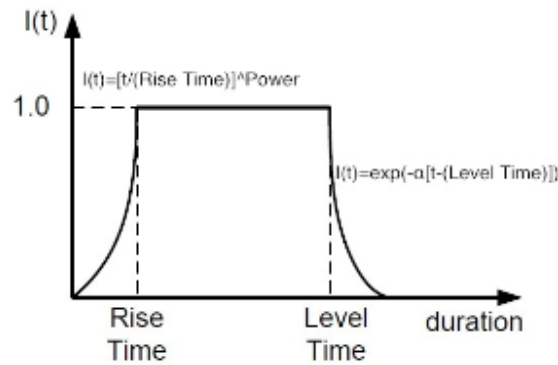


Figura N° 29 Función de intensidad compuesta de Jennings et al. (1968)

En la actualidad existen diversos softwares de ingeniería que permiten la generación de acelerogramas sintéticos, compatibles con un espectro de respuesta contemplado dentro de la normativa sísmica respectiva del país. Entre ellas podemos mencionar: SIMQKE y SeismoArtif.

En la presente tesis, se utilizará el software de ingeniería SeismoArtif (SeismoSoft, 2018) para realizar 2000 muestras de señales sísmicas, es decir acelerogramas sintéticos, por cada tipo de suelo encontrado en la zona de estudio. Para ello se eligió la función de intensidad trapezoidal de Hou (1968), siguiendo los alineamientos de Moreno (2006) y parámetros del sismo de Pisco del 15 de agosto del 2007 (ver Figura N° 30), la cual informó el Instituto Geofísico del Perú (2007).



Figura N° 30 Parámetros del sismo de Pisco del 15 de agosto del 2007 (IGP)

Obteniendo en la siguiente Tabla N° 4, los puntos para la envolvente de amplitud trapezoidal de Hou (ver Figura N° 31).

Tabla N° 4 Envolvente de amplitud trapezoidal

SIMBOLOGIA	DESCRIPCION	TIEMPO (seg)
TRISE	Tiempo de Subida	15
TFALL	Tiempo de Fase fuerte	39
DUR	Duración	42

Fuente: Elaboración propia

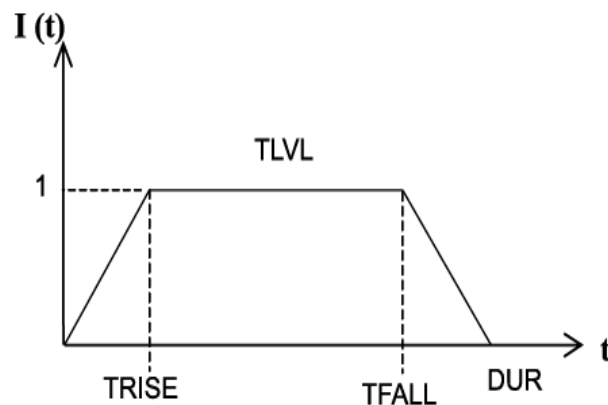


Figura N° 31 Envolvente de amplitud trapezoidal de Hou (1968)

3.4. PARÁMETROS ESTRUCTURALES

Para los parámetros estructurales se ha considerado las siguientes variabilidades:

- Resistencia a la fluencia del acero (f_y).
- Resistencia a la compresión del concreto (f'_c).
- Deformación última del concreto (ε_{cu}).

Para el caso de resistencia a la fluencia del acero (f_y) de 420 MPa (4200 kg/cm²) se considera una distribución lognormal (ver Figura N° 32), debido que se ajusta mejor a los datos experimentales, los cuales tienen un coeficiente de variación del 6% que será tomada en cuenta para la presente tesis (Velásquez, 2006).

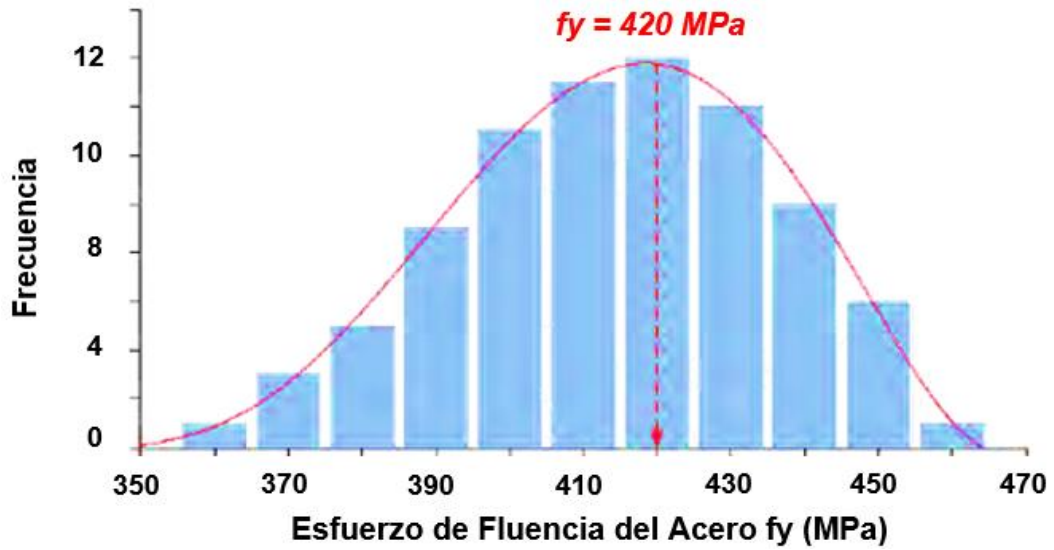


Figura N° 32 Funciones de densidad de probabilidad del esfuerzo de fluencia del acero (f_y)

Para el caso de resistencia a la compresión del concreto (f'_c) de 35 MPa (350 kg/cm²) según plano de diseño, se considera una distribución normal (ver Figura N° 33), debido que se ajusta mejor a los datos experimentales, los cuales tienen un coeficiente de variación del 15% que será tomada en cuenta para la presente tesis (Velásquez, 2006).

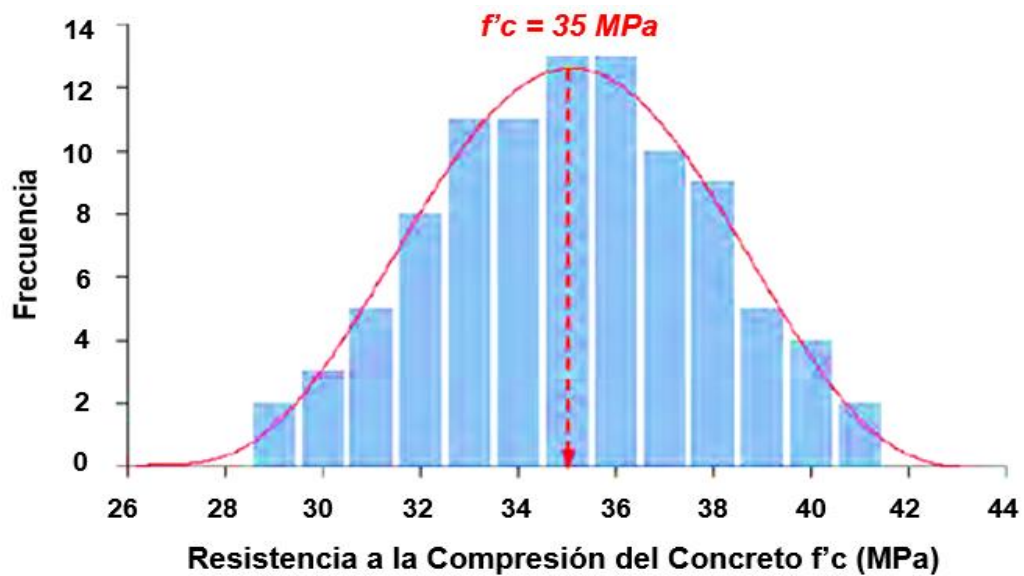


Figura N° 33 Funciones de densidad de probabilidad de la resistencia a la compresión del concreto (f'_c)

Finalmente para el caso de la deformación última del concreto (ϵ_{cu}) igual a 0.004 (ver Figura N° 34), según modelo de Hognestad (Ruiz, 2018).

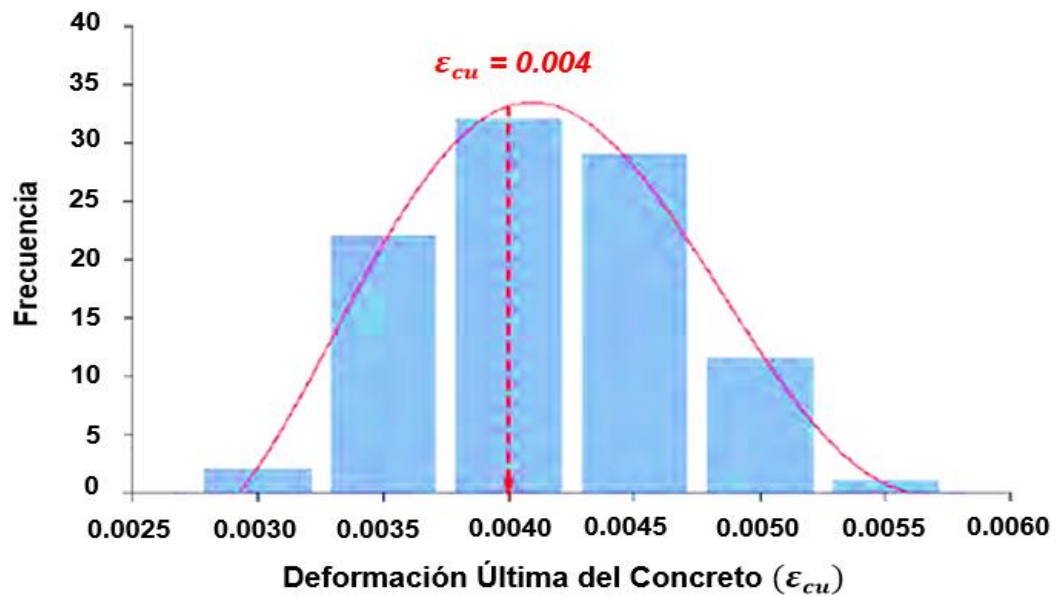


Figura N° 34 Funciones de densidad de probabilidad de la deformación última del concreto (ϵ_{cu})

3.4.1. Simulación Montecarlo

El método de Montecarlo es una técnica de simulación que permite estimar la respuesta de procesos estocásticos. A partir de funciones de distribución de probabilidad de las variables del proceso, se pueden estimar las respuestas (Erberik & Elnashai, 2004). Para conocer la vulnerabilidad de las estructuras, se genera un conjunto de muestras con las variables que representan los parámetros sísmicos y estructurales. Los valores para cada uno de los parámetros se eligen de forma aleatoria, a partir de su función distribución de probabilidad. Para obtener resultados confiables se requiere de un gran número de ejecuciones. Para reducir el tamaño de la muestra se utiliza la técnica del Hipercubo Latino (Florian, 1992). En este caso se generaran un conjunto de 100 muestras de parámetros estructurales por cada nivel de intensidad sísmica a través de un algoritmo creado en MATLAB (2018) en base a la técnica del Hipercubo Latino.

3.5. CURVAS DE FRAGILIDAD

3.5.1. Incertidumbre en los Parámetros Estructurales

Se consideró la variabilidad de tres parámetros estructurales: resistencia a la fluencia del acero (f_y), resistencia a la compresión del concreto (f'_c) y deformación última del concreto (ϵ_{cu}).

3.5.2. Incertidumbre en los Parámetros Sísmicos

Para la variabilidad de los parámetros sísmicos, se tomarán valores de PGA de 0.05g con incremento de 0.05g hasta llegar a 1.00g. Realizando para cada uno de los valores de PGA, 100 muestras de acelerogramas sintéticos. En resumen se harán 2000 acelerogramas sintéticos, por cada tipo de suelo se encuentre en la zona de estudio, las cuales serán generadas con el apoyo del software de ingeniería SeismoArtif (2018) en base al espectro de respuesta elástico de diseño, normalizado en la Norma Técnica E.030 “Diseño Sismorresistente”.

3.5.3. Análisis dinámico no lineal (Análisis Tiempo – Historia)

El modelo estructural será representado por dos tipos de Subestaciones Eléctricas Aéreas de Distribución: biposte (SAB) y monoposte (SAM). Analizando el caso más desfavorable, en la dirección donde la estructura es débil frente a la acción sísmica, colocando rotulas plásticas concentradas por flexión en tres puntos (inicio, centro y fin), tomando en cuenta la degradación de la rigidez y la pérdida de resistencia del sistema estructural a través del tiempo. Las propiedades no lineales de las secciones de los elementos estructurales, serán analizadas a través de Diagramas de Momento – Rotación, tomando en cuenta leyes constitutivas del concreto con el Modelo de Hognestad y del acero de refuerzo con el Modelo Elastoplástico Perfecto. Los diagramas son obtenidos a través de un algoritmo programado en MATLAB y calculados de forma automática, para cada una de las muestras simuladas de los parámetros estructurales y sísmicos.

3.5.4. Función de distribución de probabilidad de daño

Considerando la variabilidad de los parámetros estructurales y sísmicos, se construirán 2000 muestras analizadas de los modelos estructurales, asimismo los estados límites de daños para cada modelo estructural, las cuales permitirán elaborar funciones de distribución de probabilidad (*FDP*) de daño a través de simulaciones, que contienen distintos algoritmos programadas en el software de ingeniería MATLAB, dichos algoritmos tienen los siguiente objetivos:

- Definición de los datos de ingreso sobre información de cada Subestación Eléctrica Aérea de Distribución, y generación de 100 muestras diferentes

usando la técnica del Hipercubo Latino, por cada valor de PGA, determinado en un rango de 0.05g a 1.00g.

- Proceso de simulación del análisis dinámico no lineal (Análisis Tiempo – Historia), a través de la interacción automática entre los softwares de ingeniería MATLAB – SAP2000, por cada una de las muestras obtenidas.
- Generación de funciones de distribución de probabilidad (*FDP*).
- Generación de funciones de distribución acumulada (*FDA*).

3.5.5. Probabilidad de excedencia

Empleando el método analítico a través de algoritmos programados en MATLAB (2018), se elaboraran las Curvas de Fragilidad para las Subestaciones Eléctricas Aéreas de Distribución, siendo expresadas en términos de PGA y la probabilidad de excedencia. Recordar que las probabilidades de excedencia de un determinado *ED* acorde a un *PIS* se expresan como:

$$P(ED \geq ED_i/PIS) = \phi \left[\frac{1}{\beta_{PIS,ED_i}} \ln \left(\frac{PIS}{\overline{PIS}} \right) \right]$$

Donde:

- \overline{PIS} : Valor medio del logaritmo natural de *PIS* para el estado de daño ED_i .
- β_{PIS,ED_i} : Desviación estándar para el estado de daño ED_i .
- ϕ : Función de distribución acumulada.

3.6. PELIGRO SÍSMICO

El peligro sísmico es la probabilidad de ocurrencia que en una determinada zona se originen movimientos sísmicos de cierta importancia o intensidad, dentro de un intervalo de tiempo. Cabe decir que la expresión intensidad se hace extensivo a características del sismo como: magnitud, aceleración máxima, aceleración espectral, velocidad espectral, desplazamiento espectral del suelo, valor medio de la intensidad de Mercalli Modificada, entre otras (Ruiz, 2018).

El peligro sísmico puede determinarse a partir de dos métodos que son:

- *Cálculo del peligro sísmico determinístico*

El método determinístico se encarga de cuantificar el peligro sísmico considerando el sismo más destructivo que pueda ocurrir en el sitio, considerando la historia sísmica local. Es decir que se encarga de expresar el peligro en términos absolutos del mayor evento (Ruiz, 2018).

– *Cálculo del peligro sísmico probabilístico*

El método probabilístico permite cuantificar el peligro considerando todos los posibles sismos que pudiesen ocurrir en la zona en análisis, asociados a un valor de probabilidad (Ruiz, 2018).

Debido que las Subestaciones Eléctricas Aéreas de Distribución poseen un tiempo de vida útil mucho menor que el tiempo de recurrencia de los grandes terremotos, se optó por el cálculo del peligro sísmico probalístico para el análisis y toma de decisiones.

3.6.1. Determinación del peligro sísmico probabilístico

Para determinar el peligro sísmico probabilístico se empleará el software tipo Web denominado “**Servicio Web de Consultas para la Determinación del Peligro Sísmico en el Territorio Nacional**”, instalado en la página web de SENCICO de libre acceso. El desarrollo del cálculo del peligro sísmico en el territorio nacional así como el desarrollo del software tipo Web está sustentado en el informe “ACTUALIZACIÓN DEL PROGRAMA DE CÓMPUTO ORIENTADO A LA DETERMINACIÓN DEL PELIGRO SÍSMICO EN EL PAÍS (SENCICO, 2016)”, asimismo con la finalidad de guiar de manera apropiada a los usuarios en el uso del programa instalado en la página de SENCICO, se tiene el “MANUAL DE USO DEL APLICATIVO WEB” (SENCICO, 2016).

SENCICO brinda el Servicio Web de consultas para la determinación del peligro sísmico probabilístico en el territorio nacional, con una interfaz amigable (ver Figura N° 35). La información ingresada será las coordenadas geográficas latitud y longitud, de las Subestaciones Eléctricas Aéreas de Distribución. Luego en la pestaña “*Probabilidad Anual de Excedencia*” se indicará el periodo estructural igual a cero segundos (0.00 seg) que se interpreta como la aceleración máxima del suelo o PGA, asimismo un amortiguamiento de 5% para concreto armado, el cual se encuentra por defecto en el Servicio Web.



Figura N° 35 Interfaz del Servicio Web de Consultas para la Determinación del Peligro Sísmico en el Territorio Nacional (SENCICO)

Luego de ingresar la información inicial, el Servicio Web calcula la llamada Curva de Peligro Sísmico que tiene en su eje de abscisas la aceleración espectral, y en su eje de ordenadas la probabilidad anual de excedencia que es la inversa del Tiempo de Retorno en años. Finalmente se debe proyecta en la Curva de Peligro Sísmico con una recta horizontal la probabilidad anual de excedencia de 0.0021, el cual resulta de la inversa de un periodo de retorno de 475 años como se indica en la NTP E.030, y la intersección debe ser proyectada con un recta vertical sobre la aceleración espectral, la cual es el PGA que se requiere para cada estructura.

3.7. RIESGO SÍSMICO

El riesgo sísmico es el grado de pérdidas esperadas que sufren las estructuras durante el tiempo que permanecen expuestas a la acción sísmica (Bonett, 2003). Además Kuroiwa (2002) define el riesgo sísmico como una función de la vulnerabilidad sísmica y del peligro sísmico, que de forma general se puede expresar como:

$$\text{Riesgo} = \text{Peligro} \times \text{Vulnerabilidad}$$

Es decir que el riesgo sísmico combina los efectos del peligro sísmico y la vulnerabilidad sísmica que presentan las estructuras.

CAPÍTULO IV: GENERACIÓN DE LA CARTILLA DE EVALUACIÓN

En este capítulo se define todas las variables que constituyen la cartilla de evaluación, con las cuales se identifican las tipologías estructurales y funcionales, además de los accesorios (elementos estructurales) que forman parte de las Subestaciones Eléctricas Aéreas de Distribución.

De la misma forma se identifica los tipos de cimentación y los tipos de suelos, donde se encuentran cimentados y por último, se hace una breve descripción del entorno donde se encuentra cada Subestación Eléctrica Aérea de Distribución, y la descripción de los posibles daños estructurales que se está produciendo durante su tiempo en actividad.

La información recopilada es la que se requiere para la aplicación de la metodología de evaluación de vulnerabilidad sísmica.

4.1. TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL

Para la constitución de la tipología estructural, nos basamos en los tipos de Subestaciones Eléctricas Aérea de Distribución que existente en la normativa vigente de las concesionarias Eléctricas de distribución.

4.1.1. Subestación Aérea Biposte (SAB)

Es aquella Subestación Aérea de Distribución que está soportada por dos postes, generalmente de concreto armado centrifugado (C.A.C.) unidos entre sí por una plataforma de soporte, generalmente de concreto armado vibrado (C.A.V.) donde se asienta el transformador de distribución (ver Figura N° 36).

4.1.2. Subestación Aérea Monoposte (SAM)

Es aquella Subestación Aérea de Distribución que está soportada por un poste, generalmente de concreto armado centrifugado (C.A.C.) y se instala una plataforma de soporte, generalmente de concreto armado vibrado (C.A.V.) donde se asienta el transformador de distribución (ver Figura N° 37).



Figura N° 36 Subestación Aérea Biposte
(SAB)



Figura N° 37 Subestación Aérea Monoposte
(SAM)

4.2. TIPOLOGÍA FUNCIONAL

Los postes son los elementos de soporte de las Subestaciones Eléctricas Aéreas de Distribución y de acuerdo a la normativa vigente de las concesionarias Eléctricas de distribución, se pueden clasificar en:

4.2.1. Fin de Línea

Cuando se encuentre ubicada en el inicio o final de una red aérea, por lo que la estructura debe estar diseñada para soportar la tensión ejercida por los

conductores aéreos instalados perpendicularmente a las ménsulas o crucetas (ver Figura N° 38).

4.2.2. Alineamiento

Cuando se encuentre ubicada en medio de otras estructuras que soporten la red aérea, las cuales deben estar diseñadas para soportar el peso de los conductores y el cambio de dirección de los mismos (ver Figura N° 39).



Figura N° 38 Disposición Fin de Línea de la red aérea



Figura N° 39 Disposición Alineamiento de la red aérea

4.3. ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Para la descripción de los elementos estructurales nos apoyaremos de las siguientes Normas Técnicas:

- Norma Técnica Peruana: **NTP 339.027 HORMIGÓN (CONCRETO). Postes de hormigón (concreto) armado para líneas aéreas** (2008), la cual tiene por objetivo establece los requisitos, métodos de ensayo y rotulado que deben cumplir los postes de hormigón (concreto) armado, destinados al soporte de líneas aéreas Eléctricas de baja y media tensión, de telecomunicaciones y alumbrado público.
- Norma Técnica Peruana: **DGE 015-PD-1 Norma de postes, crucetas y ménsulas de madera y concreto armado para redes de distribución** (1978), la cual tiene por objetivo uniformizar las condiciones de aceptación y utilización de postes, crucetas y ménsulas en las redes de distribución por las empresas e instituciones del subsector electricidad.

4.3.1. Poste de concreto armado centrifugado

Los postes de concreto armado centrifugado (C.A.C.) son formados por una mezcla de cemento, agregado grueso, agregado fino, agua y aditivos, además dentro de esta mezcla se ha colocado una armadura de acero de refuerzo que le da la resistencia a la flexión al poste (ver Figura N° 40 y 41), luego de colocar la mezcla en los moldes son compactados por medios mecánicos de centrifugación y curados por tratamiento térmico vapor saturado.



Figura N° 40 Proceso de fabricación del poste de concreto armado centrifugado



Figura N° 41 Estructuración de la armadura de acero de refuerzo

Tiene forma troncocónica hueca y debido a la compactación por medios mecánicos de centrifugación el hueco longitudinal interior también es troncocónica, el cual se utiliza para el paso de conductores eléctricos, asimismo contendrán aberturas u orificios, según se indique en el patrón de construcción correspondiente al poste requerido. Su color normal es de gris cemento y el acabado superficial externo es liso y uniforme (ver Figura N° 42).

La designación de los postes terminados se utilizará el orden sucesivo siguiente:

- a. La longitud total en metros.
- b. La carga de trabajo en daN.
- c. El coeficiente de seguridad.
- d. Los diámetros de la cima y de la base, en milímetros.

Ejemplo: 13/400/2/180/375 – 13 m de longitud total, 400 daN de carga de trabajo, 2 de coeficiente de seguridad, 180 mm de diámetro en la cima y 375 mm de diámetro en la base.



Figura N° 42 Poste de concreto armado centrifugado

4.3.2. Plataforma de soporte

Las plataformas de soporte son formados por una mezcla de cemento, agregado grueso, agregado fino, agua y aditivos, además dentro de esta mezcla se ha colocado una armadura de acero que le da la resistencia a la flexión (ver Figura

N° 43), luego de colocar la mezcla en los moldes son compactados por medios mecánicos de vibración y curados por tratamiento térmico vapor saturado.

Se utiliza en las estructuras de Subestaciones Eléctricas Aéreas de Distribución, como soporte de los transformadores de distribución. Las plataformas unidas duplican su peso de soporte, las cuales son unidas con dos pletinas, pernos, tuercas y arandelas de acero galvanizado.

Una media plataforma se usa para una Subestación Aérea Monoposte (SAM), dos medias plataformas se usa para una Subestación Aérea Biposte (SAB).

La potencia del transformador de distribución define sus dimensiones y peso, debido a ello existen los siguientes tipos de plataformas:

- Plataforma de soporte para equipos de peso hasta 1500 kg.
- Plataforma de soporte para equipos de peso hasta 2600 kg.



Figura N° 43 Plataforma de concreto armado y estructuración de la armadura de acero de refuerzo

4.3.3. Palomilla doble

Las palomillas dobles son formados por una mezcla de cemento, agregado grueso, agregado fino, agua y aditivos, además dentro de esta mezcla se ha colocado una armadura de acero que le da la resistencia a la flexión (ver Figura N° 44), luego de colocar la mezcla en los moldes son compactados por medios mecánicos de vibración y curados por tratamiento térmico vapor saturado

Se utiliza en las estructuras de Subestaciones Eléctricas Aéreas de Distribución, como soporte de fusibles seccionadores (cut out).

La potencia del transformador de distribución define sus dimensiones y peso, debido a ello existen los siguientes tipos de palomilla doble:

- Palomilla doble de concreto armado hasta 250 kVA (Peso máximo que soporta 60 kg).
- Palomilla doble de concreto armado de 400 hasta 630 kVA (Peso máximo que soporta 100 kg).



Figura N° 44 Palomilla doble de concreto armado

4.3.4. Ménsula

Las ménsulas son formados por una mezcla de cemento, agregado grueso, agregado fino, agua y aditivos, además dentro de esta mezcla se ha colocado una armadura de acero que le da la resistencia a la flexión (ver Figura N° 45), luego de colocar la mezcla en los moldes son compactados por medios mecánicos de vibración y curados por tratamiento térmico vapor saturado.



Figura N° 45 Ménsula de concreto armado y estructuración de la armadura de acero de refuerzo

Se utiliza para la instalación de líneas con aisladores Tipo PIN o cadenas de suspensión en estructuras de alineamiento y anclaje de líneas aéreas de media tensión como 22.9 kV y 10 kV. Se designaran con la letra característica "M" seguida de la longitud nominal, y luego la carga de trabajo en kg.

Ejemplo: M/0.60/200 - Ménsula de 0.60 m, longitud nominal y 200 kg de carga de trabajo transversal.

4.3.5. Cruceta asimétrica

4.3.5.1. Concreto armado

Las crucetas asimétricas son formados por una mezcla de cemento, agregado grueso, agregado fino, agua y aditivos, además dentro de esta mezcla se ha colocado una armadura de acero que le da la resistencia a la flexión (ver Figura N° 46), luego de colocar la mezcla en los moldes son compactados por medios mecánicos de vibración y curados por tratamiento térmico vapor saturado.



Figura N° 46 Cruceta asimétrica de concreto armado y estructuración de la armadura de acero de refuerzo

Se utiliza para la instalación de aisladores tipo PIN o de suspensión en estructuras de alineamiento, ángulo y anclaje de líneas aéreas de media tensión como 22.9 kV y 10 kV. Se designaran con la letra característica "ZA" seguida de la longitud nominal, longitud asimétrica mayor con respecto al eje del poste, en metros, y luego la carga de trabajo en kg.

Ejemplo: ZA/2.00/1.20/200 - Cruceta asimétrica de 2.00 m longitud nominal, 1.20 m de longitud asimétrica mayor respecto al eje del poste y 200 kg de carga de trabajo transversal.

4.3.5.2. Madera

Las crucetas asimétricas son formadas por madera seca con tratamiento, además poseerá un corte cóncavo que servirá de tope de ubicación en el poste de concreto armado (ver Figura N° 47). La instalación al poste se hará por medio de pernos pasantes o bridas de hierro ajustadas con tuercas, otra cruceta de madera en el lado opuesto del poste para ajustar.

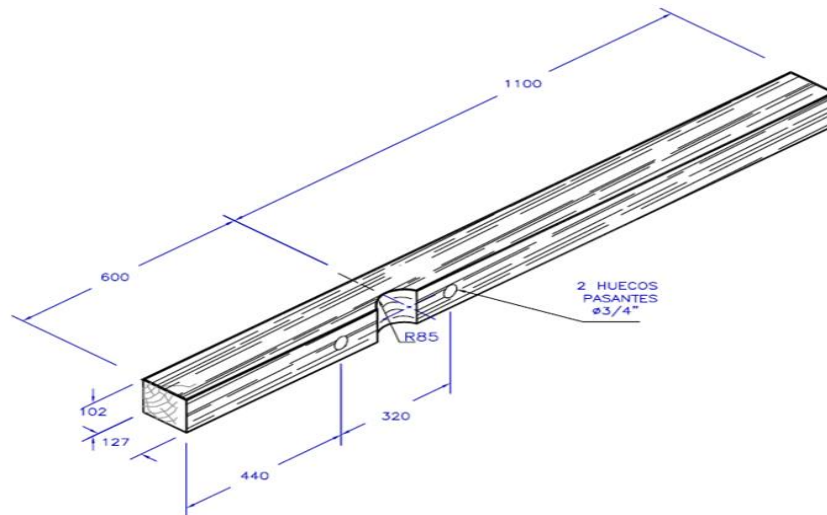


Figura N° 47 Cruceta asimétrica de madera

Se utiliza para soporte de aisladores tipo PIN y suspensión, seccionadores y terminales, en estructuras de alineamiento, ángulo y anclaje de líneas aéreas de media tensión como 22.9 kV y 10 kV.

Se designaran por las dimensiones de su sección transversal en mm (pulg), longitud nominal en metros, y la carga de trabajo en kg.

Ejemplo: 127 (5") x 102 (4") /1.52/200 – 127 mm de ancho (5") x 102 mm de alto (4"), 1.52 m de longitud nominal y 200 kg de carga de trabajo transversal.

4.3.6. Cruceta simétrica

4.3.6.1. Concreto Armado

Las crucetas simétricas son formados por una mezcla de cemento, agregado grueso, agregado fino, agua y aditivos, además dentro de esta mezcla se ha colocado una armadura de acero que le da la resistencia a la flexión (ver Figura N° 48), luego de colocar la mezcla en los moldes son compactados por medios mecánicos de vibración y curados por tratamiento térmico vapor saturado.



Figura N° 48 Cruceta simétrica de concreto armado y estructuración de la armadura de acero de refuerzo

Se utiliza para la instalación de aisladores tipo PIN o de suspensión en estructuras de alineamiento, ángulo y anclaje de líneas aéreas de media tensión como 22.9 kV y 10 kV.

Se designaran con la letra característica "Z" seguida de la longitud nominal, y luego la carga de trabajo en kg.

Ejemplo: Z/1.50/200 - Cruceta simétrica de 1.50 m longitud nominal y 200 kg de carga de trabajo transversal.

4.3.6.2. Madera

Las crucetas simétricas son formadas por madera seca con tratamiento, además tendrá un corte cóncavo que servirá de apoyo para su instalación en el poste de concreto armado (ver Figura N° 49), por medio de pernos pasantes o bridas de hierro ajustadas con tuercas.

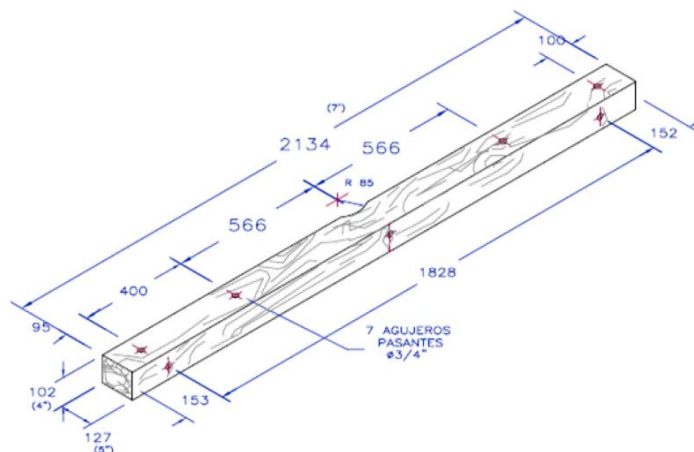


Figura N° 49 Cruceta simétrica de madera

Se utiliza para soporte de aisladores Tipo PIN y suspensión en estructuras con formación vertical (doble terna) en líneas aéreas de 22.9 kV y 10 kV.

Se designaran por las dimensiones de su sección transversal en mm (pulg), longitud nominal en metros, y la carga de trabajo en kg.

Ejemplo: 127 (5) x 102 (4) /2.13/200 – 127 mm de ancho (5”) x 102 mm de alto (4”), 2.13 m de longitud nominal y 200 kg de carga de trabajo transversal.

4.4. POTENCIA DEL TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN

La norma **DGE "Terminología en Electricidad"** (2002), define a la potencia del transformador de distribución como un valor convencional de potencia aparente que sirve de base para el diseño de un transformador, una bobina de inductancia (reactor) shunt o una bobina de extinción de arco, con las garantías del fabricante y los ensayos que determinan el valor de la corriente asignada que debe conducirse con una tensión asignada, en condiciones específicas.

4.5. NIVEL DE TENSIÓN

El **Código Nacional de Electricidad (Suministro 2011)**, define el nivel de tensión como uno de los valores de tensión nominal utilizados en un sistema dado:

4.5.1. Baja Tensión (B.T.)

Conjunto de niveles de tensión utilizados para la distribución de la electricidad. Su límite superior generalmente es $U \leq 1$ kV, siendo U la Tensión Nominal.

4.5.2. Media Tensión (M.T.)

Cualquier conjunto de niveles de tensión comprendidos entre la alta tensión y la baja tensión. Los límites son $1 \text{ kV} < U \leq 35 \text{ kV}$, siendo U la Tensión Nominal.

4.5.3. Alta Tensión (A.T.)

Conjunto de niveles de tensión superior utilizados en los sistemas eléctricos para la transmisión masiva de electricidad. Con límites comprendidos entre $35 \text{ kV} < U \leq 230 \text{ kV}$.

4.5.4. Muy Alta Tensión (M.A.T.)

Niveles de tensión utilizados en los sistemas eléctricos de transmisión, superiores a 230 kV.

4.6. TIPOS DE EMPOTRAMIENTOS

En la Norma Técnica Peruana **DGE 015-PD-1 Norma de postes, crucetas y ménsulas de madera y concreto armado para redes de distribución** (1978), se indica las características y requerimientos a cumplirse para la cimentación o enterramiento de los postes usados en redes aéreas de distribución.

4.6.1. Cimentado

Se indicara el límite de empotramiento con una raya y la letra "C" en bajo relieve, para reconocer el empotramiento en cimiento de concreto (ver Figura N° 50).

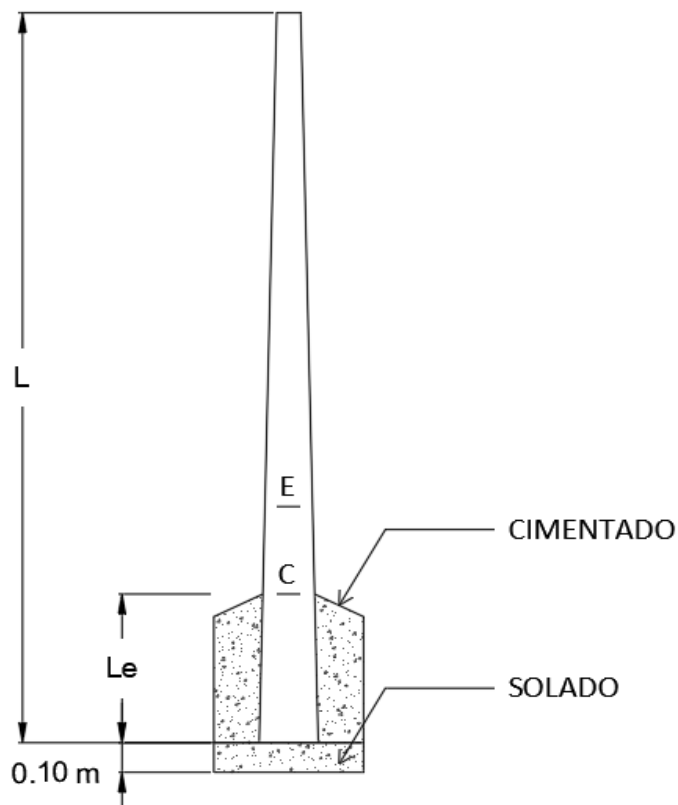


Figura N° 50 Representación del límite de empotramiento cimentado

La longitud de empotramiento del poste (L_e) será el 10% de la longitud del poste (L), medido desde su base.

$Le = (0.1 L)$ con cimiento de concreto.

Ejemplo: Un poste de 13.00 m de altura tendrá una longitud de empotramiento de ($Le = 0.1 \times 13.00$), 1.30 m.

4.6.2. Enterrado

Se indicara el límite de empotramiento con una raya y la letra "E" en bajo relieve, para reconocer el empotramiento directamente al suelo (ver Figura N° 51).

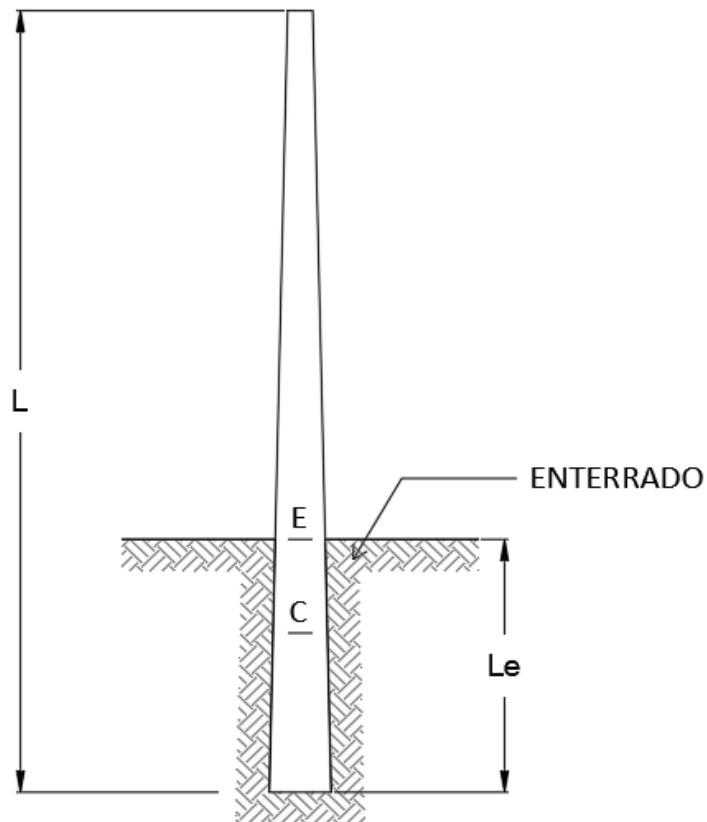


Figura N° 51 Representación del límite de empotramiento enterrado

La longitud de empotramiento del poste (Le) será el 10% de la longitud del poste (L) más 0.60 m, medido desde su base.

$Le = (0.1 L + 0.60 \text{ m})$ directamente empotrado al suelo.

Ejemplo: Un poste de 13.00 m de altura tendrá una longitud de empotramiento de ($Le = 0.1 \times 13.00 + 0.60$), 1.90 m.

4.7. TIPOS DE SUELOS

Para la constitución de la tipología de suelos nos basamos completamente en la **Norma Técnica E.030 “Diseño Sismorresistente”** (2016) el cual identifica cinco tipos de perfiles de suelos.

4.7.1. Perfil Tipo S₀: Roca Dura

A este tipo corresponden las rocas sanas con velocidad de propagación de ondas de corte V_s mayor que 1500 m/s. Las mediciones deberán corresponder al sitio del proyecto o a perfiles de la misma roca en la misma formación con igual o mayor intemperismo o fracturas. Cuando se conoce que la roca dura es continua hasta una profundidad de 30 m, las mediciones de la velocidad de las ondas de corte superficiales pueden ser usadas para estimar el valor de V_s .

4.7.2. Perfil Tipo S₁: Roca o Suelos Muy Rígidos

A este tipo corresponden las rocas con diferentes grados de fracturación, de macizos homogéneos y los suelos muy rígidos con velocidades de propagación de onda de corte V_s , entre 500 m/s y 1500 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre:

- Roca fracturada, con una resistencia a la compresión no confinada q_u mayor o igual que 500 kPa (5 kg/cm²).
- Arena muy densa o grava arenosa densa, con N_{60} mayor que 50.
- Arcilla muy compacta (de espesor menor que 20 m), con una resistencia al corte en condición no drenada S_u mayor que 100 kPa (1 kg/cm²) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.

4.7.3. Perfil Tipo S₂: Suelos Intermedios

A este tipo corresponden los suelos medianamente rígidos, con velocidades de propagación de onda de corte V_s , entre 180 m/s y 500 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre:

- Arena densa, gruesa a media, o grava arenosa medianamente densa, con valores del SPT N_{60} , entre 15 y 50.

- Suelo cohesivo compacto, con una resistencia al corte en condiciones no drenada S_u , entre 50 kPa (0,5 kg/cm²) y 100 kPa (1 kg/cm²) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.

4.7.4. Perfil Tipo S₃: Suelos Blandos

Corresponden a este tipo los suelos flexibles con velocidades de propagación de onda de corte V_s , menor o igual a 180 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre:

- Arena media a fina, o grava arenosa, con valores del SPT N_{60} menor que 15.
- Suelo cohesivo blando, con una resistencia al corte en condición no drenada S_u , entre 25 kPa (0,25 kg/cm²) y 50 kPa (0,5 kg/cm²) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.
- Cualquier perfil que no correspondan al tipo S₄ y que tenga más de 3 m de suelo con las siguientes características: índice de plasticidad P_L mayor que 20, contenido de humedad ω mayor que 40%, resistencia al corte en condición no drenada S_u menor que 25 kPa.

4.7.5. Perfil Tipo S₄: Condiciones Excepcionales



A este tipo corresponden los suelos excepcionalmente flexibles y los sitios donde las condiciones geológicas y/o topográficas son particularmente desfavorables, en los cuales se requiere efectuar un estudio específico para el sitio. Sólo será necesario considerar un perfil tipo S₄ cuando el Estudio de Mecánica de Suelos (EMS) así lo determine.




4.8. ESTADO DEL POSTE DE CONCRETO ARMADO

Para la identificación y clasificación de los postes de concreto (C.A.C.) de acuerdo a su estado de conservación, nos basaremos en la normativa vigente de la empresa concesionaria del servicio eléctrico donde se realizara la evaluación, a fin de manejar las mismas simbologías y definiciones.

Como ejemplo señalaremos el documento normativo interno **DMIBT-PO-BT-008 INSPECCIÓN DE POSTES DE BAJA TENSIÓN** (2016), la cual en **Anexo 2: Identificación de estado de postes de concreto de BT**, indica lo siguiente:

Tabla N° 5 Identificación de estado de postes de concreto de BT.

TIPO	DESCRIPCION
Tipo A	<p>3 a más fierros verticales seccionados o 4 a más fierros que hayan perdido la tercera parte de su sección (B1) o desprendimiento de concreto a todo lo largo del poste o agujeros mayores a 3 cm. de diámetro. Requiere cambio inmediato (ver Figura N° 52).</p>  <p style="text-align: center;"><i>Figura N° 52 Estado de poste Tipo A</i></p>
Tipo B1	<p>Hasta 2 fierros seccionados o hasta 3 que hayan perdido la tercera parte de su sección en uno o más puntos. Puede existir orificios de hasta 3 cm. de diámetro o desprendimiento focalizado a lo largo del poste dejando los fierros visibles (ver Figura N° 53).</p>  <p style="text-align: center;"><i>Figura N° 53 Estado de poste Tipo B1</i></p>
Tipo B2	<p>Presenta desprendimiento de concreto que deja al descubierto gran parte de los fierros los cuales presentan óxido. No hay pérdida significativa de la sección del fierro (ver Figura N° 54).</p>

	 <p style="text-align: center;"><i>Figura N° 54 Estado de poste Tipo B2</i></p>
<p>Tipo C</p>	<p>Presenta una o más rajaduras y/o grietas a lo largo, podría presentar pequeños desprendimientos del concreto en su base o a lo largo, si fuera así, El fierro se vería en buen estado y cubierto mayormente por concreto (ver Figura N° 55).</p>  <p style="text-align: center;"><i>Figura N° 55 Estado de poste Tipo C</i></p>
<p>Tipo CV</p>	<p>Cuenta con protector de fibra de vidrio sin deterioro del concreto a lo largo del poste. Para efectos operativos puede ser considerado como tipo C (ver Figura N° 56).</p>  <p style="text-align: center;"><i>Figura N° 56 Estado de poste Tipo CV</i></p>

Fuente: DMIBT-PO-BT-008 INSPECCIÓN DE POSTES DE BAJA TENSION (2016).

CAPÍTULO V: DIAGNÓSTICO Y BASE DE DATOS GEOESPACIAL DE LA ZONA DE ESTUDIO

En este capítulo se describe la zona de estudio, además se complementa la información técnica de las Subestaciones Eléctricas Aéreas de Distribución a través de las normativas internas de la concesionaria eléctrica de distribución correspondiente.

Se explica el procedimiento que se realizó en el diagnóstico a través de la cartilla de evaluación, asimismo se desarrolla el procedimiento en cuanto a la metodología de evaluación de la vulnerabilidad sísmica.

5.1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

5.1.1. Ubicación geográfica

El Centro Poblado Imperial uno de los principales Cascos Urbanos, pertenece al Distrito de Imperial, Provincia de Cañete, Departamento de Lima (ver Figura N° 58). Geográficamente se encuentra entre las coordenadas $76^{\circ} 21' 09''$ longitud oeste y $13^{\circ} 03' 38''$ latitud sur, su altura promedio es de 86 m.s.n.m.



Figura N° 58 Plano de ubicación de la zona de estudio

El distrito de Imperial limita:

- Por el Norte con el Distrito de Quilmaná.
- Por el Este con el Distrito de Nuevo Imperial.
- Por el Sur con el Distrito de San Vicente de Cañete.
- Por el Oeste con los Distritos de San Luis.

El Centro Poblado Imperial está ubicado en la parte sur del Distrito de Imperial y tiene como vecinos a los Centros Poblados Las Lomas de Cerro Candela, Cerro Alegre, Carmen Alto entre otros (ver Figura N° 59).

5.1.2. Topografía

El Centro Poblado Imperial presenta una topografía relativamente plana, escasamente accidentado con pendiente uniforme promedio de 12.50% de Norte a Sur, variando las cotas de 80 a 95 msnm, además tiene un área de extensión de 1.91 km².

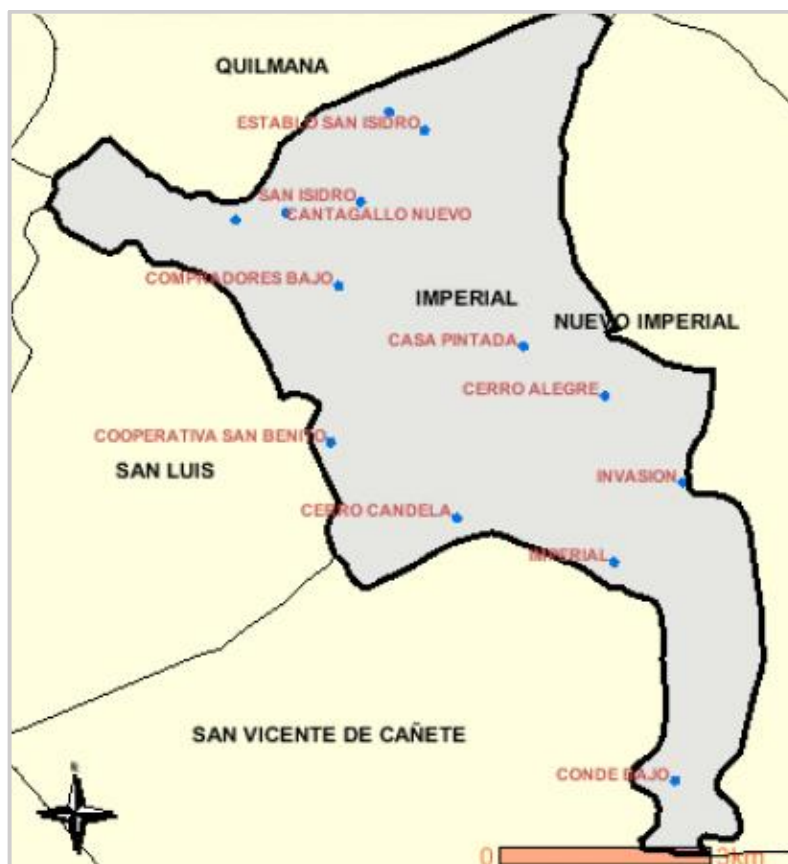


Figura N° 59 Plano de ubicación del Centro Poblado Imperial

5.2. CONCESIONARIA ELÉCTRICA DE DISTRIBUCIÓN

La empresa de distribución eléctrica concesionaria en la provincia de Cañete es Luz del Sur S.A.A. a partir del año 2015, año en la que se fusionó con la empresa de Distribución Eléctrica Cañete S.A. (Edecañete).

Luz del Sur trabaja con redes eléctricas de distribución de media tensión con niveles de tensión de 10 y 22.9 kV, haciendo uso de un nivel de 10 kV para el Centro Poblado Imperial – Distrito de Imperial – Provincia de Cañete – Departamento de Lima.



Figura N° 60 Zona de concesión de Luz del Sur S.A.A.

5.3. DIAGNÓSTICO DE LA CARTILLA DE EVALUACIÓN

En una primera etapa se recopiló información previa a la visita de campo, donde se consiguió un panorama general de la ubicación y tipo de suelo, en el cual se localizan las Subestaciones Eléctricas Aéreas de Distribución, además se obtuvo información acerca del nivel de tensión que corresponde a la zona de estudio. Posteriormente la segunda etapa contempla el llenado de las cartillas y los resultados de las evaluaciones.

5.3.1. Primera etapa

Se indica el procedimiento que se realizó, previo al llenado de las cartillas de evaluación.



5.3.1.1. Plano de ubicación

Se requirió el plano de ubicación de las Subestaciones Eléctricas Aéreas de Distribución del Centro Poblado Imperial – Distrito de Imperial – Provincia de Cañete – Departamento de Lima, para obtener un panorama general.



Figura N° 61 Plano de ubicación de las Subestaciones Eléctricas Aéreas de Distribución (CAD)

Se aprecia en el plano de ubicación las simbologías designadas a las SAB y las SAM (ver Figura N° 62). Dichas simbologías según la **Norma DGE – Símbolos Gráficos en Electricidad** (2002), se entiende como:

- Subestación Aérea Biposte (SAB). 
- Subestación Aérea Monoposte (SAM). 

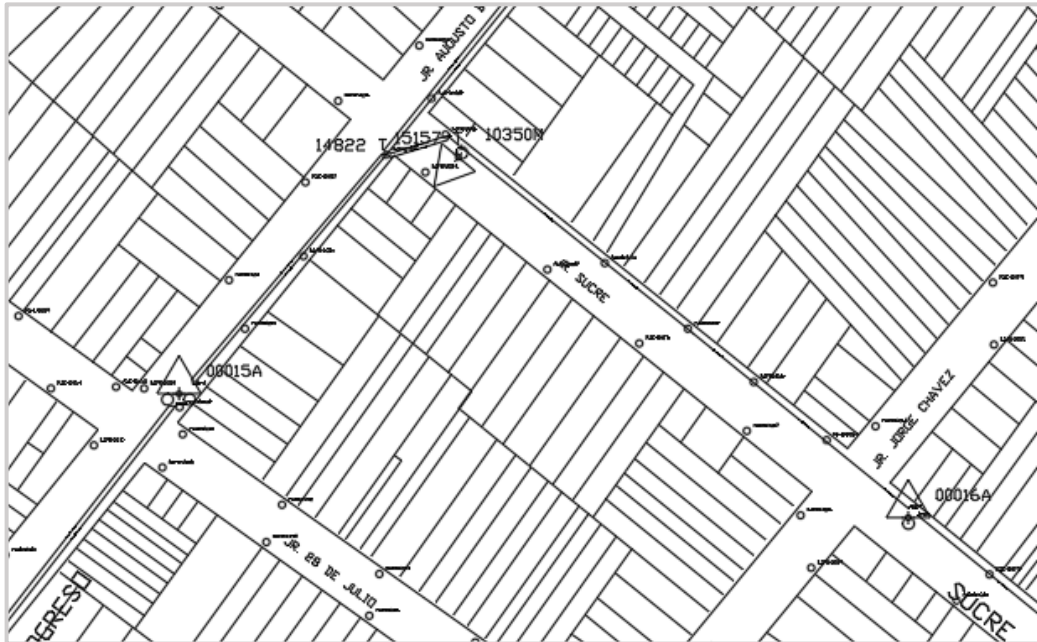


Figura N° 62 Simbología de las SAB y SAM en plano de ubicación (CAD)

5.3.1.2. Plano de zonificación sísmica

Para conocer los tipos de suelos que posee el Centro Poblado Imperial - Distrito de Imperial - Provincia de Cañete - Departamento de Lima, se tomó conocimiento del proyecto “**Zonas Geográficas con Gestión de Información Sísmica**”, el mismo que tuvo como una de sus actividades la “**Generación de Estudios Territoriales de Peligro Sísmico**” obteniéndose como resultado final, la ZONIFICACIÓN SÍSMICA – GEOTÉCNICA DE LAS ÁREAS URBANAS DE CHILCA, COAYLLO, HUMAY, IMPERIAL, NUEVO IMPERIAL, QUILMANÁ, SAN ANTONIO, SAN CLEMENTE Y SAN LUIS (2017), elaborado por el Instituto Geofísico del Perú (IGN) (ver Figura N° 63).

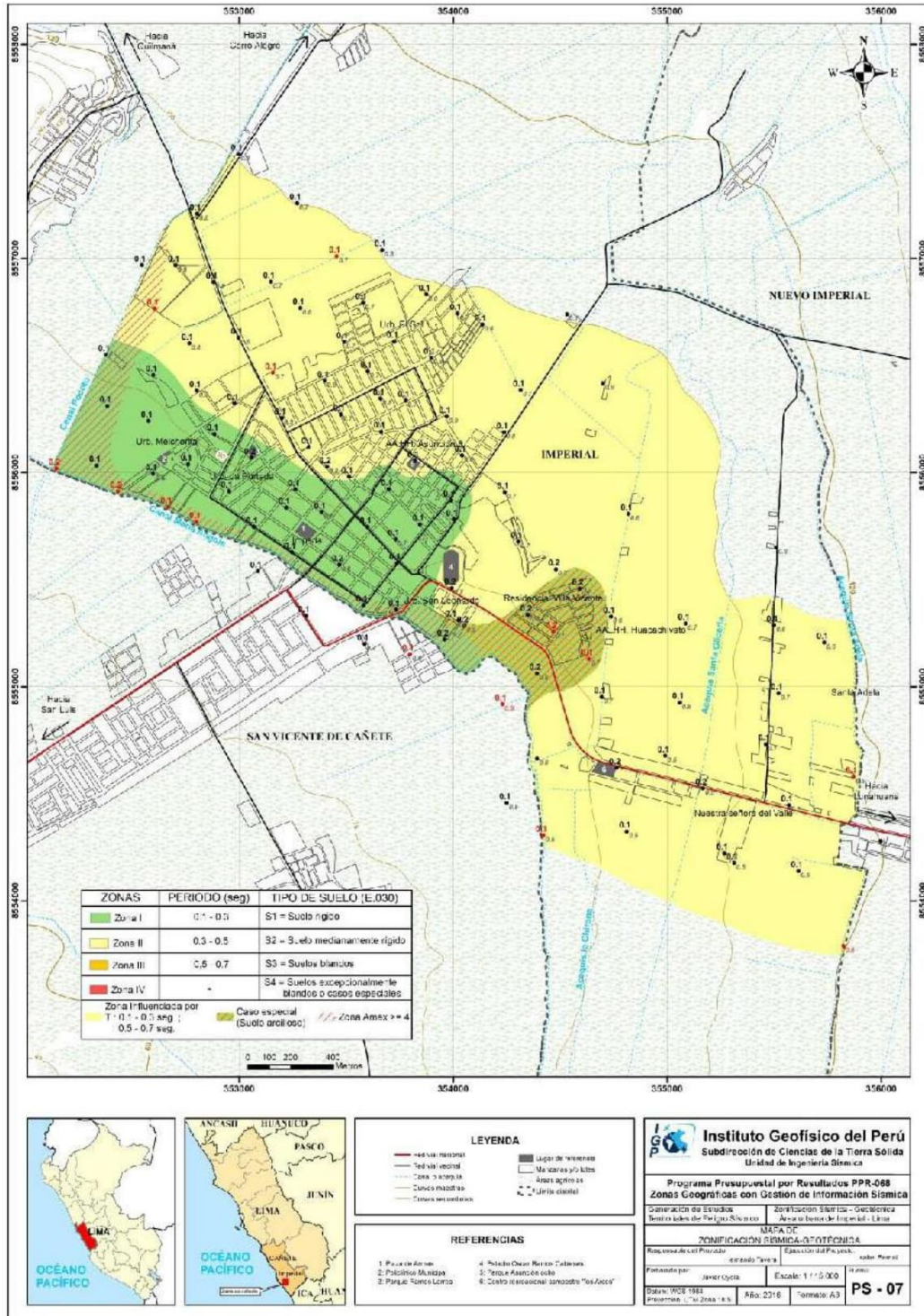


Figura N° 63 Mapa de zonificación sísmica – geotécnica del área urbana de Imperial (IGN, 2017)

5.3.1.3. Nivel de tensión

De acuerdo al portal del Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (Osinergmin), los niveles de tensión utilizados en el Distrito de Imperial – Provincia de Cañete – Departamento de Lima son los siguientes:

Tabla N° 6 Niveles de tensión en el Distrito de Imperial

CÓDIGO DE LA SUBESTACIÓN MT/BT	NOMBRE DE LA SUBESTACIÓN MT/BT	TENSIÓN NOMINAL BT(kV)	TENSIÓN NOMINAL MT(kV)
00101A	SED AEREA MONOPOSTE	0.22	10
00032A	SED AEREA MONOPOSTE	0.22	22.9
00408A	SED AEREA BIPOSTE	0.22	10
00684A	SED AEREA MONOPOSTE	0.22	22.9
00683A	SED AEREA MONOPOSTE	0.22	10
00114A	SED AEREA MONOPOSTE	0.22	10
00673A	SED AEREA BIPOSTE	0.22	10
00647A	SED AEREA MONOPOSTE	0.22	10
00112A	SED AEREA MONOPOSTE	0.22	10
00654A	SED AEREA MONOPOSTE	0.22	10
00022A	SED AEREA BIPOSTE	0.22	10
00031A	SED AEREA MONOPOSTE	0.22	22.9
00117A	SED AEREA BIPOSTE	0.22	10
00110A	SED AEREA BIPOSTE	0.22	10
00025A	SED AEREA MONOPOSTE	0.22	10
00733A	SED AEREA MONOPOSTE	0.22	22.9
00105A	SED AEREA MONOPOSTE	0.22	10
00016A	SED AEREA MONOPOSTE	0.22	10
00628A	SED AEREA MONOPOSTE	0.22	10
00034A	SED AEREA MONOPOSTE	0.22	22.9
00018A	SED AEREA BIPOSTE	0.22	10
00522A	SED AEREA MONOPOSTE	0.22	10
00667A	SED AEREA MONOPOSTE	0.22	10
00011A	SED AEREA BIPOSTE	0.22	10
00130A	SED AEREA MONOPOSTE	0.22	10
00405A	SED AEREA BIPOSTE	0.22	10
00021A	SED AEREA BIPOSTE	0.22	10
00107A	SED AEREA MONOPOSTE	0.22	10
00012A	SED AEREA BIPOSTE	0.22	10
00789A	SED AEREA MONOPOSTE	0.22	10
00126A	SED AEREA MONOPOSTE	0.22	10
00387A	SED AEREA MONOPOSTE	0.22	10
00475A	SED AEREA MONOPOSTE	0.22	10
00124A	SED AEREA MONOPOSTE	0.22	10
00106A	SED AEREA BIPOSTE	0.22	10
00013A	SED AEREA BIPOSTE	0.22	10
00685A	SED AEREA MONOPOSTE	0.22	22.9
00099A	SED AEREA MONOPOSTE	0.22	10

00675A	SED AEREA MONOPOSTE	0.22	10
00662A	SED AEREA MONOPOSTE	0.22	10
00009A	SED AEREA BIPOSTE	0.22	10
00024A	SED AEREA BIPOSTE	0.22	10
00118A	SED AEREA MONOPOSTE	0.22	10
00120A	SED AEREA BIPOSTE	0.22	10
00453A	SED AEREA MONOPOSTE	0.22	10
00033A	SED AEREA MONOPOSTE	0.22	22.9
00689A	SED AEREA MONOPOSTE	0.22	10
00700A	SED AEREA MONOPOSTE	0.22	10
00474A	SED AEREA MONOPOSTE	0.22	10
00648A	SED AEREA MONOPOSTE	0.22	10
00123A	SED AEREA MONOPOSTE	0.22	10
00015A	SED AEREA BIPOSTE	0.22	10
00378A	SED AEREA MONOPOSTE	0.22	10
00020A	SED AEREA BIPOSTE	0.22	10
00725A	SED AEREA TIPO SILLA	0.22	22.9
00100A	SED AEREA TIPO SILLA	0.22	10
00097A	SED AEREA BIPOSTE	0.22	10
00125A	SED AEREA MONOPOSTE	0.22	10
00786A	SED AEREA MONOPOSTE	0.22	22.9
00023A	SED AEREA BIPOSTE	0.22	10
00017A	SED AEREA BIPOSTE	0.22	10
00019A	SED AEREA BIPOSTE	0.22	10
00496A	SED AEREA MONOPOSTE	0.22	10
00133A	SED AEREA MONOPOSTE	0.22	10
00726A	SED AEREA MONOPOSTE	0.22	10
00803A	SED AEREA MONOPOSTE	0.22	10

Fuente: Osinergmin 2019

5.3.2. Segunda etapa

Se realizó el llenado de 27 cartillas de evaluación (ver Anexo "A"), las cual contienen recopilación de datos específicos y datos de cimentación observados en campo.

5.3.2.1. Resumen de datos específicos

En la Tabla N° 7 se resume los datos específicos recopilados en campo, los cuales son: tipología estructural y funcional, accesorios con su respectivo tipo de material como concreto armado simbolizado con la letra "C", y madera simbolizada con la letra "M", la altura del poste y la potencia del transformador que posee cada Subestación Eléctrica de Distribución.

Tabla N° 7 Datos específicos de la cartilla de evaluación

ITEM	TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL	NRO.	TIPOLOGÍA FUNCIONAL	POSTE	PLATAF. DE SOPORTE	PALOMILLA DOBLE	MÉNSULA	CRUCETA ASIMÉTRICA	CRUCETA SIMÉTRICA	ALTURA DEL POSTE (m)	POTENCIA DEL TRANSF. (kVA)	NIVEL DE TENSIÓN (kV)
01	SAB	0012	Fin de línea	C	C	C	--	--	C	13	250	10
02	SAB	0013	Fin de línea	C	C	C	--	M	--	13	250	10
03	SAB	0015	Alineamiento	C	C	C	--	M	--	13	400	10
04	SAM	0016	Alineamiento	C	C	--	--	M	--	13	100	10
05	SAB	0408	Fin de línea	C	C	C	C	M	--	13	250	10
06	SAB	0011	Fin de línea	C	C	C	--	M	C	13	250	10
07	SAB	0009	Fin de línea	C	C	M	C	---	--	13	250	10
08	SAM	0628	Alineamiento	C	C	--	--	M	--	13	100	10
09	SAM	0726	Fin de línea	C	C	--	--	M	--	13	100	10
10	SAM	0378	Alineamiento	C	C	--	--	M	C	13	100	10
11	SAB	0018	Alineamiento	C	C	C	--	M	--	13	250	10
12	SAB	0017	Alineamiento	C	C	C	--	M	--	13	250	10
13	SAB	0019	Alineamiento	C	C	C	--	M	--	13	160	10
14	SAB	0020	Fin de línea	C	C	C	--	M	--	13	250	10
15	SAM	0648	Fin de línea	C	C	--	--	M	--	13	100	10
16	SAB	0024	Alineamiento	C	C	C	--	M	--	13	250	10
17	SAB	0023	Alineamiento	C	C	C	--	M	--	13	250	10
18	SAB	0022	Alineamiento	C	C	C	--	M	--	13	250	10
19	SAB	0021	Fin de línea	C	C	C	C	---	--	13	400	10
20	SAM	0803	Fin de línea	C	C	--	--	M	--	13	100	10
21	SAM	0496	Alineamiento	C	C	--	--	M	--	13	100	10
22	SAB	0097	Fin de línea	C	C	C	--	---	C	13	160	10
23	SAM	0662	Alineamiento	C	C	--	--	M	--	13	100	10
24	SAM	0700	Fin de línea	C	C	--	C	M	--	13	100	10
25	SAM	0689	Fin de línea	C	C	--	--	M	--	13	50	10
26	SAB	0405	Fin de línea	C	C	C	--	M	--	13	400	10
27	SAM	0647	Fin de línea	C	C	--	--	M	--	13	100	10

Fuente: Elaboración propia

De la tabla anterior se observa que las Subestaciones Eléctricas Aéreas de Distribución evaluadas, se encuentran en el nivel de tensión de 10 kV, el rango de potencia del transformador oscila entre 50 a 400 kVA y todos los postes son de longitud 13 m.

5.3.2.2. Resumen de datos de cimentación

En la Tabla N° 8 se resume los datos de cimentación recopilados en campo, los cuales son: tipo de empotramiento, tipo de suelo y el estado del poste de concreto.

Tabla N° 8 Datos de cimentación de la cartilla de evaluación

ITEM	TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL	NRO.	TIPO DE EMPOTRAMIENTO	TIPO DE SUELO	ESTADO DEL POSTE DE CONCRETO
01	SAB	0012	Cimentado	S ₁	Tipo C
02	SAB	0013	Cimentado	S ₁	Sin daño
03	SAB	0015	Cimentado	S ₁	Tipo B2
04	SAM	0016	Cimentado	S ₁	Sin daño
05	SAB	0408	Cimentado	S ₁	Tipo C
06	SAB	0011	Cimentado	S ₁	Sin daño
07	SAB	0009	Cimentado	S ₁	Sin daño
08	SAM	0628	Cimentado	S ₁	Sin daño
09	SAM	0726	Cimentado	S ₁	Sin daño
10	SAM	0378	Cimentado	S ₁	Sin daño
11	SAB	0018	Cimentado	S ₁	Sin daño
12	SAB	0017	Cimentado	S ₂	Tipo C
13	SAB	0019	Cimentado	S ₂	Tipo C
14	SAB	0020	Cimentado	S ₁	Sin daño
15	SAM	0648	Cimentado	S ₂	Sin daño
16	SAB	0024	Cimentado	S ₂	Tipo C
17	SAB	0023	Cimentado	S ₂	Sin daño
18	SAB	0022	Cimentado	S ₂	Sin daño
19	SAB	0021	Cimentado	S ₂	Sin daño
20	SAM	0803	Cimentado	S ₂	Sin daño
21	SAM	0496	Cimentado	S ₂	Sin daño
22	SAB	0097	Cimentado	S ₁	Tipo CV
23	SAM	0662	Cimentado	S ₁	Sin daño
24	SAM	0700	Cimentado	S ₁	Sin daño
25	SAM	0689	Cimentado	S ₁	Sin daño
26	SAB	0405	Cimentado	S ₂	Tipo B1
27	SAM	0647	Cimentado	S ₂	Sin daño

Fuente: Elaboración propia

De la tabla anterior se concluye que las Subestaciones Eléctricas Aéreas de Distribución evaluadas, al ser cimentadas tendrán una longitud de empotramiento de 1.30 m por ser un poste de longitud de 13 m.

5.4. DIAGNÓSTICO DE LA EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD SÍSMICA

En una primera etapa, se recopiló información de las disposiciones geométricas de montaje, dimensionamientos y especificaciones técnicas de los elementos estructurales pertenecientes a las Subestaciones Eléctricas Aéreas de Distribución. Luego en la segunda etapa se realizó el procedimiento detallado en el Capítulo III, para el análisis de vulnerabilidad sísmica a través de Curvas de Fragilidad analíticas.

5.4.1. Primera etapa

Se recopiló información de las normas internas de Luz del Sur S.A.A., para conocer las disposiciones geométricas de montaje de las SAB y las SAM, también del dimensionamiento y especificaciones técnicas de los elementos estructurales, pertenecientes a las Subestaciones Eléctricas Aéreas de Distribución que poseen un nivel de tensión de 10 kV, y potencia del transformador de distribución que se encuentre en el rango de 50 a 400 kVA (información que se extrajo del diagnóstico de evaluación), para luego realizar un tabla resumen describiendo las medidas y distancias de las Subestaciones Eléctricas Aéreas de Distribución evaluadas en campo.

5.4.1.1. Disposiciones geométricas

En las normas de distribución **TI-7-530 “Subestación aérea biposte (SAB) de 50 hasta 250 kVA – Alimentación subterránea o aérea”** (2009), y **TI-7-535 “Subestación aérea biposte (SAB) de 250, 400 y 630 kVA – alimentación subterránea o aérea”** (2009), se indican las distancias de montaje entre los elementos estructurales que posee una SAB (ver Figura N° 64).

En las normas de distribución **TI-7-557 “Subestación aérea monoposte (SAM) hasta 100 kVA – 10kV (alimentación aérea – cable autosoportado)”** (2009), y **TI-7-560 “Subestación aérea monoposte (SAM) hasta 100 kVA – 10 kV (Alimentación aérea – cable desnudo) disposición tipo bandera”** (2009), se indican las distancias de montaje entre los elementos estructurales que posee una SAM (ver Figura N° 65).

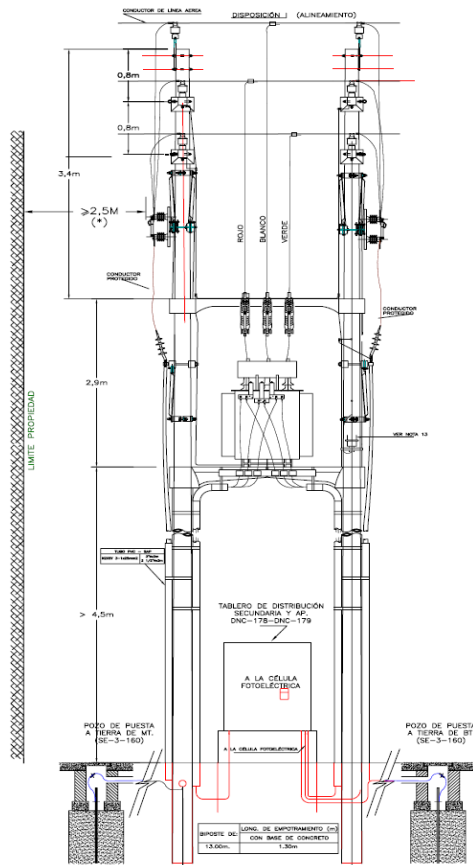


Figura N° 64 Montaje de los elementos estructurales que componen las SAB

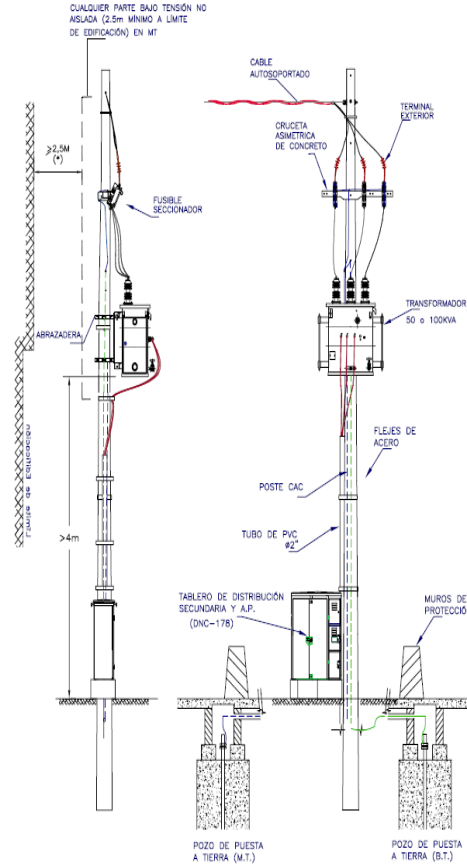


Figura N° 65 Montaje de los elementos estructurales que componen las SAM

En el Plano **DNC-133 "Crucetas y ménsulas de concreto armado para líneas aéreas de 10 kV"** (2000), se indican las distancias de las disposiciones entre ménsulas y/o crucetas (ver Figura N° 66).

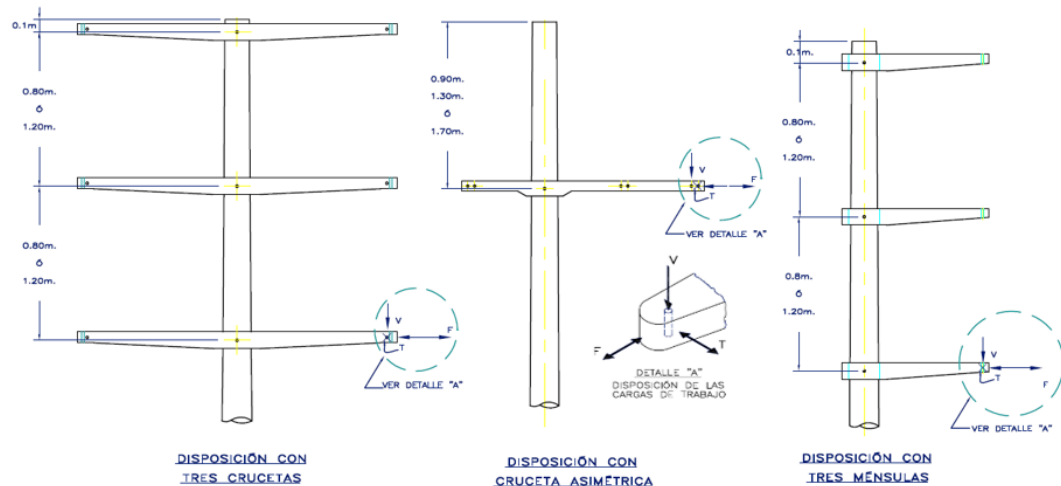


Figura N° 66 Disposiciones de ménsulas y crucetas en postes

En la Tabla N° 9 se resume las distancias de montaje entre elementos estructurales de cada Subestación Aérea de Distribución.

Tabla N° 9 Dimensionamiento de montaje

DISTANCIA DE MONTAJE	SAB	SAM
Ménsula/cruceta a Ménsula/cruceta (m)	0.80	0.80
Palomilla doble a Cima de poste (m)	3.40	-----
Plataforma de soporte a Palomilla doble (m)	2.90	-----
Nivel de suelo a Plataforma de soporte (m)	>4.50	>4.00

Fuente: DNC-133 "Crucetas y ménsulas de concreto armado para líneas aéreas de 10 kV" (2000)

5.4.1.2. Dimensionamiento y especificaciones técnicas

Se conocerá las dimensiones y especificaciones técnicas como resistencia mínima a la compresión del concreto ($f_c - kg/cm^2$), recubrimiento mínimo del concreto para el acero de refuerzo, resistencia a la fluencia del acero ($f_y - kg/cm^2$) y los diámetros de acero de refuerzo de cada elemento estructural que conforman las Subestaciones Eléctricas Aéreas de Distribución.

A. Poste de C.A.C. de 13 m

Los postes serán de forma troncocónica, sus secciones transversales serán circulares anulares.

En las especificaciones técnicas se tiene:

Tabla N° 10 Especificaciones técnicas del poste de 13 m

CONCRETO		ACERO	
Resistencia a la compresión (f_c)	350 kg/cm ²	Resistencia a la fluencia (f_y)	4200 kg/cm ²
Recubrimiento mínimo	20 mm	Estribo (aro)	Ø 1/4"
		Longitudinal	Ø 12 mm Ø 3/8"

Fuente: Elaboración propia

En el plano **DNC-098 "Postes de concreto para líneas aéreas hasta 22.9 kV (13 m)"** (2010), se indica la longitud y peso del poste de C.A.C., la carga de trabajo, los diámetros exteriores e interiores de la base y cima, además longitud de empotramiento (ver Figura N° 67) las cuales se observa en la siguiente tabla:

Tabla N° 11 Dimensionamiento y empotramiento de postes C.A.C. de 13 m

DESIGNACIÓN		13/300/180/375	13/400/180/375	13/500/180/375
LONGITUD	L1 (m)	13	13	13
	B1 (m)	1.60	1.60	1.60
	B2 (m)	1.00	1.00	1.00
CARGA DE TRABAJO (kg)		300	400	500
DIÁMETROS EXTERIORES	BASE \varnothing_{be} (mm)	375	375	375
	CIMA \varnothing_{ce} (mm)	180	180	180
DIÁMETROS INTERIORES	BASE \varnothing_{bi} (mm)	215	215	215
	CIMA \varnothing_{ci} (mm)	40	40	40
LONGITUD DE EMPOTRAMIENTO	L (m)	1.90	1.90	1.90
	L2 (m)	1.30	1.30	1.30
PESO APROX. (kg)		1632	1632	1632

Fuente: DNC-098 "Postes de concreto para líneas aéreas hasta 22.9 kV (13 m)" (2010)

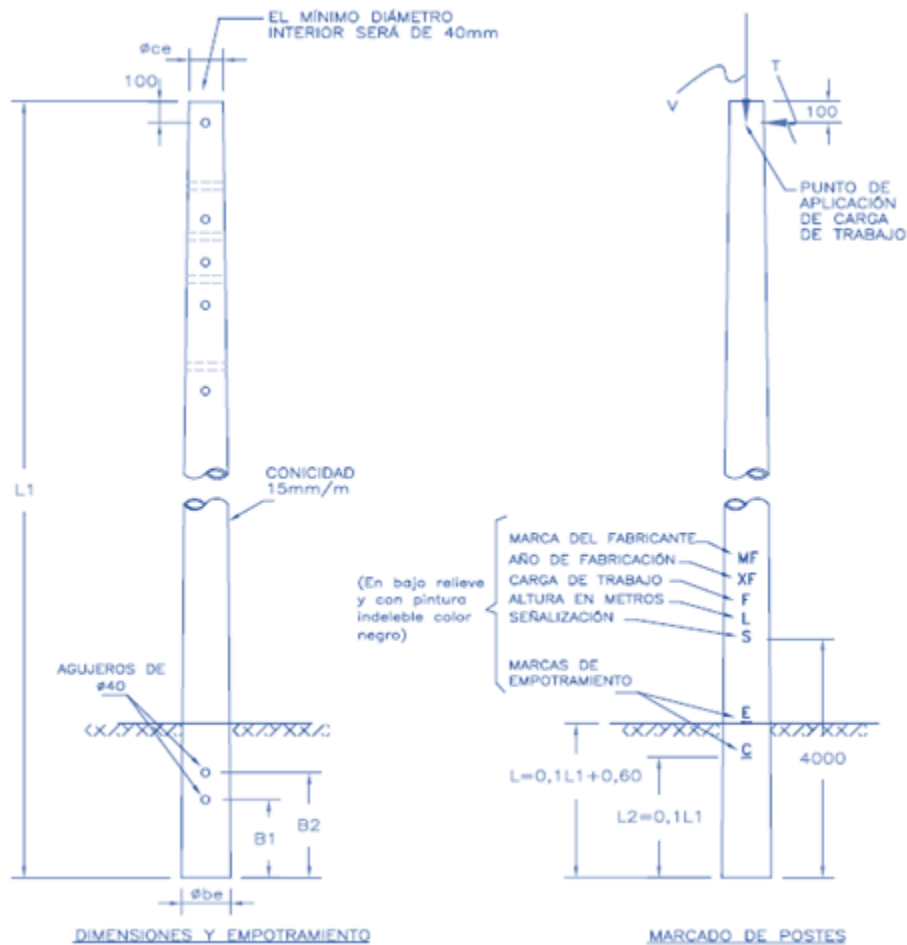


Figura N° 67 Dimensionamiento y empotramiento de postes C.A.C. de 13 m

En el plano **“Estructura poste C.A.C. 13/400/180/375”** (2005), se muestra la estructuración de la armadura de acero de refuerzo, en las diferentes secciones del poste de C.A.C. de longitud 13 m, carga de trabajo de 400 kg, diámetro de cima 180 mm y diámetro de base 375 mm (ver Figura N° 68).

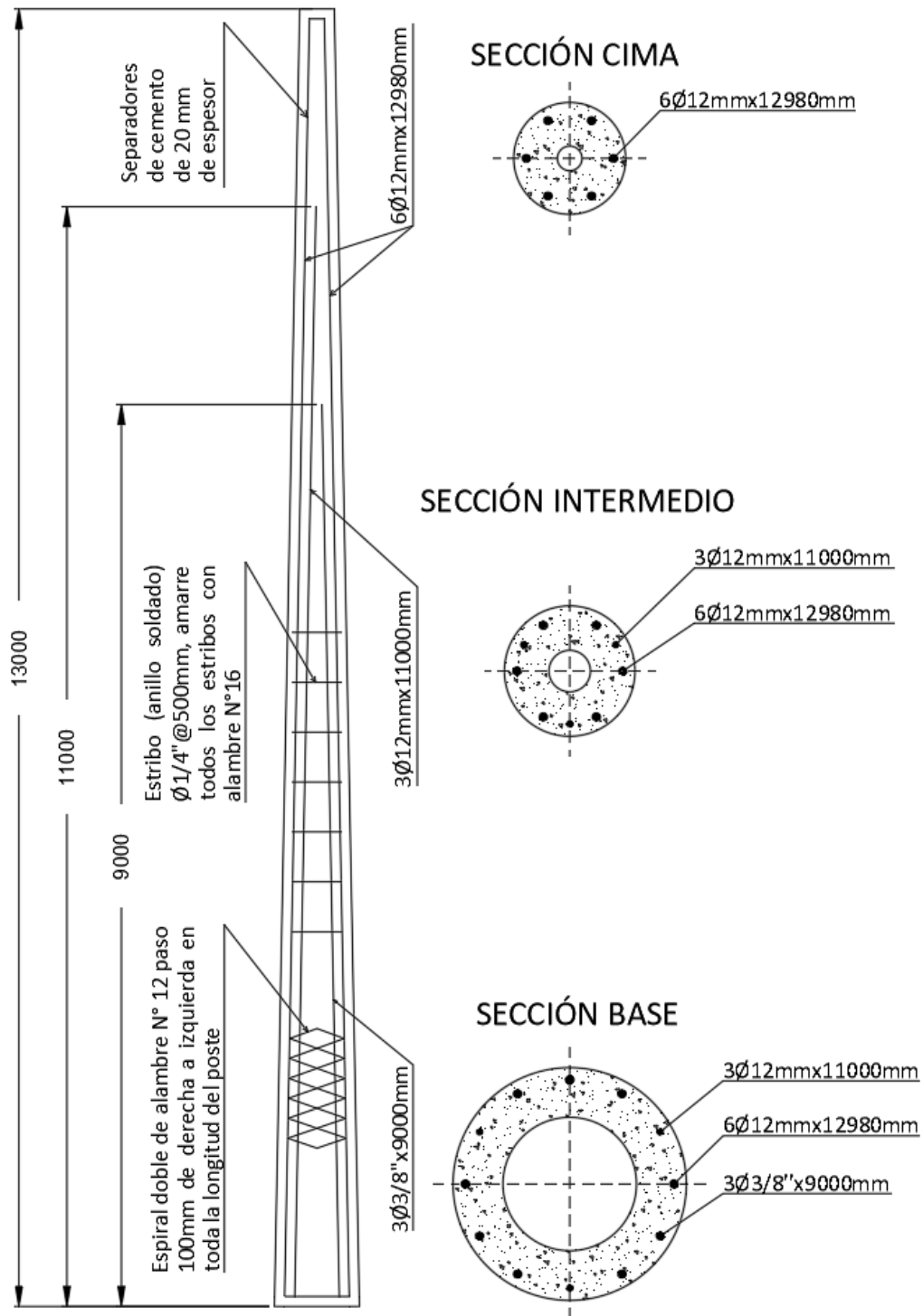


Figura N° 68 Estructuración de la armadura de acero de refuerzo del poste C.A.C. de 13 m

B. Transformadores de distribución

Los transformadores de distribución son los elementos eléctricos más importantes en las Subestaciones Eléctricas Aéreas de Distribución, por ello se elige la plataforma de soporte apropiada a su peso, también se elige la palomilla doble adecuada para la potencia instalada.

En la Tabla N° 12 se indica las potencias de los transformadores de distribución de 50 hasta 630 kVA, para un nivel de tensión de 10 kV las cuales condicionan las dimensiones (ver Figura N° 69), y peso aproximado del transformador de distribución.

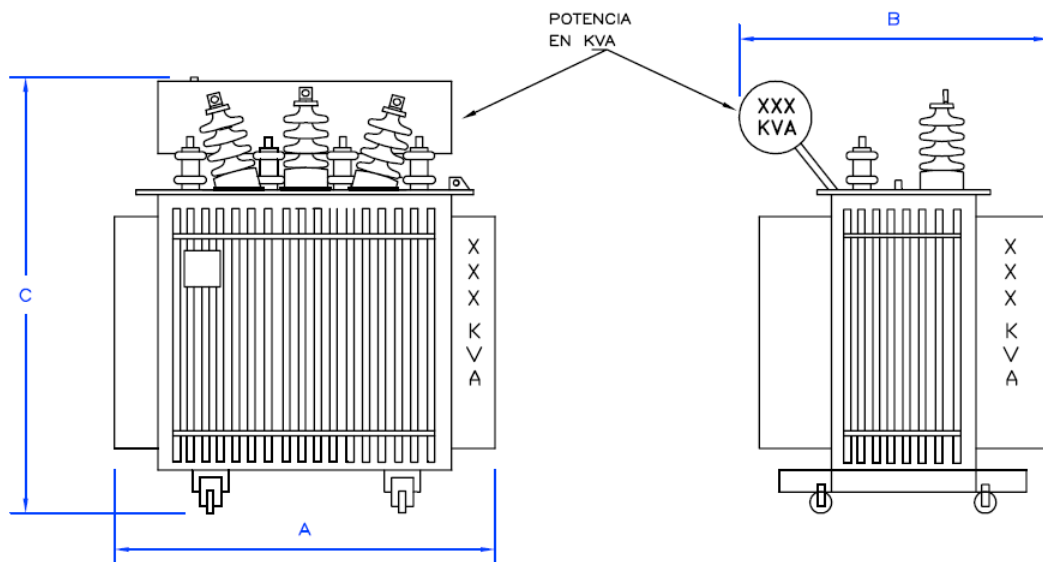


Figura N° 69 Dimensionamiento del transformador de distribución para un nivel de tensión 10kV

Tabla N° 12 Potencias del transformador de distribución para un nivel de tensión 10 kV

POTENCIA (kVA)	DIMENSIONES MAXIMAS (mm)			PESO APROX. (kg)
	A	B	C	
50	850	660	1300	315
75	950	690	1400	430
100	950	690	1400	515
160	1050	780	1530	710
250	1250	850	1600	1030
315	1380	1000	1650	1235
400	1380	1000	1650	1460
500	1400	1100	1650	1650
630	1400	1100	1650	1920

Fuente: TE-7-112 "Transformadores trifásicos convencionales de 50 hasta 630 kVA para 10 kV" (2012)

C. Plataforma de soporte para equipos de peso hasta 1500 kg

Las plataformas de soporte resisten el peso del transformador de distribución correspondiente a la Subestación Aérea de Distribución. En las SAB determinan la distancia de separación entre los postes de C.A.C.

Sus características básicas son:

- Material: Concreto Armado Vibrado.
- Peso propio aproximado: 150 kg por cada brazo de la plataforma.
- Peso máximo que soporta: 750 kg por cada brazo de la plataforma.

En las especificaciones técnicas se tiene:

Tabla N° 13 Especificaciones técnicas de la plataforma de soporte para equipos de peso hasta 1500 kg

CONCRETO		ACERO	
Resistencia a la compresión (f'c)	280 kg/cm ²	Resistencia a la fluencia (fy)	4200 kg/cm ²
Recubrimiento mínimo	15 mm	Estribo	Ø 1/4"
		Longitudinal	Ø 3/8"

Fuente: Elaboración propia

En la norma de distribución **TE-7-533 "Plataforma soporte para equipos de peso hasta 1500 Kg"** (2011), se muestra la geometría y dimensiones en mm de la plataforma de soporte (ver Figura N° 70).

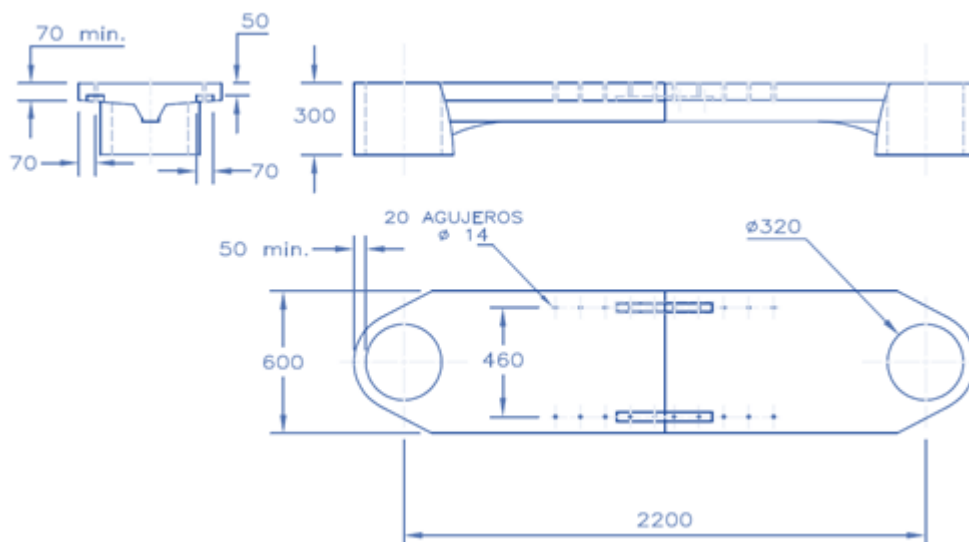


Figura N° 70 Geometría y dimensionamiento en mm de la plataforma de soporte para equipos de peso hasta 1500 kg

D. Plataforma de soporte para equipos de peso hasta 2600 kg

Las plataformas de soporte resisten el peso del transformador de distribución correspondiente a la Subestación Aérea de Distribución. En las SAB determinan la distancia de separación entre los postes de C.A.C.

Sus características básicas son:

- Material: Concreto Armado Vibrado.
- Peso propio aproximado: 180 kg por cada brazo de la plataforma.
- Peso máximo que soporta: 1300 kg por cada brazo de la plataforma.

En las especificaciones técnicas se tiene:

Tabla N° 14 Especificaciones técnicas de la plataforma de soporte para equipos de peso hasta 2600 kg

CONCRETO		ACERO	
Resistencia a la compresión (f'c)	280 kg/cm ²	Resistencia a la fluencia (fy)	4200 kg/cm ²
Recubrimiento mínimo	15 mm	Estribo	Ø 1/4"
		Longitudinal	Ø 3/8"

Fuente: Elaboración propia

En la norma de distribución **TE-7-543 "Plataforma soporte para equipos de peso hasta 2600 kg"** (2011), se muestra la geometría y dimensiones en mm de la plataforma de soporte (ver Figura N° 71).

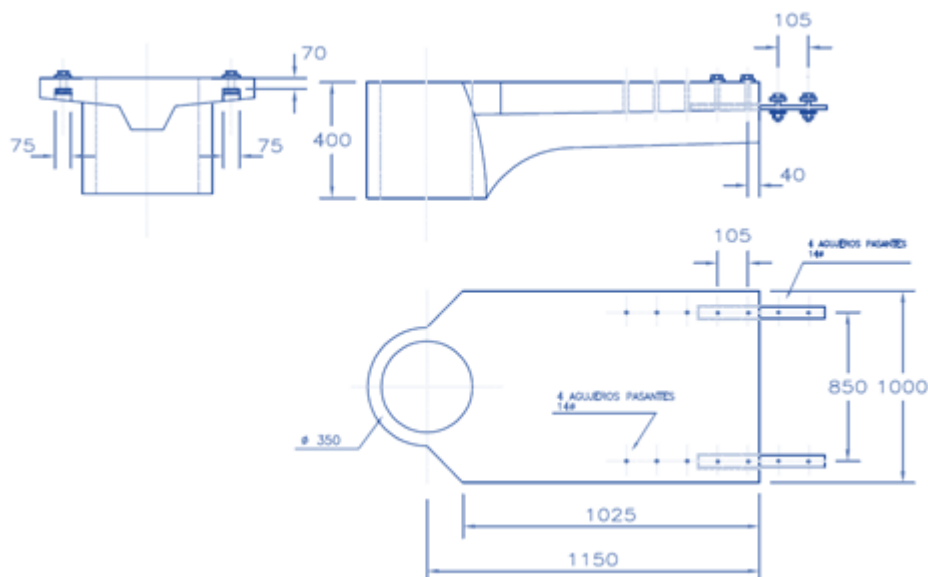


Figura N° 71 Geometría y dimensionamiento en mm de la plataforma de soporte para equipos de peso hasta 2600 kg

E. Palomilla doble de concreto armado hasta 250 kVA

Las palomillas doble se utiliza como soporte de fusibles seccionadores, su uso depende de la potencia del transformador de distribución correspondiente a la Subestación Aérea de Distribución. En las SAB determinan la distancia de separación entre los postes de C.A.C.

Sus características básicas son:

- Material: Concreto Armado Vibrado.
- Peso propio aproximado: 120 kg.
- Peso máximo que soporta: 60 kg.

En las especificaciones técnicas se tiene:

Tabla N° 15 Especificaciones técnicas de la palomilla doble de concreto armado hasta 250 kVA

CONCRETO		ACERO	
Resistencia a la compresión (f _c)	280 kg/cm ²	Resistencia a la fluencia (f _y)	4200 kg/cm ²
Recubrimiento mínimo	15 mm	Estribo	Ø 1/4"
		Longitudinal	Ø 3/8"

Fuente: Elaboración propia

En la norma de distribución **TE-7-532 "Palomilla doble de concreto armado hasta 250 kVA"** (2008), se muestra la geometría y dimensiones en mm de la palomilla doble (ver Figura N° 72).

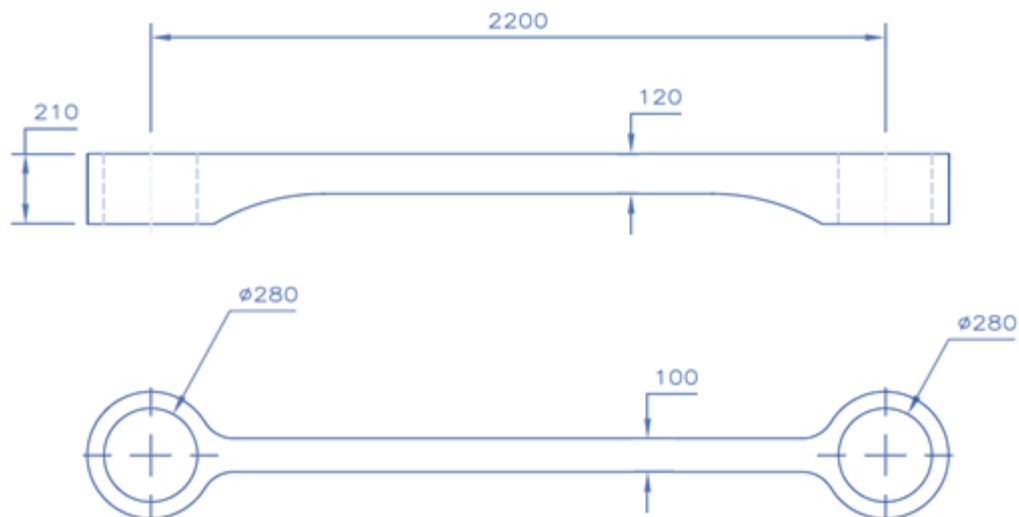


Figura N° 72 Geometría y dimensiones en mm de la palomilla doble de concreto armado hasta 250 kVA

F. Palomilla doble de concreto armado (250), 400 y 630 kVA

Las palomillas doble se utiliza como soporte de fusibles seccionadores, su uso depende de la potencia del transformador de distribución correspondiente a la Subestación Aérea de Distribución. En las SAB determinan la distancia de separación entre los postes de C.A.C.

Sus características básicas son:

- Material: Concreto Armado Vibrado.
- Peso propio aproximado: 130 kg.
- Peso máximo que soporta: 100 kg.

En las especificaciones técnicas se tiene:

Tabla N° 16 Especificaciones técnicas de la palomilla doble de concreto armado (250), 400 y 630 kVA

CONCRETO		ACERO	
Resistencia a la compresión (f_c)	280 kg/cm ²	Resistencia a la fluencia (f_y)	4200 kg/cm ²
Recubrimiento mínimo	15 mm	Estribo	Ø 1/4"
		Longitudinal	Ø 3/8"

Fuente: Elaboración propia

En la norma de distribución **TE-7-542 "Palomilla doble de concreto armado (250), 400 y 630 kVA"** (1987), se muestra la geometría y dimensiones en mm de la palomilla doble (ver Figura N° 73).

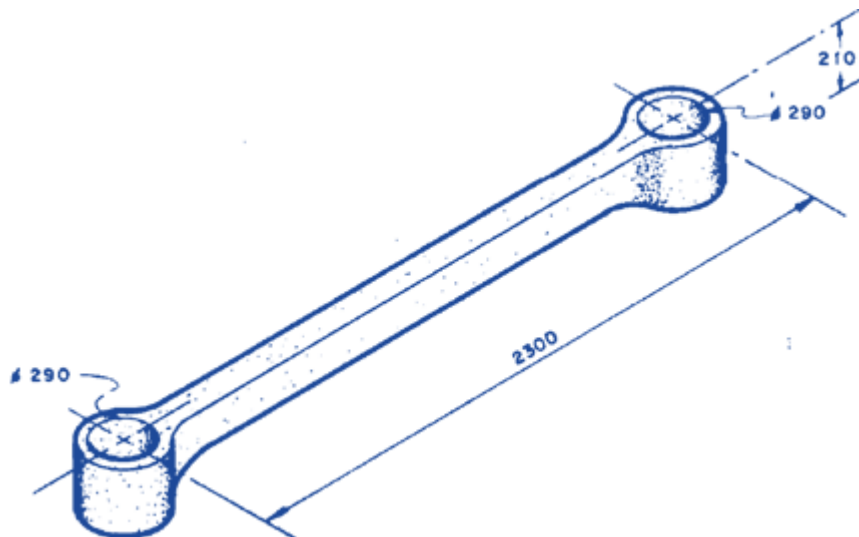


Figura N° 73 Geometría y dimensionamiento en mm de la palomilla doble de concreto armado (250), 400 y 630 kVA

G. Ménsula de concreto armado – 10 kV

La ménsula se utiliza en instalaciones de líneas con aisladores tipo PIN y cadenas de suspensión, en estructuras de alineamiento y anclaje de líneas aéreas de 10 kV. En las especificaciones técnicas se tiene:

Tabla N° 17 Especificaciones técnicas de la ménsula de concreto armado – 10 kV

CONCRETO		ACERO	
Resistencia a la compresión (f_c)	280 kg/cm ²	Resistencia a la fluencia (f_y)	4200 kg/cm ²
Recubrimiento mínimo	15 mm	Estribo	Ø 1/4"
		Longitudinal	Ø 3/8"

Fuente: Elaboración propia

En la norma de distribución **LE-7-015 “Ménsula de concreto armado – 10 kV”** (2005), se muestra la geometría y dimensiones en mm de la ménsula (ver Figura N° 74). El Ø variable (*) se refiere al agujero para montaje según diámetro del poste, además su longitud nominal (L_n) dependerá de la carga de trabajo que soporta en el extremo de la ménsula.

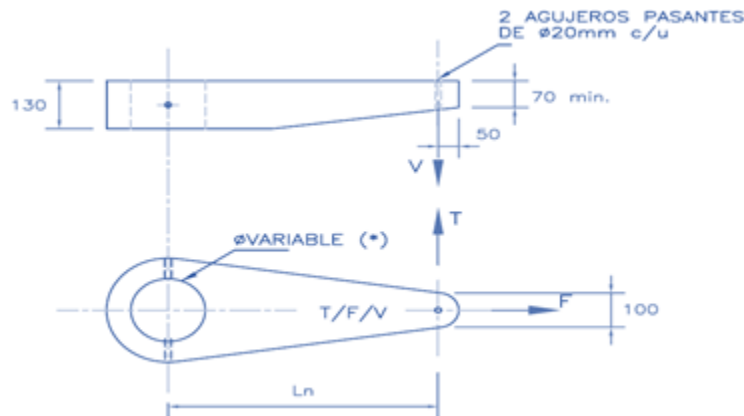


Figura N° 74 Geometría y dimensionamiento en mm de la ménsula

En la Tabla N° 18 se indica la longitud nominal (L_n), carga de trabajo transversal (T), carga de trabajo longitudinal (F), carga de trabajo vertical (V) y peso de los tipos de ménsulas, que se tiene para un nivel de tensión de 10 kV.

Tabla N° 18 Características técnicas de las ménsulas de concreto armado – 10 kV

DESIGNACIÓN	LONGITUD NOMINAL L_n (m)	CARGA DE TRABAJO (kg)			PESO APROX. (kg)
		T	F	V	
M/1.00/250	1.00	250	150	150	60
M/0.60/250	0.60	250	150	150	40

Fuente: DNC-133 “Cruceas y ménsulas de concreto armado para líneas aéreas de 10 kV” (2000)

H. Cruceta simétrica de concreto armado – 10 kV

La cruceta simétrica se utiliza en instalaciones de líneas con aisladores tipo PIN o de suspensión en estructuras de alineamiento, ángulo y anclaje de líneas aéreas de 10 kV. En las especificaciones técnicas se tiene:

Tabla N° 19 Especificaciones técnicas de la cruceta simétrica de concreto armado – 10 kV

CONCRETO		ACERO	
Resistencia a la compresión (f_c)	280 kg/cm ²	Resistencia a la fluencia (f_y)	4200 kg/cm ²
Recubrimiento mínimo	15 mm	Estribo	Ø 1/4"
		Longitudinal	Ø 3/8"

Fuente: Elaboración propia

En la norma de distribución **LE-7-016 “Cruceta de concreto armado – 10 kV”** (2004), se muestra la geometría y dimensiones en mm de la cruceta simétrica (ver Figura N° 75). El Ø variable (*) se refiere al agujero para montaje según diámetro del poste, además su longitud nominal (L_n) dependerá de la carga de trabajo que soporta en los extremos de la cruceta simétrica.

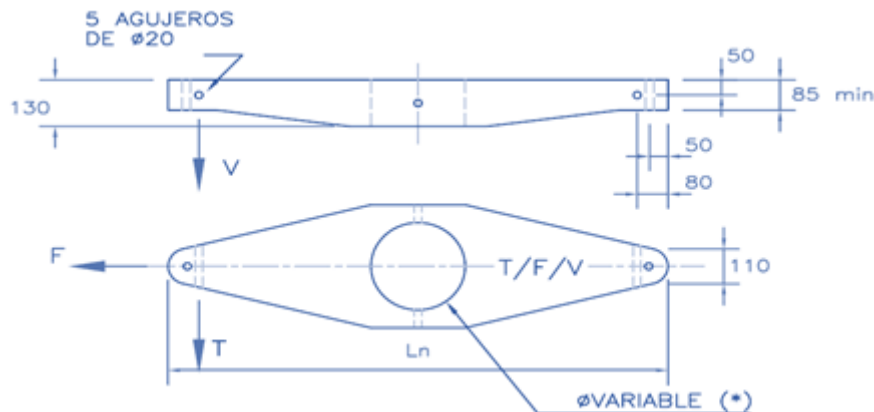


Figura N° 75 Geometría y dimensionamiento en mm de la cruceta simétrica

En la Tabla N° 20 se indica la longitud nominal (L_n), carga de trabajo transversal (T), carga de trabajo longitudinal (F), carga de trabajo vertical (V) y peso de los tipos de crucetas simétricas que se tiene para nivel tensión de 10 kV.

Tabla N° 20 Características técnicas de las crucetas simétricas de concreto armado – 10 kV.

DESIGNACIÓN	LONGITUD NOMINAL L_n (m)	CARGA DE TRABAJO (kg)			PESO APROX. (kg)
		T	F	V	
Z/1.20/300	1.20	300	300	150	80
Z/2.00/500	2.00	500	200	150	120

Fuente: DNC-133 “Crucetas y ménsulas de concreto armado para líneas aéreas de 10 kV” (2000)

I. Crucetas asimétrica de concreto armado – 10 kV

Su uso es para instalaciones de líneas con aisladores tipo PIN o de suspensión en estructuras de alineamiento, ángulo y anclaje de líneas aéreas de 10 kV. En las especificaciones técnicas se tiene:

Tabla N° 21 Especificaciones técnicas de la cruceta asimétrica de concreto armado – 10 kV

CONCRETO		ACERO	
Resistencia a la compresión (f_c)	280 kg/cm ²	Resistencia a la fluencia (f_y)	4200 kg/cm ²
Recubrimiento mínimo	15 mm	Estribo	Ø 1/4"
		Longitudinal	Ø 3/8"

Fuente: Elaboración propia

En la norma de distribución **LE-7-017 “Cruceta asimétrica de concreto armado – 10 kV”** (2004), se muestra la geometría y dimensiones en mm de la cruceta asimétrica (ver Figura N° 76). El Ø variable (*) se refiere al agujero para montaje según diámetro del poste, además su longitud nominal (L_n) dependerá de la carga de trabajo que soporta en los extremos de la cruceta asimétrica.

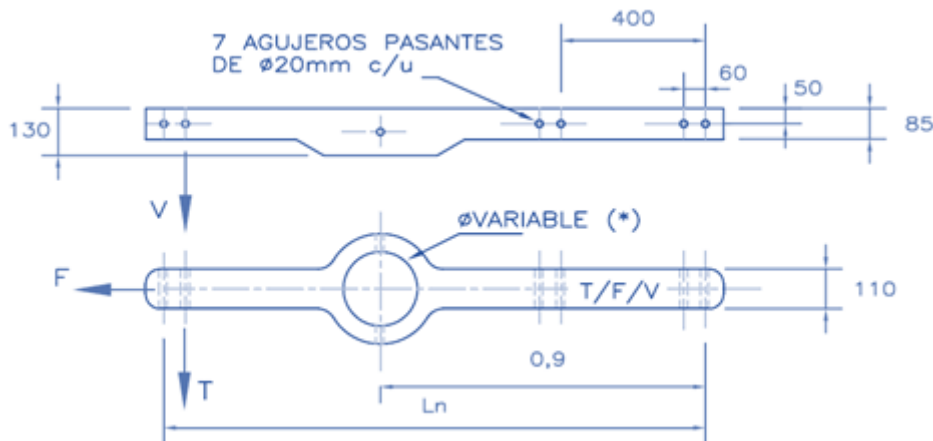


Figura N° 76 Geometría y dimensionamiento en mm de la cruceta asimétrica

En la Tabla N° 22 se indica la longitud nominal (L_n), carga de trabajo transversal (T), carga de trabajo longitudinal (F), carga de trabajo vertical (V) y peso de la cruceta asimétrica para el nivel de tensión de 10 kV.

Tabla N° 22 Características técnicas de las crucetas asimétricas de concreto armado – 10 kV

DESIGNACIÓN	LONGITUD NOMINAL L_n (m)	CARGA DE TRABAJO (kg)			PESO APROX. (kg)
		T	F	V	
Za/1.50/0.9/250	1.50	250	200	100	90

Fuente: DNC-133 “Crucetas y ménsulas de concreto armado para líneas aéreas de 10 kV” (2000)

5.4.1.3. Resultados

En la Tabla N° 23, se establece las longitudes nominales y pesos aproximados de las plataformas de soporte y palomillas dobles, correspondientes a las Subestaciones Eléctricas Aéreas de Distribución evaluadas.

Tabla N° 23 Clasificación de transformador de distribución, plataforma de soporte y palomilla doble

ITEM	TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL	NRO.	TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN		PLATAFORMA DE SOPORTE		PALOMILLA DOBLE	
			POTENCIA (kVA)	PESO APROX. (kg)	LONGITUD NOMINAL Ln (m)	PESO APROX. (kg)	LONGITUD NOMINAL Ln (m)	PESO APROX. (kg)
01	SAB	0012	250	1030	2.20	300	2.20	120
02	SAB	0013	250	1030	2.20	300	2.20	120
03	SAB	0015	400	1460	2.30	360	2.30	130
04	SAM	0016	100	515	1.10	150	-----	-----
05	SAB	0408	250	1030	2.20	300	2.20	120
06	SAB	0011	250	1030	2.20	300	2.20	120
07	SAB	0009	250	1030	2.20	300	-----	-----
08	SAM	0628	100	515	1.10	150	-----	-----
09	SAM	0726	100	515	1.10	150	-----	-----
10	SAM	0378	100	515	1.10	150	-----	-----
11	SAB	0018	250	1030	2.20	300	2.20	120
12	SAB	0017	250	1030	2.20	300	2.20	120
13	SAB	0019	160	710	2.20	300	2.20	120
14	SAB	0020	250	1030	2.20	300	2.20	120
15	SAM	0648	100	515	1.10	150	-----	-----
16	SAB	0024	250	1030	2.20	300	2.20	120
17	SAB	0023	250	1030	2.20	300	2.20	120
18	SAB	0022	250	1030	2.20	300	2.20	120
19	SAB	0021	400	1460	2.30	360	2.30	130
20	SAM	0803	100	515	1.10	150	-----	-----
21	SAM	0496	100	515	1.10	150	-----	-----
22	SAB	0097	160	710	2.20	300	2.20	120
23	SAM	0662	100	515	1.10	150	-----	-----
24	SAM	0700	100	515	1.10	150	-----	-----
25	SAM	0689	50	315	1.10	150	-----	-----
26	SAB	0405	400	1460	2.30	360	2.30	130
27	SAM	0647	100	515	1.10	150	-----	-----

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla N° 24, se establece las longitudes nominales y pesos aproximados de las crucetas y/o ménsulas de concreto armado, correspondientes a las Subestaciones Eléctricas Aéreas de Distribución evaluadas.

Tabla N° 24 Clasificación de ménsulas y crucetas simétricas

ITEM	TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL	NRO.	MÉNSULA		CRUCETA SIMÉTRICA	
			LONGITUD NOMINAL Ln (m)	PESO APROX. (kg)	LONGITUD NOMINAL Ln (m)	PESO APROX. (kg)
01	SAB	0012	----	----	1.20	80
02	SAB	0013	----	----	----	----
03	SAB	0015	----	----	----	----
04	SAM	0016	----	----	----	----
05	SAB	0408	1.00	60	----	----
			0.60	40	----	----
06	SAB	0011	----	----	1.20	80
07	SAB	0009	1.00	60	----	----
			1.00	60	----	----
			1.00	60	----	----
08	SAM	0628	----	----	----	----
09	SAM	0726	----	----	----	----
10	SAM	0378	----	----	1.20	80
11	SAB	0018	----	----	----	----
12	SAB	0017	----	----	----	----
13	SAB	0019	----	----	----	----
14	SAB	0020	----	----	----	----
15	SAM	0648	----	----	----	----
16	SAB	0024	----	----	----	----
17	SAB	0023	----	----	----	----
18	SAB	0022	----	----	----	----
19	SAB	0021	1.00	60	----	----
			0.60	40	----	----
20	SAM	0803	----	----	----	----
21	SAM	0496	----	----	----	----
22	SAB	0097	----	----	1.20	80
23	SAM	0662	----	----	----	----
24	SAM	0700	1.00	60	----	----
			1.00	60	----	----
			1.00	60	----	----
25	SAM	0689	----	----	----	----
26	SAB	0405	----	----	----	----
27	SAM	0647	----	----	----	----

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla N° 25, se establece las longitudes de cimentación, distancia de montaje de los elementos estructurales para los postes de longitud 13 m y distancia entre postes para las SAB, correspondientes a las Subestaciones Eléctricas Aéreas de Distribución evaluadas.

Tabla N° 25 Clasificación de las distancias de montaje

ITEM	TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL	NRO.	PESO TOTAL DE LA ESTRUCTURA (kg)	LONGITUD DEL POSTE (m)	LONGITUD DE CIMENTACIÓN (m)	DISTANCIA DE MONTAJE (m)				DISTANCIA ENTRE POSTES (m)
						NIVEL DE SUELO A PLATAFORMA DE SOPORTE	PLATAFORMA DE SOPORTE A PALOMILLA DOBLE	PALOMILLA DOBLE A CIMA DE POSTE	MÉNSULA/CRUCETA A MÉNSULA/CRUCETA	
01	SAB	0012	4874	13	1.30	5.40	2.90	3.40	0.80	2.20
02	SAB	0013	4714	13	1.30	5.40	2.90	3.40	0.80	2.20
03	SAB	0015	5214	13	1.30	5.40	2.90	3.40	0.80	2.30
04	SAM	0016	2297	13	1.30	5.40	----	----	0.80	----
05	SAB	0408	4914	13	1.30	5.40	2.90	3.40	0.80	2.20
06	SAB	0011	4874	13	1.30	5.40	2.90	3.40	0.80	2.20
07	SAB	0009	4954	13	1.30	5.40	----	----	0.80	2.20
08	SAM	0628	2297	13	1.30	5.40	----	----	0.80	----
09	SAM	0726	2297	13	1.30	5.40	----	----	0.80	----
10	SAM	0378	2377	13	1.30	5.40	----	----	0.80	----
11	SAB	0018	4714	13	1.30	5.40	2.90	3.40	0.80	2.20
12	SAB	0017	4714	13	1.30	5.40	2.90	3.40	0.80	2.20
13	SAB	0019	4394	13	1.30	5.40	2.90	3.40	0.80	2.20
14	SAB	0020	4714	13	1.30	5.40	2.90	3.40	0.80	2.20
15	SAM	0648	2297	13	1.30	5.40	----	----	0.80	----
16	SAB	0024	4714	13	1.30	5.40	2.90	3.40	0.80	2.20
17	SAB	0023	4714	13	1.30	5.40	2.90	3.40	0.80	2.20
18	SAB	0022	4714	13	1.30	5.40	2.90	3.40	0.80	2.20
19	SAB	0021	5414	13	1.30	5.40	2.90	3.40	0.80	2.30
20	SAM	0803	2297	13	1.30	5.40	----	----	0.80	----
21	SAM	0496	2297	13	1.30	5.40	----	----	0.80	----
22	SAB	0097	4554	13	1.30	5.40	2.90	3.40	0.80	2.20
23	SAM	0662	2297	13	1.30	5.40	----	----	0.80	----
24	SAM	0700	2477	13	1.30	5.40	----	----	0.80	----
25	SAM	0689	2097	13	1.30	5.40	----	----	0.80	----
26	SAB	0405	5214	13	1.30	5.40	2.90	3.40	0.80	2.30
27	SAM	0647	2297	13	1.30	5.40	----	----	0.80	----

Fuente: Elaboración propia

5.4.2. Segunda etapa

Luego de obtener la información y descripción de los 27 modelos estructurales evaluados en campo, se realiza el procedimiento detallado en el Capítulo III para el análisis de vulnerabilidad sísmica, a través de Curvas de Fragilidad basado en métodos analíticos probabilísticos.

El modelamiento de las Subestaciones Eléctricas Aéreas de Distribución se realizó considerando elementos estructurales de concreto armado, por ende no se consideró elementos de madera encontrados en campo. Asimismo no se consideró la tensión de los cables, debido que ante un movimiento sísmico los elementos de sujeción considerados en las especificaciones técnicas, son los primeros en fallar con lo cual la tensión del cable es igual a cero. Esto ocurre como medida de seguridad para el transformador de distribución, tal como se puede apreciar en la Figura N° 77 donde no se evidencia cable sujetando el colapso de la SAB, a diferencia de la Figura N° 78 donde el poste de alumbrado público conserva sus cables, luego de ocurrido el sismo en Pisco el 15 de agosto de 2007.



Figura N° 77 SAB luego del sismo en Pisco el 15 de agosto de 2007



Figura N° 78 Alumbrado público luego del sismo en Pisco el 15 de agosto de 2007

Los elementos de sujeción usados en las Subestaciones Eléctricas Aéreas de Distribución son los aisladores tipo PIN (ver Figura N° 79) y suspensión (ver Figura N° 80) que se ubican entre el cable y la ménsula y/o cruceta. Asimismo los elementos de protección eléctrica como los fusibles seccionadores aéreos (ver Figura N° 81) que se ubica entre el cable y la palomilla.



Figura N° 79 Aislador tipo
PIN



Figura N° 80 Aislador tipo
suspensión



Figura N° 81 Seccionador
fusible aéreo

Por un problema de espacio, solo se presentara los cálculos y análisis realizado a las Subestaciones Eléctricas Aéreas de Distribución: SAB Nro. 0021 y SAM Nro. 0628.

5.4.2.1. Diagrama Momento – Curvatura

Previamente se realizó la transformación de la sección circular hueca a una sección rectangular, tomándose como referencia la igualdad del área de concreto armado, resultando las siguientes ecuaciones:

$$h = De$$

$$b = \frac{\pi}{4} \left(\frac{De^2 - di^2}{De} \right)$$

Donde:

- h : Altura de la sección transformada.
- b : Base de la sección transformada.
- De : Diámetro exterior.
- di : Diámetro interior

Debido a la distribución del acero de refuerzo en los postes de concreto armado, se identificó 3 secciones diferentes, las cuales se denominan: sección base que contiene 9Ø 12 mm y 3Ø 3/8" (ver Figura N° 82), sección intermedia que contiene 9Ø 12 mm (ver Figura N° 83) y sección cima que contiene 6Ø 12 mm (ver Figura N° 84), además la profundidad del acero de refuerzo (d_n) se determina con respecto al borde superior de la sección transformada.

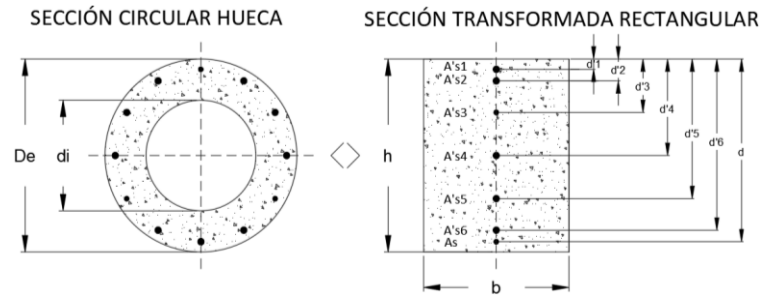


Figura N° 82 Sección base

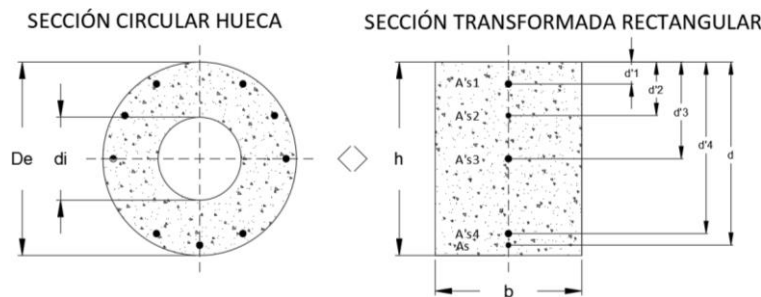


Figura N° 83 Sección intermedia

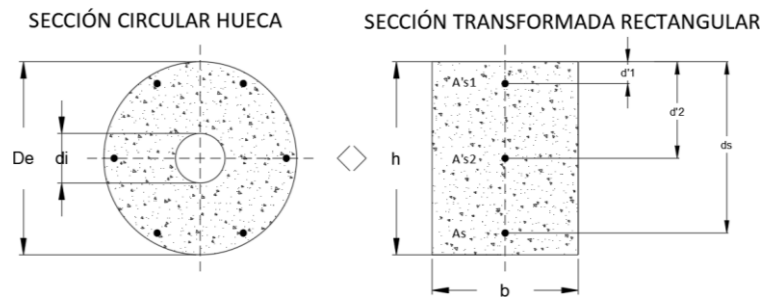


Figura N° 84 Sección cima

Asimismo los diagramas de Momento – Curvatura están influenciados fuertemente por la carga axial “N”, que son determinados respectivamente a la cantidad de elementos estructurales, que conforman las Subestaciones Eléctricas Aéreas de Distribución. Para definir el efecto de la carga axial, se consideró su valor igual a la segunda combinación de diseño que tiene lugar en la NTP E.030 para el caso de estructuras de concreto armado:

$$Combo2 = 1.25CM + 1.25CV + 1.00CS$$

Donde:

- CM: Carga muerta.
- CV: Carga viva.
- CS: Carga de servicio.

La combinación anterior es calculada en base al metrado de cargas muertas que recibe cada poste, según su área tributaria en planta y la cantidad de niveles que se sostiene cada elemento estructural, notándose que la carga axial varía según la altura analizada.

A. SAB Nro. 0021

A continuación se detalla el Diagrama Momento – Curvatura para la sección base de la SAB Nro. 0021 (ver Figura N° 85), la cual tiene una sección transformada de 0.19x0.34 m, con la configuración de acero de refuerzo indicada a continuación:

Distribución del acero por capa	Área del acero	Ordenadas del acero
1Ø 3/8"	= $A'_{s1} = 0.71 \text{ cm}^2$	$d'_1 = 0.02 \text{ m}$
2Ø 12 mm	= $A'_{s2} = 2.26 \text{ cm}^2$	$d'_2 = 0.04 \text{ m}$
2Ø 12 mm	= $A'_{s3} = 2.26 \text{ cm}^2$	$d'_3 = 0.09 \text{ m}$
2Ø 12 mm	= $A'_{s4} = 2.26 \text{ cm}^2$	$d'_4 = 0.17 \text{ m}$
2Ø 3/8"	= $A'_{s5} = 1.42 \text{ cm}^2$	$d'_5 = 0.24 \text{ m}$
2Ø 12 mm	= $A'_{s6} = 2.26 \text{ cm}^2$	$d'_6 = 0.30 \text{ m}$
1Ø 12 mm	= $A_s = 1.13 \text{ cm}^2$	$d = 0.32 \text{ m}$

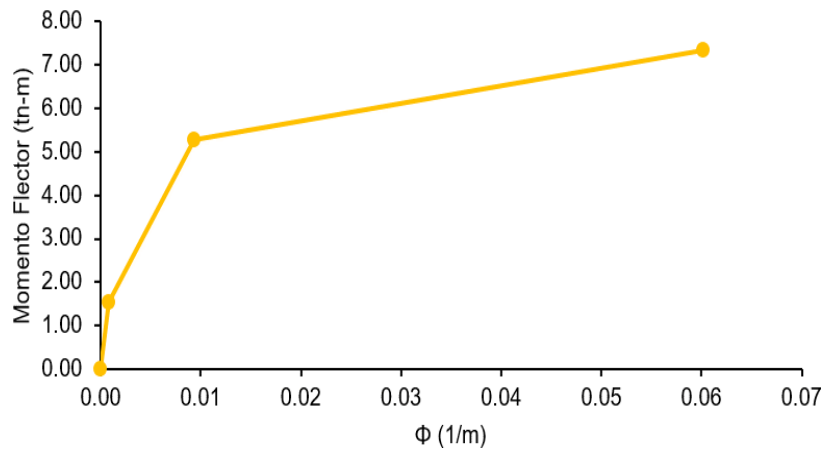


Figura N° 85 Diagrama Momento – Curvatura para la sección base de la SAB Nro. 0021

De la misma manera se detalla el Diagrama Momento – Curvatura para la sección intermedia de la SAB Nro. 0021 (ver Figura N° 86), la cual tiene una sección transformada de 0.16x0.24 m, con la configuración de acero de refuerzo indicada a continuación:

Distribución del acero por capa	Área del acero	Ordenadas del acero
2Ø 12 mm	= $A'_{s1} = 2.26 \text{ cm}^2$	$d'_1 = 0.03 \text{ m}$
2Ø 12 mm	= $A'_{s2} = 2.26 \text{ cm}^2$	$d'_2 = 0.07 \text{ m}$
2Ø 12 mm	= $A'_{s3} = 2.26 \text{ cm}^2$	$d'_3 = 0.12 \text{ m}$

$$\begin{aligned} 2\varnothing 12 \text{ mm} &= A'_{s4} = 2.26 \text{ cm}^2 & d'_4 &= 0.20 \text{ m} \\ \varnothing 12 \text{ mm} &= A_s = 1.13 \text{ cm}^2 & d &= 0.22 \text{ m} \end{aligned}$$

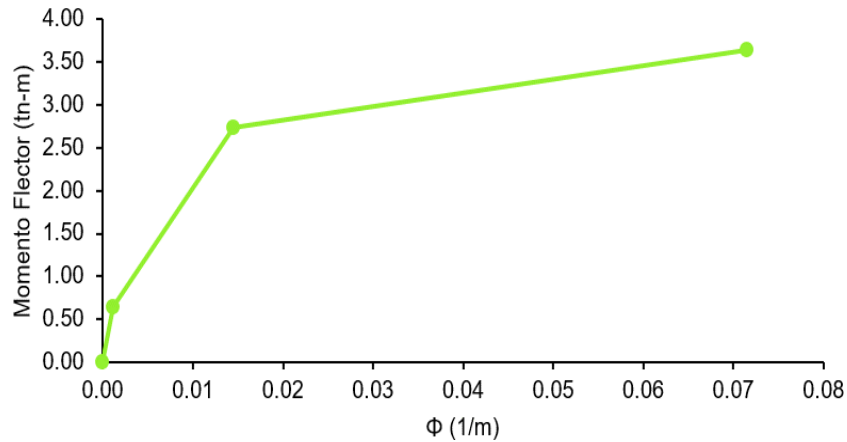


Figura N° 86 Diagrama Momento – Curvatura para la sección intermedia de la SAB Nro. 0021

Finalmente se detalla el Diagrama Momento – Curvatura para la sección cima de la SAB Nro. 0021 (ver Figura N° 87), la cual tiene una sección transformada de 0.15x0.21 m, con la configuración de acero de refuerzo indicada a continuación:

Distribución del acero por capa	Área del acero	Ordenadas del acero
$2\varnothing 12 \text{ mm}$	$= A'_{s1} = 2.26 \text{ cm}^2$	$d'_1 = 0.03 \text{ m}$
$2\varnothing 12 \text{ mm}$	$= A'_{s2} = 2.26 \text{ cm}^2$	$d'_2 = 0.10 \text{ m}$
$\varnothing 12 \text{ mm}$	$= A_s = 2.26 \text{ cm}^2$	$d = 0.17 \text{ m}$

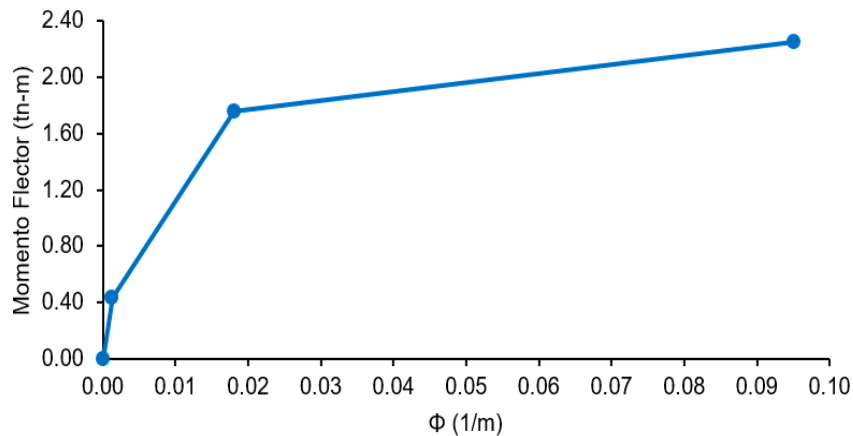


Figura N° 87 Diagrama Momento – Curvatura para la sección cima de la SAB Nro. 0021

B. SAM Nro. 0628

A continuación se detalla el Diagrama Momento – Curvatura para la sección base de la SAM Nro. 0628 (ver Figura N° 88), la cual tiene una sección transformada de 0.17x0.26 m, con la configuración de acero de refuerzo indicada a continuación:

Distribución del acero por capa	Área del acero	Ordenadas del acero
1Ø 3/8"	= $A'_{s1} = 0.71 \text{ cm}^2$	$d'_1 = 0.02 \text{ m}$
2Ø 12 mm	= $A'_{s2} = 2.26 \text{ cm}^2$	$d'_2 = 0.03 \text{ m}$
2Ø 12 mm	= $A'_{s3} = 2.26 \text{ cm}^2$	$d'_3 = 0.07 \text{ m}$
2Ø 12 mm	= $A'_{s4} = 2.26 \text{ cm}^2$	$d'_4 = 0.13 \text{ m}$
2Ø 3/8"	= $A'_{s5} = 1.42 \text{ cm}^2$	$d'_5 = 0.18 \text{ m}$
2Ø 12 mm	= $A'_{s6} = 2.26 \text{ cm}^2$	$d'_6 = 0.22 \text{ m}$
1Ø 12 mm	= $A_s = 1.13 \text{ cm}^2$	$d = 0.24 \text{ m}$

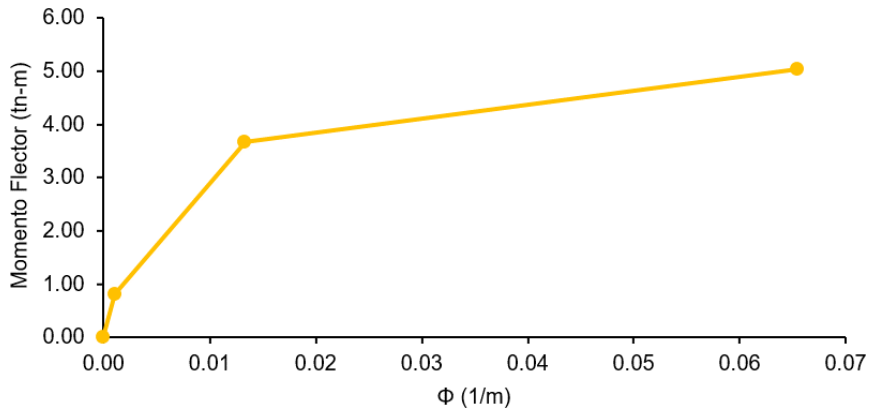


Figura N° 88 Diagrama Momento – Curvatura para la sección base de la SAM Nro. 0628

De la misma manera se detalla el Diagrama Momento – Curvatura para la sección intermedia de la SAM Nro. 0628 (ver Figura N° 89), la cual tiene una sección transformada de 0.15x0.21 m, con la configuración de acero de refuerzo indicada a continuación:

Distribución del acero por capa	Área del acero	Ordenadas del acero
2Ø 12 mm	= $A'_{s1} = 2.26 \text{ cm}^2$	$d'_1 = 0.03 \text{ m}$
2Ø 12 mm	= $A'_{s2} = 2.26 \text{ cm}^2$	$d'_2 = 0.06 \text{ m}$
2Ø 12 mm	= $A'_{s3} = 2.26 \text{ cm}^2$	$d'_3 = 0.11 \text{ m}$
2Ø 12 mm	= $A'_{s4} = 2.26 \text{ cm}^2$	$d'_4 = 0.18 \text{ m}$
1Ø 12 mm	= $A_s = 1.13 \text{ cm}^2$	$d = 0.19 \text{ m}$

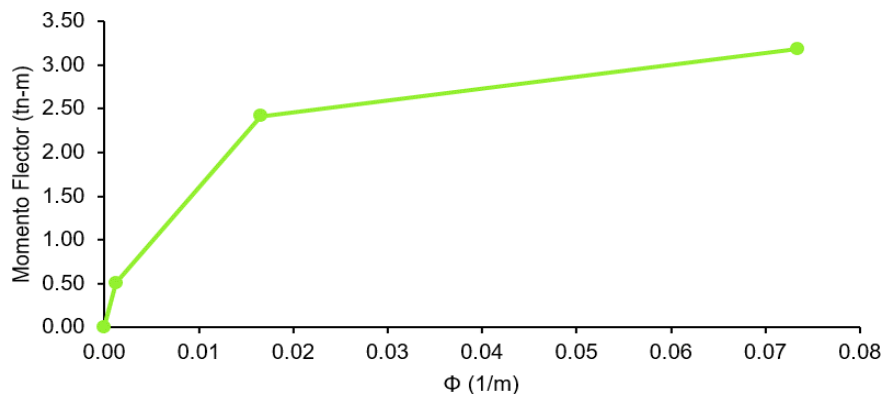


Figura N° 89 Diagrama Momento – Curvatura para la sección intermedia de la SAM Nro. 0628

Finalmente se detalla el Diagrama Momento – Curvatura para la sección cima de la SAM Nro. 0628 (ver Figura N° 90), la cual tiene una sección transformada de 0.14x0.18 m, con la configuración de acero de refuerzo indicada a continuación:

Distribución del acero por capa	Área del acero	Ordenadas del acero
2Ø 12 mm	= $A'_{s1} = 2.26 \text{ cm}^2$	$d'_1 = 0.03 \text{ m}$
2Ø 12 mm	= $A'_{s2} = 2.26 \text{ cm}^2$	$d'_2 = 0.09 \text{ m}$
2Ø 12 mm	= $A_s = 2.26 \text{ cm}^2$	$d = 0.15 \text{ m}$

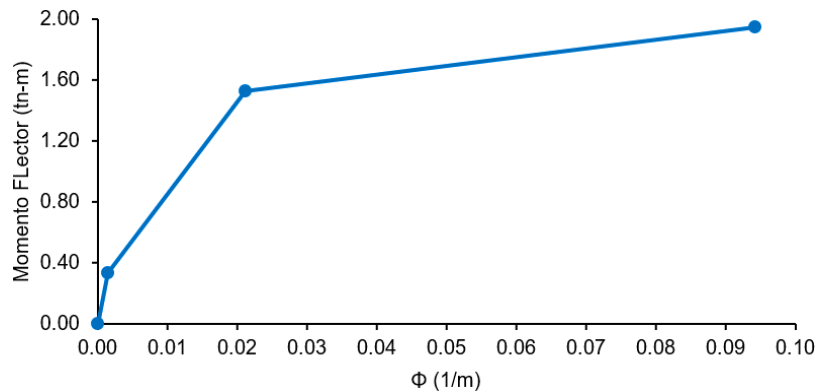


Figura N° 90 Diagrama Momento – Curvatura para la sección cima de la SAM Nro. 0628

5.4.2.2. Diagrama Momento – Rotación

A. SAB Nro. 0021

A continuación se detalla el Diagrama Momento – Rotación para la sección base de la SAB Nro. 0021 (ver Figura N° 91), dicho diagrama se encuentran escalados en función a la rotación plástica de fluencia θ_y en el eje de las abscisas y en función al momento flector de fluencia M_y en el eje de las ordenadas.

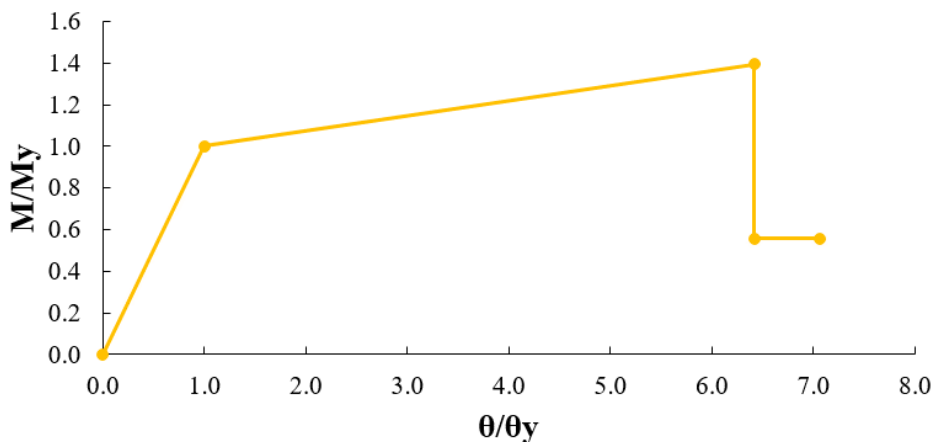


Figura N° 91 Diagrama Momento – Rotación para la sección base de la SAB Nro. 0021

Asimismo, para poder definir las rotulas plásticas en el software de ingeniería SAP2000, se realiza un traslado del Diagrama Momento – Rotación en su eje de abscisas (ver Figura N° 92).

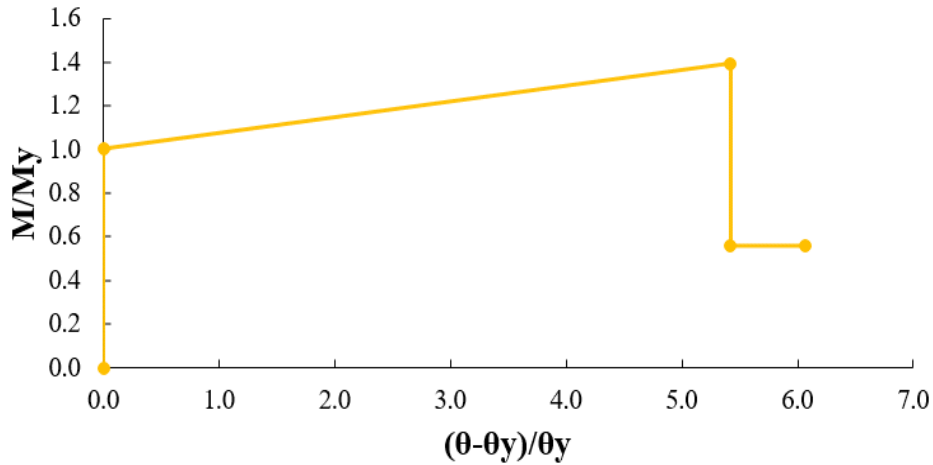


Figura N° 92 Traslado del Diagrama Momento – Rotación para la sección base de la SAB Nro. 0021

De la misma manera se detalla el Diagrama Momento – Rotación para la sección intermedia de la SAB Nro. 0021 (ver Figura N° 93), dicho diagrama se encuentran escalados en función a la rotación plástica de fluencia θ_y en el eje de las abscisas y en función al momento flector de fluencia M_y en el eje de las ordenadas.

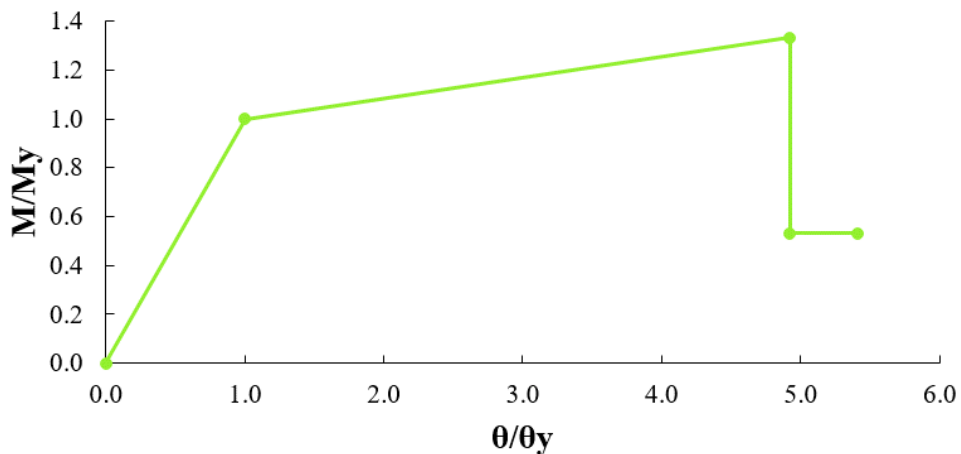


Figura N° 93 Diagrama Momento – Rotación para la sección intermedia de la SAB Nro. 0021

Asimismo, para poder definir las rotulas plásticas en el software de ingeniería SAP2000, se realiza un traslado del Diagrama Momento – Rotación en su eje de abscisas (ver Figura N° 94).

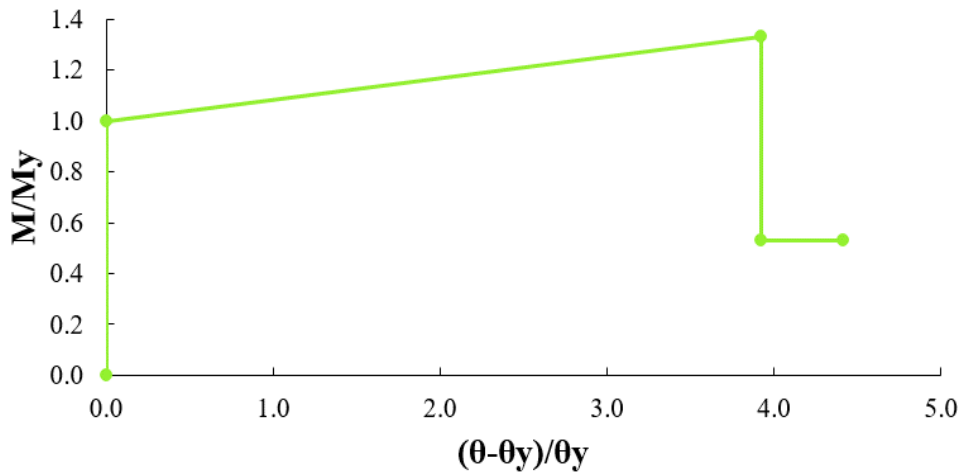


Figura N° 94 Traslado del Diagrama Momento – Rotación para la sección intermedia de la SAB Nro. 0021

Finalmente se detalla el Diagrama Momento – Rotación para la sección cima de la SAB Nro. 0021 (ver Figura N° 95), dicho diagrama se encuentran escalados en función a la rotación plástica de fluencia θ_y en el eje de las abscisas y en función al momento flector de fluencia M_y en el eje de las ordenadas.

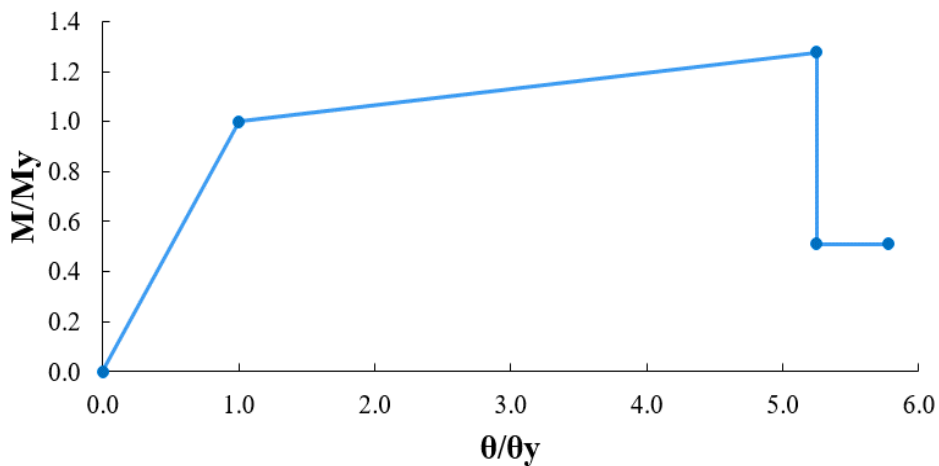


Figura N° 95 Diagrama Momento – Rotación para la sección cima de la SAB Nro. 0021

Asimismo, para poder definir las rotulas plásticas en el software de ingeniería SAP2000, se realiza un traslado del Diagrama Momento – Rotación en su eje de abscisas (ver Figura N° 96).

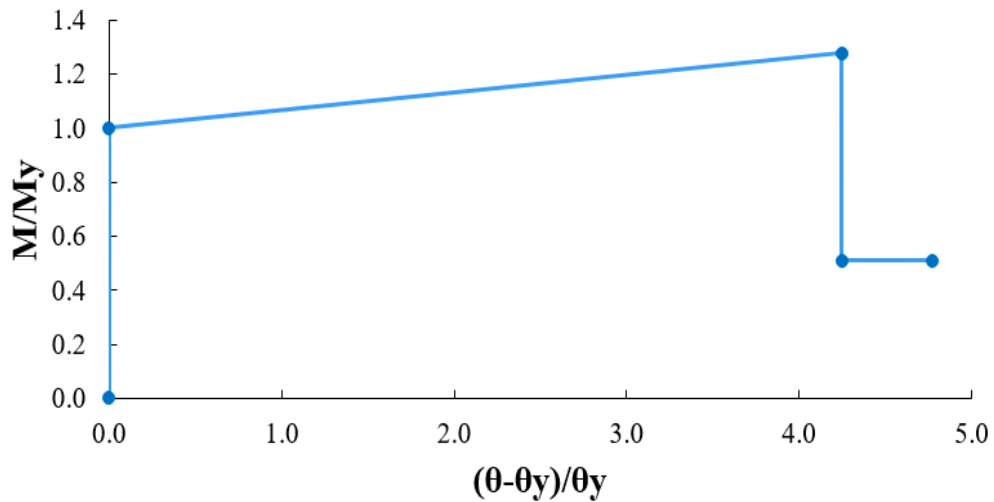


Figura N° 96 Traslado del Diagrama Momento – Rotación para la sección cima de la SAB Nro. 0021

B. SAM Nro. 0628

A continuación se detalla el Diagrama Momento – Rotación para la sección base de la SAM Nro. 0628 (ver Figura N° 97), dicho diagrama se encuentran escalados en función a la rotación plástica de fluencia θ_y en el eje de las abscisas y en función al momento flector de fluencia M_y en el eje de las ordenadas.

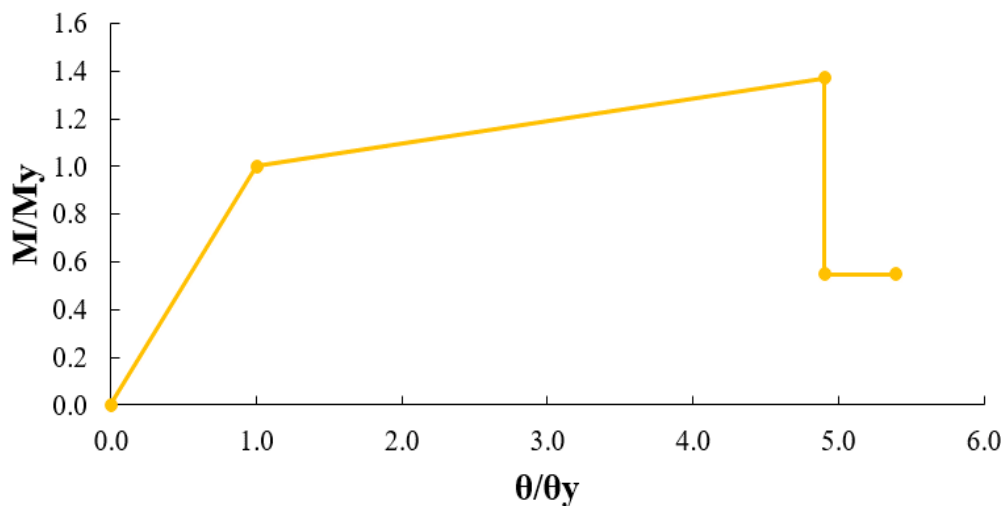


Figura N° 97 Diagrama Momento – Rotación para la sección base de la SAM Nro. 0628

Asimismo, para poder definir las rotulas plásticas en el software de ingeniería SAP2000, se realiza un traslado del Diagrama Momento – Rotación en su eje de abscisas (ver Figura N° 98).

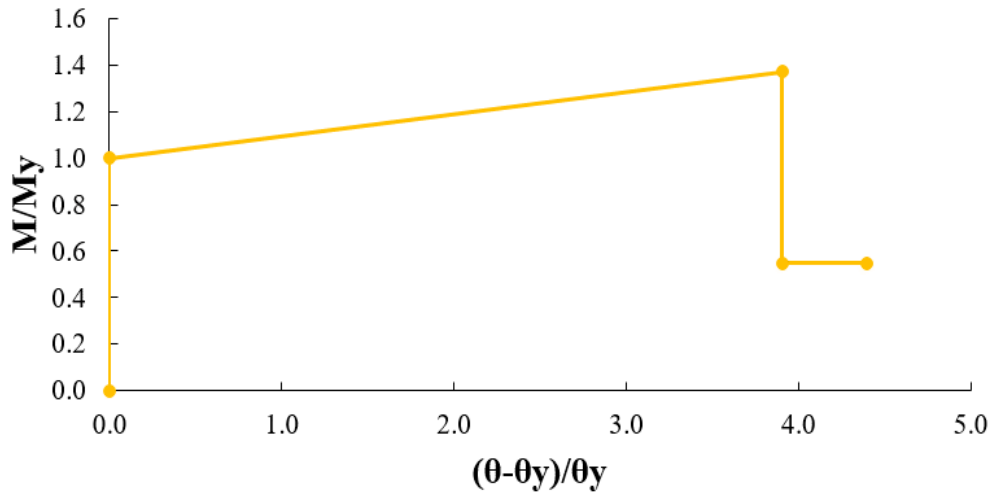


Figura N° 98 Traslado del Diagrama Momento – Rotación para la sección base de la SAM Nro. 0628

De la misma manera se detalla el Diagrama Momento – Rotación para la sección intermedia de la SAM Nro. 0628 (ver Figura N° 99), dicho diagrama se encuentran escalados en función a la rotación plástica de fluencia θ_y en el eje de las abscisas y en función al momento flector de fluencia M_y en el eje de las ordenadas.

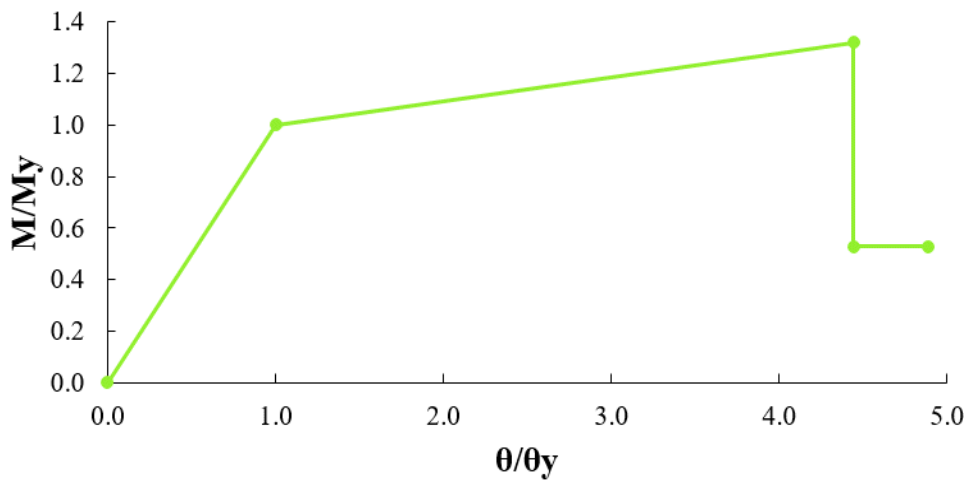


Figura N° 99 Diagrama Momento – Rotación para la sección intermedia de la SAM Nro. 0628

Asimismo, para poder definir las rotulas plásticas en el software de ingeniería SAP2000, se realiza un traslado del Diagrama Momento – Rotación en su eje de abscisas (ver Figura N° 100).

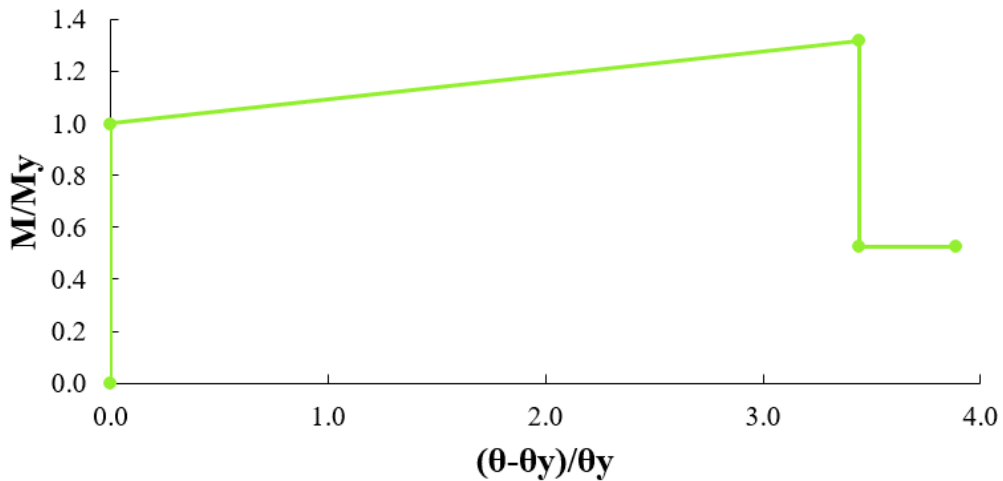


Figura N° 100 Traslado del Diagrama Momento – Rotación para la sección intermedia de la SAM Nro. 0628

Finalmente se detalla el Diagrama Momento – Rotación para la sección cima de la SAM Nro. 0628 (ver Figura N° 101, dicho diagrama se encuentran escalados en función a la rotación plástica de fluencia θ_y en el eje de las abscisas y en función al momento flector de fluencia M_y en el eje de las ordenadas.

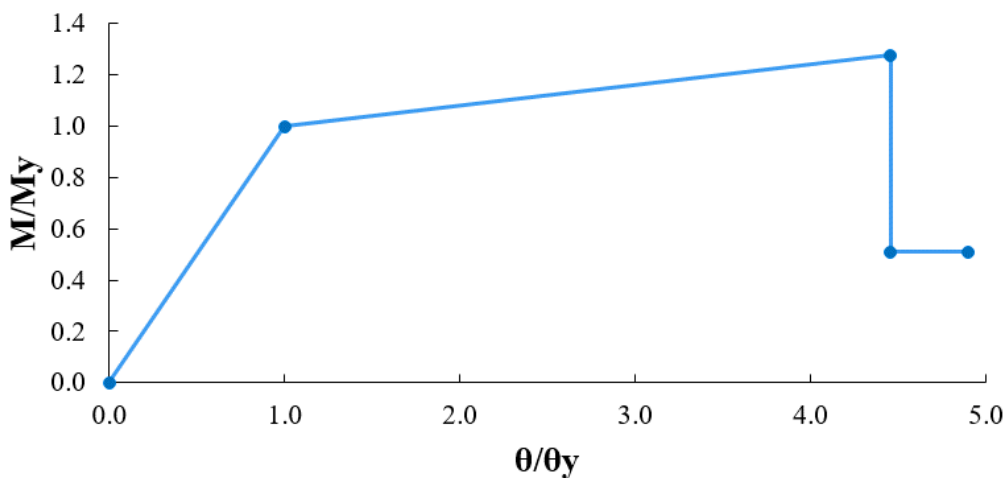


Figura N° 101 Diagrama Momento – Rotación para la sección cima de la SAM Nro. 0628

Asimismo, para poder definir las rotulas plásticas en el software de ingeniería SAP2000, se realiza un traslado del Diagrama Momento – Rotación en su eje de abscisas (ver Figura N° 102).

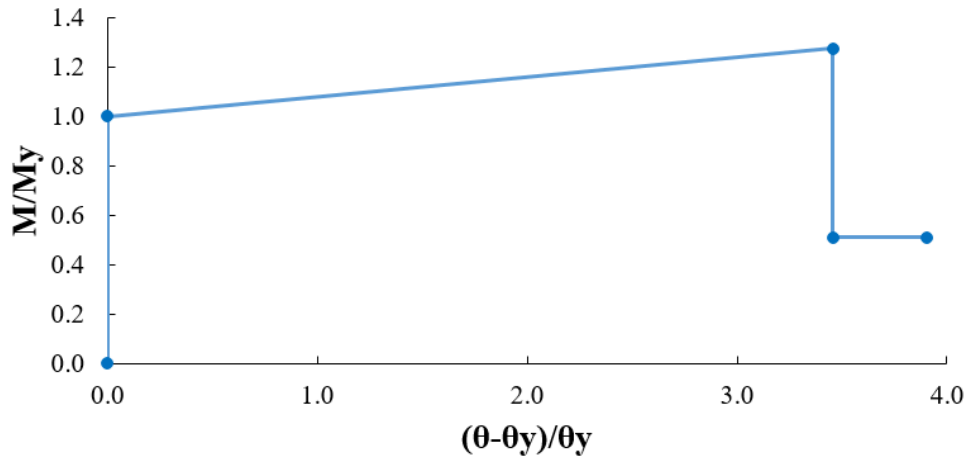


Figura N° 102 Traslado del Diagrama Momento – Rotación para la sección cima de la SAM Nro. 0628

5.4.2.3. Análisis Pushover y los Estados Límites de daños

Previamente a definir los estados límites de daños en la curva de capacidad, la cual se obtiene del análisis pushover, se analiza el sentido más desfavorable, donde el modelo estructural sufre mayores daños durante la acción sísmica. Esto se percibe en la curva de capacidad, donde existe mayor desplazamiento a menor fuerza cortante en la base.

A. SAB Nro. 0021

– Dirección en X

La curva de capacidad en la dirección X (ver Figura N° 103), expresa que para cada desplazamiento en un estado límite de daño, se requiere de mayor fuerza cortante en la base comparada con la dirección Y. Esto se comprueba en la siguiente tabla:

Tabla N° 26 Valores de los desplazamiento en la dirección X de la SAB Nro. 0021

Estados Límites de Daño	Desplazamiento (m)	Fuerza cortante en la Base (kg)	Desplazamiento relativo por altura
Fisura	0.035	1950.58	0.30%
Abertura de Fisura	0.053	2925.88	0.45%
Fluencia	0.172	8282.22	1.47%
Colapso	0.243	9752.92	2.08%

Fuente: Elaboración propia

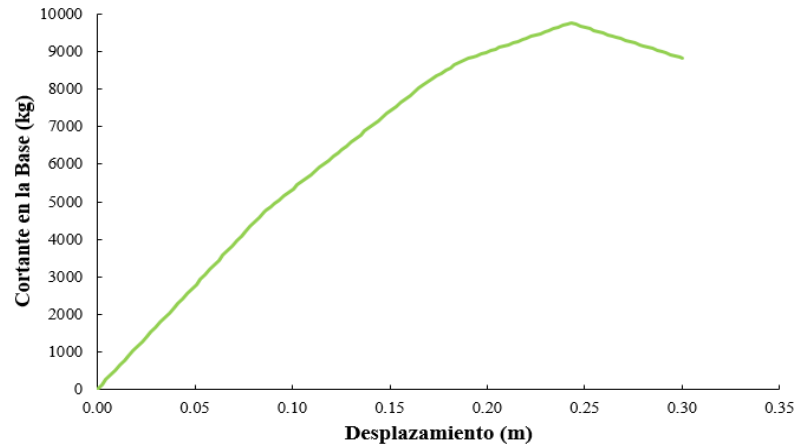


Figura N° 103 Curva de capacidad de la SAB Nro. 0021 en la dirección X

– Dirección en Y

La curva de capacidad en la dirección Y (ver Figura N° 104), indica que para cada desplazamiento en un estado límite de daño, se requiere de menor fuerza cortante en la base, lo cual demostraría que la dirección Y es el caso más desfavorable durante la acción sísmica. Esto se comprueba en la siguiente tabla:

Tabla N° 27 Valores de los desplazamiento en la dirección Y de la SAB Nro. 0021

Estados Límites de Daño	Desplazamiento (m)	Fuerza cortante en la Base (kg)	Desplazamiento relativo por altura
Fisura	0.053	447.76	0.45%
Abertura de Fisura	0.078	671.64	0.66%
Fluencia	0.181	1601.85	1.55%
Colapso	0.344	2238.81	2.94%

Fuente: Elaboración propia

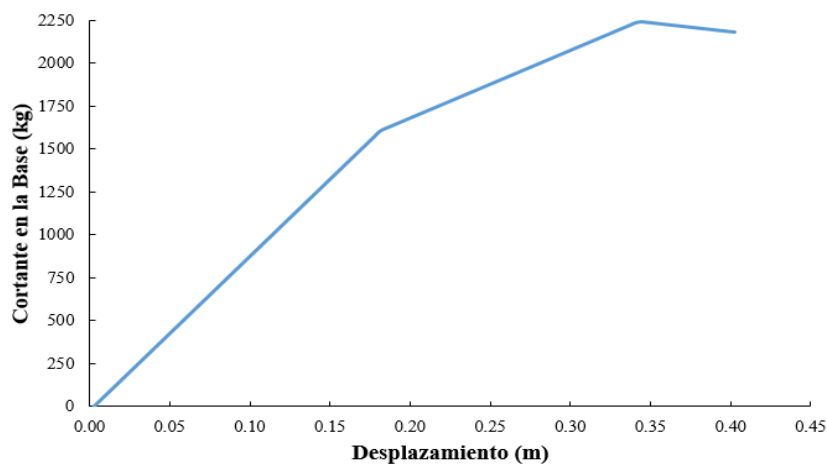


Figura N° 104 Curva de capacidad de la SAB Nro. 0021 en la dirección Y

– Curva de Capacidad con los Estados Límites de Daño

Se sectoriza la curva de capacidad en la dirección Y (ver Figura N° 105), con los estados límites de daño indicados en la siguiente tabla:

Tabla N° 28 Estados Límites de Daño en la curva de capacidad de la SAB Nro. 0021

Estados Límites de Daño	Desplazamiento (m)	Fuerza cortante en la Base (kg)	Desplazamiento relativo por altura
<i>Fisura</i>	0.053	447.76	0.0045
<i>Abertura de Fisura</i>	0.078	671.64	0.0066
<i>Fluencia</i>	0.181	1601.85	0.0155
<i>Colapso</i>	0.344	2238.81	0.0294

Fuente: Elaboración propia

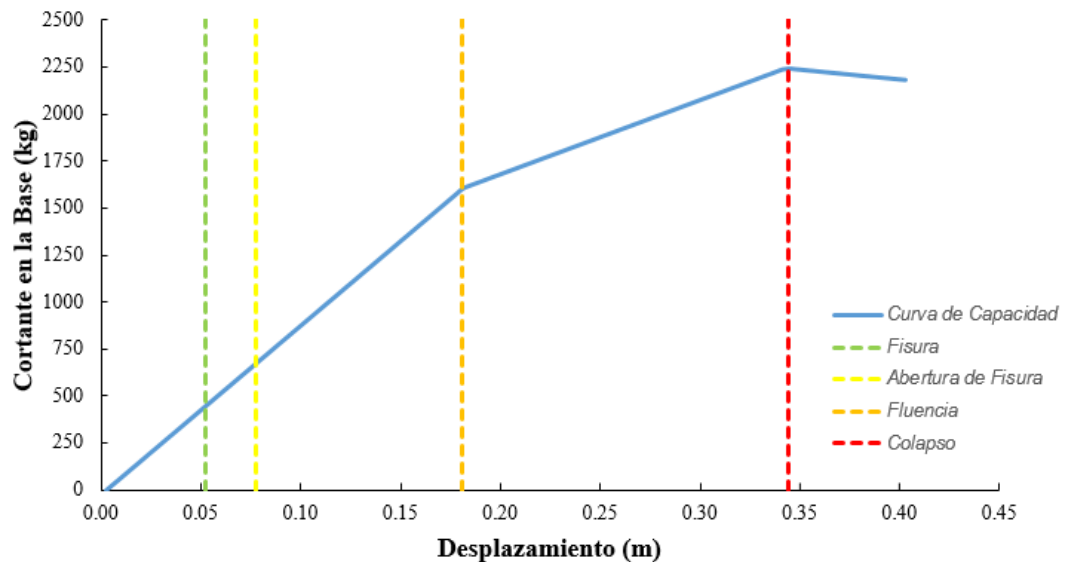


Figura N° 105 Sectorización de la Curva de Capacidad (dirección Y) de la SAB Nro. 0021

B. SAM Nro. 0628

– Dirección en X

La curva de capacidad en la dirección X (ver Figura N° 106), indica que para cada desplazamiento en un estado límite de daño, se requiere de menor fuerza cortante en la base, lo cual demostraría que la dirección X es el caso más desfavorable durante la acción sísmica. Esto se comprueba en la siguiente tabla:

Tabla N° 29 Valores de los desplazamiento en la dirección X de la SAM Nro. 0628

Estados Límites de Daño	Desplazamiento (m)	Fuerza cortante en la Base (kg)	Desplazamiento relativo por altura
Fisura	0.062	217.25	0.53%
Abertura de Fisura	0.086	325.88	0.73%
Fluencia	0.180	756.61	1.54%
Colapso	0.346	1086.25	2.96%

Fuente: Elaboración propia

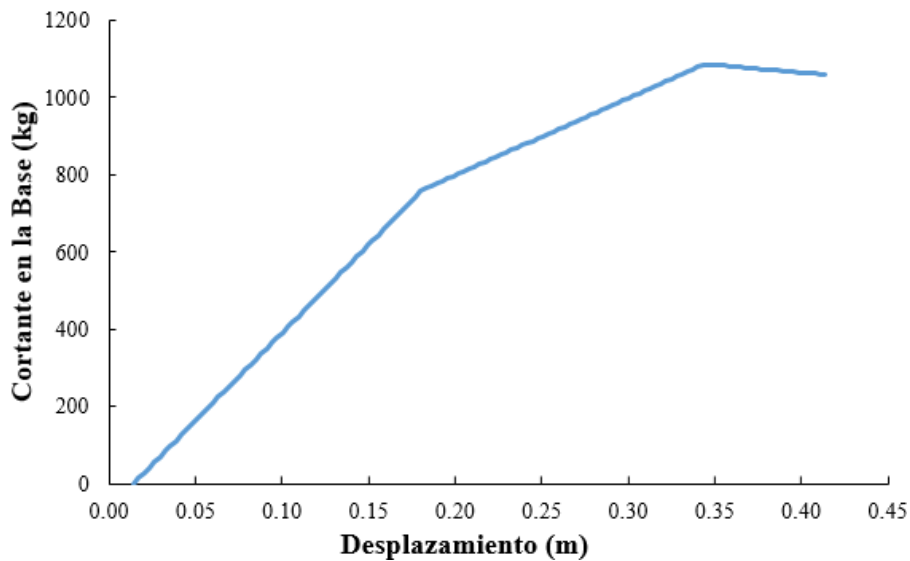


Figura N° 106 Curva de capacidad de la SAM Nro. 0628 en la dirección X

– Dirección en Y

La curva de capacidad en la dirección Y (ver Figura N° 107), expresa que para cada desplazamiento en un estado límite de daño, se requiere de mayor fuerza cortante en la base comparada con la dirección X. Esto se comprueba en la siguiente tabla:

Tabla N° 30 Valores de los desplazamiento en la dirección Y de la SAM Nro. 0628

Estados Límites de Daño	Desplazamiento (m)	Fuerza cortante en la Base (kg)	Desplazamiento relativo por altura
Fisura	0.049	230.48	0.42%
Abertura de Fisura	0.073	345.71	0.62%
Fluencia	0.172	817.15	1.47%
Colapso	0.335	1152.38	2.87%

Fuente: Elaboración propia

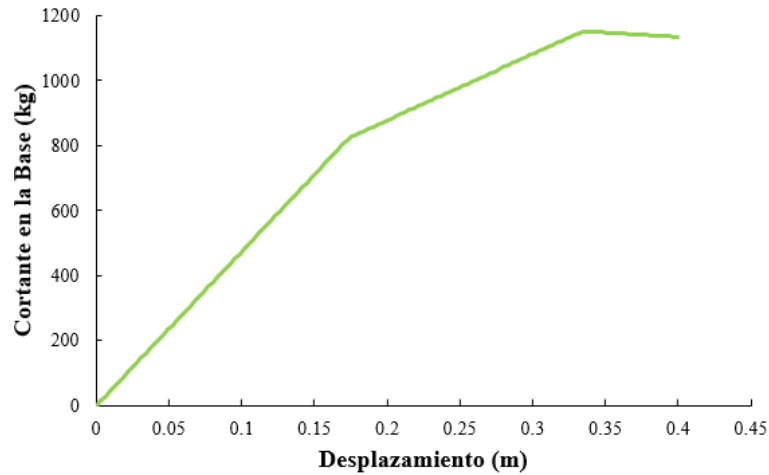


Figura N° 107 Curva de capacidad de la SAM Nro. 0628 en la dirección Y

– Curva de Capacidad con los Estados Límites de Daño

Se sectoriza la curva de capacidad en la dirección X (ver Figura N° 108), con los estados límites de daño indicados en la siguiente tabla:

Tabla N° 31 Estados Límites de Daño en la curva de capacidad de la SAM Nro. 0628

Estados Límites de Daño	Desplazamiento (m)	Fuerza cortante en la Base (kg)	Desplazamiento relativo por altura
Fisura	0.062	217.25	0.0053
Abertura de Fisura	0.086	325.88	0.0073
Fluencia	0.180	756.61	0.0154
Colapso	0.346	1086.25	0.0296

Fuente: Elaboración propia

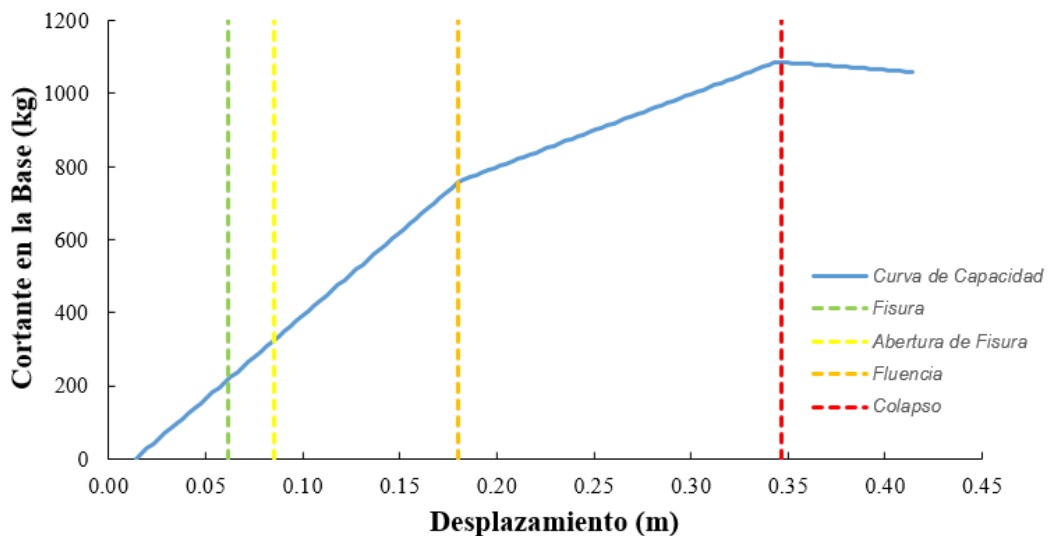


Figura N° 108 Sectorización de la Curva de Capacidad (dirección X) de la SAM Nro. 0628

5.4.2.4. Acelerogramas sintéticos

La información obtenida en el resumen datos de cimentación, indica que se tiene dos tipos de suelos: S_1 (roca o suelos muy rígidos) y S_2 (suelos intermedios). En la Figura N° 109, se muestra la aceleración espectral de ambos tipos de suelos.

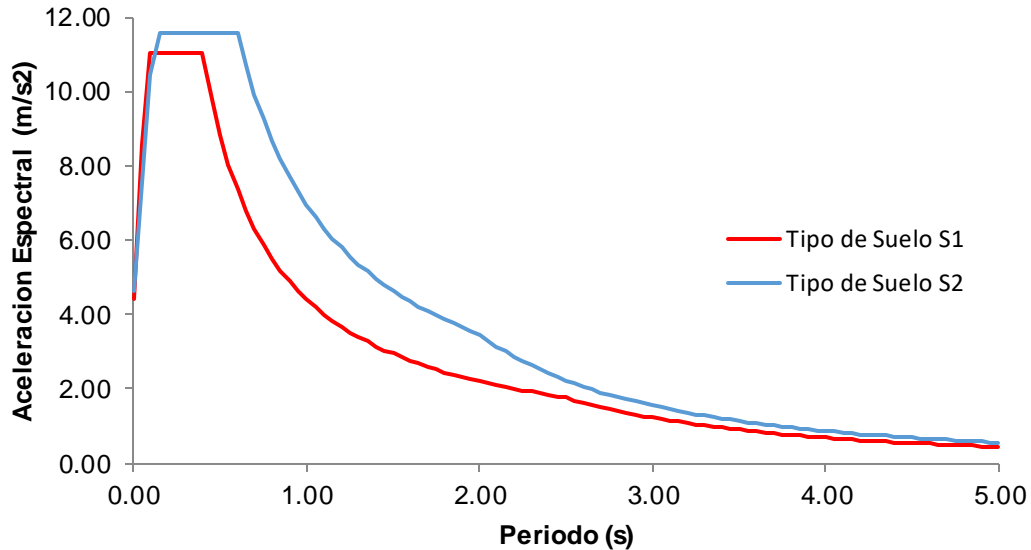


Figura N° 109 Espectro de Aceleraciones para Tipo de Suelo S_1 y S_2

A. S_1 (roca o suelos muy rígidos)

Se generó en el software de ingeniería SeismoArtif (2018), 2000 acelerogramas sintéticos diferentes para cada PGA, determinado con intervalo de 0.05g hasta 1.00g, con incremento de 0.05g (ver Figura N° 110). En base al espectro de respuesta elástico de diseño, normalizado en la NTP E.030 (ver Figura N° 111).

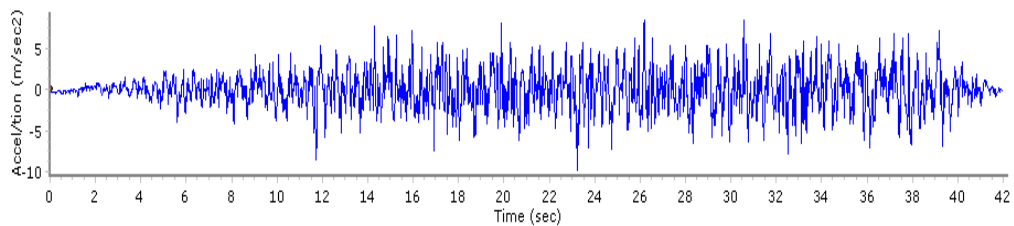


Figura N° 110 Señal sintética escalada a un PGA de 0.50g para tipo de suelo S_1

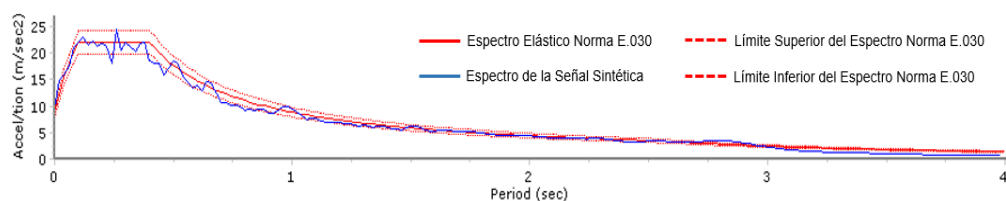


Figura N° 111 Comparación de los espectros de la NTP E.030 y la señal sintética PGA 0.50g (S_1)

B. S₂ (suelos intermedios).

Se generó en el software de ingeniería SeismoArtif (2018), 2000 acelerogramas sintéticos diferentes para cada PGA, determinado con intervalo de 0.05g hasta 1.00g, con incremento de 0.05g (ver Figura N° 112). En base al espectro de respuesta elástico de diseño, normalizado en la NTP E.030 (ver Figura N° 113).

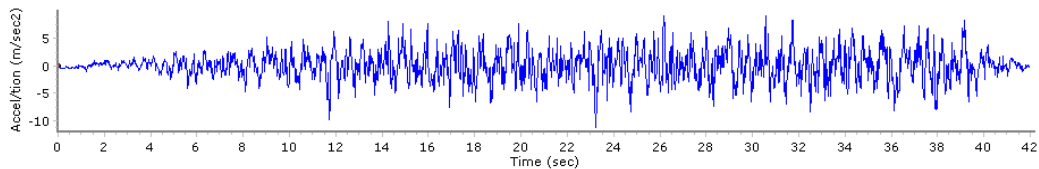


Figura N° 112 Señal sintética escalada a un PGA de 0.50g para tipo de suelo S₂

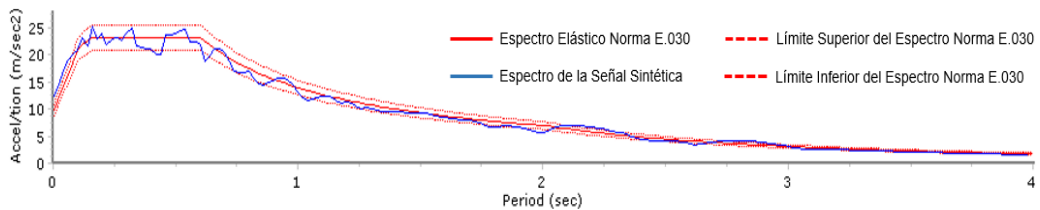


Figura N° 113 Comparación de los espectros de la NTP E.030 y la señal sintética PGA 0.50g (S₂)

5.4.2.5. Análisis dinámico no lineal (análisis Tiempo – Historia)

A. SAB Nro. 0021

En la Figura N° 114 se presenta la idealización del modelo estructural de la SAB Nro. 0021. Mostrando la vista isométrica, la vista en la dirección X y por último en la dirección Y. Considerando elementos tipos frame con asignación de rotulas plásticas concentradas por flexión (ver Figura N° 115).

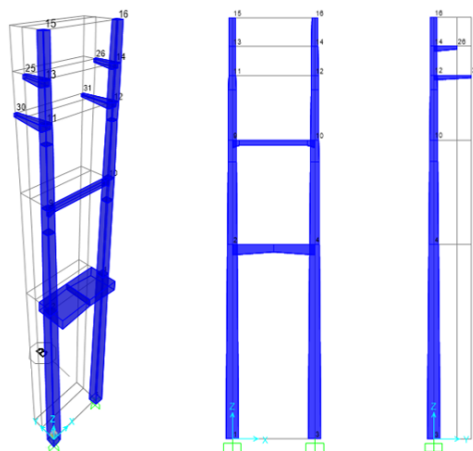


Figura N° 114 Modelamiento de la SAB Nro. 0021 en el software SAP2000

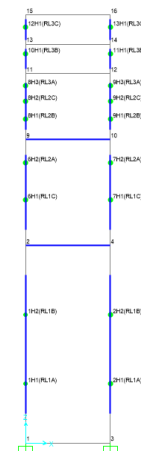


Figura N° 115 Asignación de rotulas plásticas en la SAB Nro. 0021

De la misma manera en la Figura N° 116, se aprecia el desplazamiento que resulta del Análisis Tiempo – Historia en la dirección Y (dirección más crítica frente a la acción sísmica). Mostrando la vista isométrica y la vista en la dirección Y.

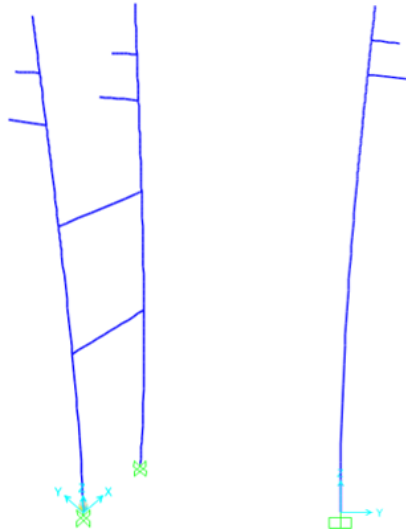


Figura N° 116 Representación del desplazamiento luego del análisis Tiempo – Historia en la SAB Nro. 0021

B. SAM Nro. 0628

En la Figura N° 117 se presenta la idealización del modelo estructural de la SAM Nro. 0628. Mostrando la vista isométrica, la vista en la dirección X y por último en la dirección Y. Considerando elementos tipos frame con asignación de rotulas plásticas concentradas por flexión (ver Figura N° 118).

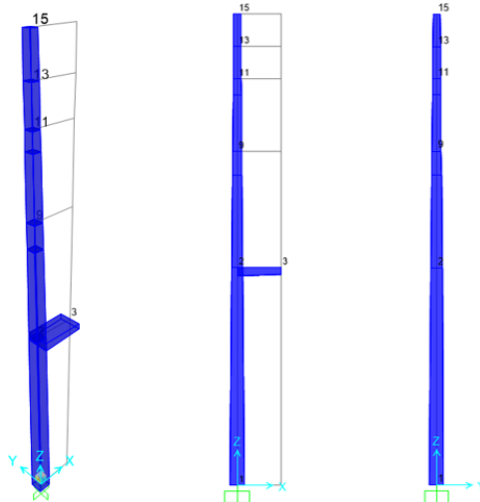


Figura N° 117 Modelamiento de la SAM Nro. 0628 en el software SAP2000

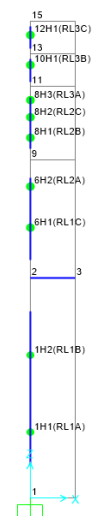


Figura N° 118 Asignación de rotulas plásticas en la SAM Nro. 0628

De la misma manera en la Figura N° 119, se aprecia el desplazamiento que resulta del Análisis Tiempo – Historia en la dirección X (dirección más crítica frente a la acción sísmica). Mostrando la vista isométrica y la vista en la dirección X.

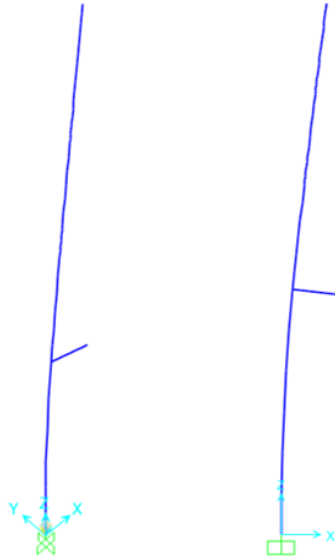


Figura N° 119 Representación del desplazamiento luego del análisis Tiempo – Historia en la SAM Nro. 0628

5.4.2.6. Curvas de Fragilidad

A. SAB Nro. 0021

En la Figura N° 120 se muestra las Curvas de Fragilidad obtenidas para la SAB Nro. 0021, que se encuentra cimentado en un suelo S₂. Como ejemplo tenemos que para un PGA de 0.25g se tiene una probabilidad de 55% de sufrir daño de “Abertura de Fisura” y un 45% de sufrir daño de “Fluencia” en la estructura.

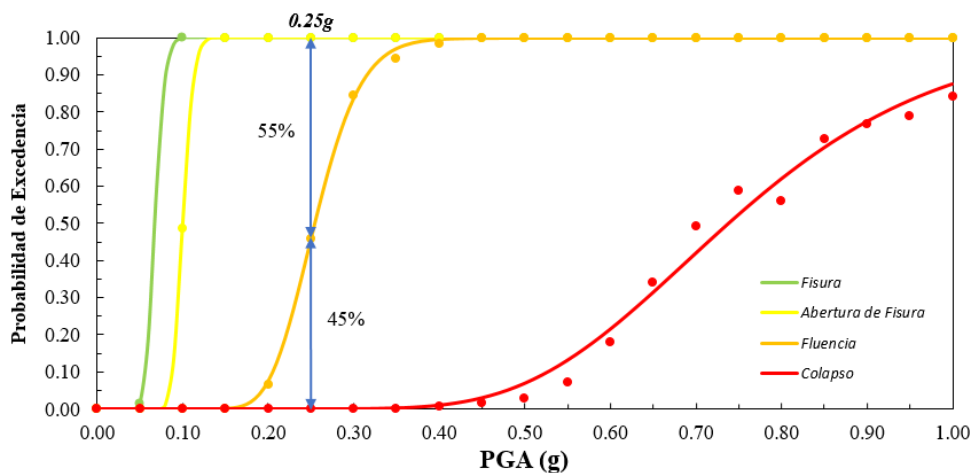


Figura N° 120 Curvas de Fragilidad obtenidas para la SAB Nro. 0021 en función de PGA

B. SAM Nro. 0628

En la Figura N° 121 se muestra las Curvas de Fragilidad obtenidas para la SAM Nro. 0628, que se encuentra cimentado en un suelo S₁. Como ejemplo tenemos que para un PGA de 0.45g se tiene una probabilidad de 18% de sufrir daño de “*Abertura de Fisura*” y un 82% de sufrir daño de “*Fluencia*” en la estructura.

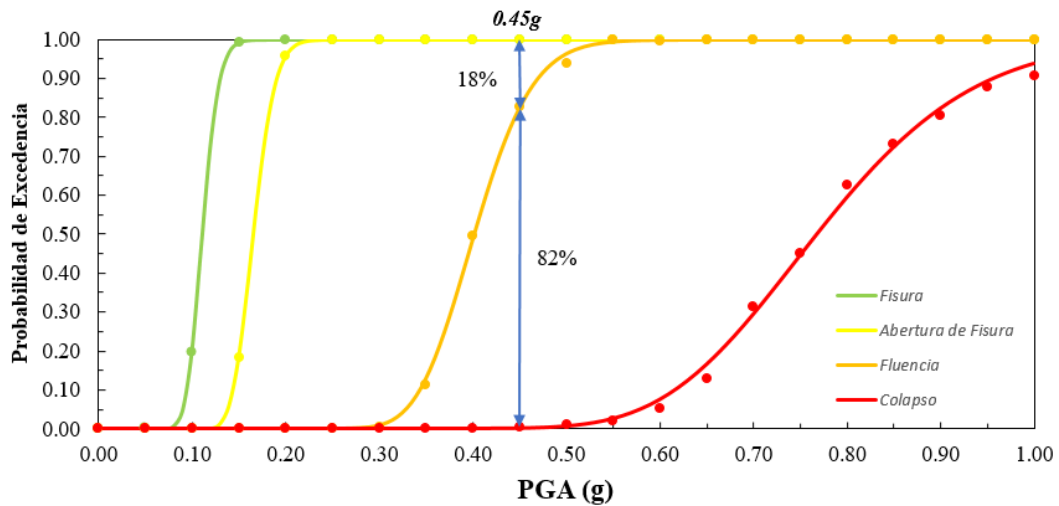


Figura N° 121 Curvas de Fragilidad obtenidas para la SAM Nro. 0628 en función de PGA

5.5. PELIGRO SÍSMICO

Para determinar el peligro sísmico probabilístico se emplea el software tipo Web denominado “**Servicio Web de Consultas para la Determinación del Peligro Sísmico en el Territorio Nacional**”, instalado en la página web de SENCICO de libre acceso.

5.5.1. Curva de Peligro Sísmico Probabilístico

Se ingresa las coordenadas geográficas latitud y longitud (ver Figura N° 122), de las 27 Subestaciones Eléctricas Aéreas de Distribución.

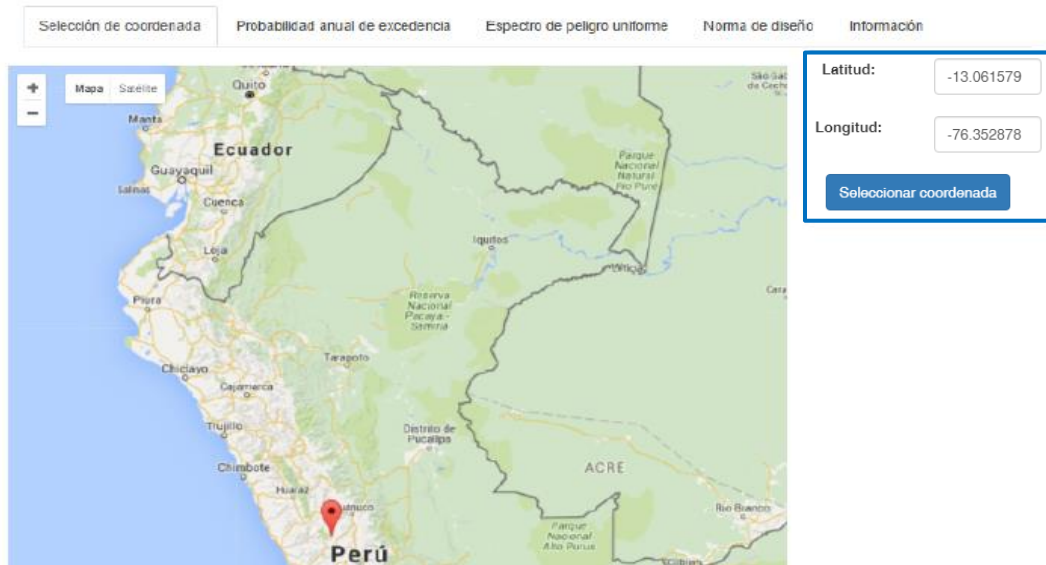


Figura N° 122 Cuadro de ingreso de coordenadas geográficas (Servicio Web)

Luego en la pestaña “*Probabilidad Anual de Excedencia*” se indica el periodo estructural igual a cero segundos (ver Figura N° 123), que se interpreta como la aceleración máxima del suelo o PGA, asimismo un amortiguamiento de 5% para concreto armado, el cual se encuentra por defecto en el Servicio Web.

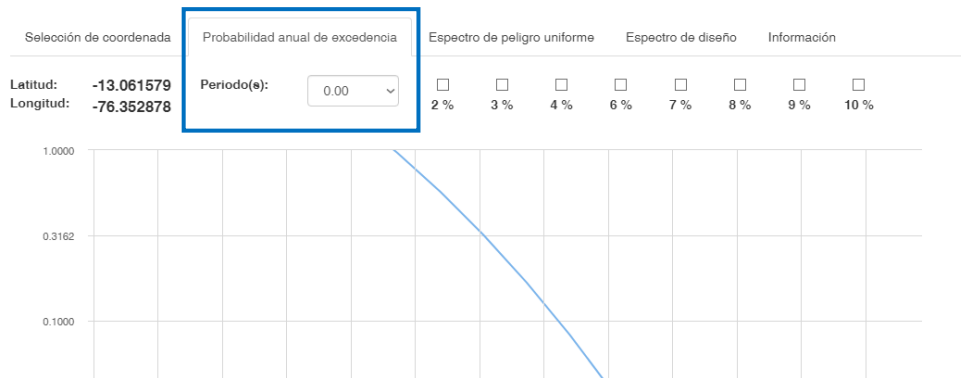


Figura N° 123 Cuadro de la Probabilidad Anual de Excedencia (Servicio Web)

El Servicio Web calcula la llamada Curva de Peligro Sísmico que tiene en su eje de abscisas la aceleración espectral, y en su eje de ordenadas la probabilidad anual de excedencia que es la inversa del Tiempo de retorno en años. Se proyecta en la Curva de Peligro Sísmico con una recta horizontal la probabilidad anual de excedencia de 0.0021, el cual resulta de la inversa de un periodo de retorno de 475 años como se indica en la NTP E.030, y la intersección es proyectada con un recta vertical sobre la aceleración espectral, la cual es el PGA que se requiere para cada estructura (Ver Figura N° 124).

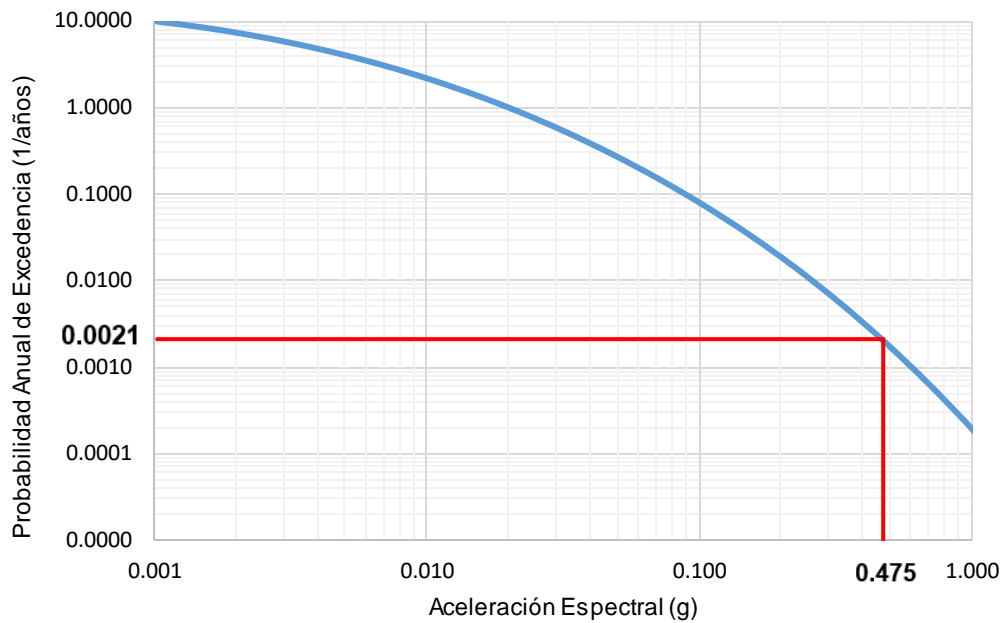


Figura N° 124 Curva de peligro sísmico con línea proyectada para obtención de PGA

En la Tabla N° 32, se indica el PGA de peligro sísmico calculado para las 27 Subestaciones Eléctricas Aéreas de Distribución.

Tabla N° 32 Calculo del Peligro Sísmico con Servicio Web (SENCICO)

ITEM	TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL	NRO.	COORDENADAS GEOGRÁFICAS		PGA (g)
			LATITUD (°)	LONGITUD (°)	
01	SAB	0012	-13.061579	-76.352878	0.48
02	SAB	0013	-13.060787	-76.355114	0.48
03	SAB	0015	-13.059743	-76.353970	0.48
04	SAM	0016	-13.059965	-76.352458	0.48
05	SAB	0408	-13.060966	-76.351213	0.48
06	SAB	0011	-13.061757	-76.349512	0.48
07	SAB	0009	-13.063059	-76.350550	0.48
08	SAM	0628	-13.064000	-76.348524	0.48
09	SAM	0726	-13.062371	-76.347691	0.48
10	SAM	0378	-13.061109	-76.347892	0.48
11	SAB	0018	-13.059688	-76.347770	0.48
12	SAB	0017	-13.058279	-76.346721	0.48
13	SAB	0019	-13.057395	-76.348734	0.48
14	SAB	0020	-13.058749	-76.349712	0.48
15	SAM	0648	-13.052711	-76.347795	0.48
16	SAB	0024	-13.054303	-76.348524	0.48
17	SAB	0023	-13.054829	-76.349574	0.48
18	SAB	0022	-13.055535	-76.351025	0.48

19	SAB	0021	-13.056430	-76.353044	0.48
20	SAM	0803	-13.055367	-76.354254	0.48
21	SAM	0496	-13.055986	-76.355081	0.48
22	SAB	0097	-13.057933	-76.355335	0.48
23	SAM	0662	-13.059436	-76.357115	0.48
24	SAM	0700	-13.057982	-76.359299	0.48
25	SAM	0689	-13.056512	-76.357166	0.48
26	SAB	0405	-13.058357	-76.352812	0.48
27	SAM	0647	-13.052240	-76.350812	0.48

Fuente: Elaboración propia

5.6. RIESGO SÍSMICO

El riesgo sísmico se obtiene en base a las curvas de fragilidad que refleja la vulnerabilidad de daños en probabilidad de excedencia, y el escenario de intensidad sísmica o PGA de 0.48g proveniente del estudio de peligro sísmico probabilístico. En la Figura N° 125 se muestra las probabilidades de daño para un PGA de 0.48g, el cual refleja que la SAM Nro. 0628 tiene una probabilidad de 9% de sufrir daño de “Abertura de Fisura” y un 90% de sufrir daño de “Fluencia” y un 1% de sufrir daño de “Colapso” de la estructura.

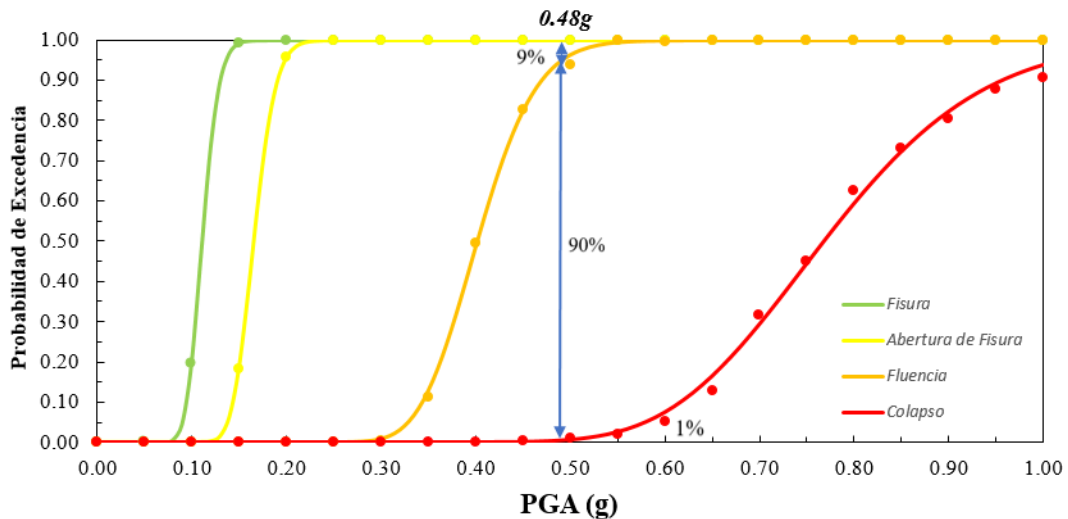


Figura N° 125 Riesgo Sísmico para un PGA de 0.48g de la SAM Nro. 0628

En la Tabla N° 33 se detalla el riesgo sísmico correspondiente a cada Subestación Eléctrica Aérea de Distribución del Centro Poblado Imperial.

Tabla N° 33 Riesgo sísmico de las Subestaciones Eléctricas Aéreas de Distribución

ITEM	TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL	NRO.	TIPO DE SUELO	RIESGO SÍSMICO				
				PELIGRO SÍSMICO PGA (g)	VULNERABILIDAD SÍSMICA			
					PROBABILIDAD DE FISURA	PROBABILIDAD DE ABERTURA DE FISURA	PROBABILIDAD DE FLUENCIA	PROBABILIDAD DE COLAPSO
01	SAB	0012	S ₁	0.48	0.00	0.33	0.67	0.01
02	SAB	0013	S ₁	0.48	0.00	0.34	0.64	0.01
03	SAB	0015	S ₁	0.48	0.00	0.20	0.79	0.01
04	SAM	0016	S ₁	0.48	0.00	0.09	0.90	0.01
05	SAB	0408	S ₁	0.48	0.00	0.27	0.72	0.01
06	SAB	0011	S ₁	0.48	0.00	0.33	0.67	0.01
07	SAB	0009	S ₁	0.48	0.00	0.30	0.68	0.01
08	SAM	0628	S ₁	0.48	0.00	0.09	0.90	0.01
09	SAM	0726	S ₁	0.48	0.00	0.09	0.90	0.01
10	SAM	0378	S ₁	0.48	0.00	0.15	0.84	0.01
11	SAB	0018	S ₁	0.48	0.00	0.35	0.64	0.01
12	SAB	0017	S ₂	0.48	0.00	0.15	0.82	0.02
13	SAB	0019	S ₂	0.48	0.00	0.00	0.99	0.01
14	SAB	0020	S ₁	0.48	0.00	0.35	0.64	0.01
15	SAM	0648	S ₂	0.48	0.00	0.00	0.99	0.01
16	SAB	0024	S ₂	0.48	0.00	0.15	0.82	0.02
17	SAB	0023	S ₂	0.48	0.00	0.15	0.82	0.02
18	SAB	0022	S ₂	0.48	0.00	0.15	0.82	0.02
19	SAB	0021	S ₂	0.48	0.00	0.00	0.95	0.05
20	SAM	0803	S ₂	0.48	0.00	0.00	0.99	0.01
21	SAM	0496	S ₂	0.48	0.00	0.00	0.99	0.01
22	SAB	0097	S ₁	0.48	0.00	0.48	0.51	0.01
23	SAM	0662	S ₁	0.48	0.00	0.09	0.90	0.01
24	SAM	0700	S ₁	0.48	0.00	0.14	0.84	0.02
25	SAM	0689	S ₁	0.48	0.00	0.24	0.76	0.00
26	SAB	0405	S ₂	0.48	0.00	0.00	0.96	0.04
27	SAM	0647	S ₂	0.48	0.00	0.00	0.99	0.01

Fuente: Elaboración propia

En el Anexo “C”, se visualiza el riesgo sísmico de las Subestaciones Eléctricas Aéreas de Distribución del Centro Poblado Imperial – Imperial – Cañete – Lima.

CAPÍTULO VI: DESARROLLO DE LA PLATAFORMA SIG

En este capítulo se desarrolla la Plataforma SIG en el software ArcGIS, siendo la interfaz de programación para la generación de mapas temáticos de vulnerabilidad sísmica, asimismo se elabora la tabla de atributos de las Subestaciones Eléctricas Aéreas de Distribución.

La base de datos alfanuméricos es obtenida del diagnóstico de las cartillas de evaluación y los datos geoespaciales están en coordenadas UTM datum WGS84.

6.1. PROCESAMIENTO DE LOS DATOS DE LA CARTILLA DE EVALUACIÓN

Se elabora la base de datos alfanuméricos y geoespaciales a través de la información resumida de los datos específicos (ver Tabla N° 7) y datos de cimentación (ver Tabla N° 8) recopilada en las cartillas de evaluación, la cual se plasma en la tabla de atributos de las Subestaciones Eléctricas Aéreas de Distribución (ver Figura N° 126).

FID	Tipo_Estructural	Nro	Coordenada_X	Coordenada_Y	Tipo_Funcional	Altura_Poste	Potencia_Transfo	Nivel_Tension	Tipo_Empotramiento	Tipo_Suelo	Daño_Estructural
0	SAB	0012	353316.34	8555663.33	Fin de Linea	13	250	10	Cimentado	S1	Tipo C
1	SAB	0013	353073.02	8555749.32	Fin de Linea	13	250	10	Cimentado	S1	Sin daño
2	SAB	0015	353196.52	8555865.52	Alineamiento	13	400	10	Cimentado	S1	Tipo B2
3	SAM	0016	353360.61	8555841.84	Alineamiento	13	100	10	Cimentado	S1	Sin daño
4	SAB	0408	353496.18	8555731.83	Fin de Linea	13	250	10	Cimentado	S1	Tipo C
5	SAB	0011	353681.16	8555645.32	Fin de Linea	13	250	10	Cimentado	S1	Sin daño
6	SAB	0009	353569.30	8555500.63	Fin de Linea	13	250	10	Cimentado	S1	Sin daño
7	SAM	0628	353789.57	8555397.72	Alineamiento	13	100	10	Cimentado	S1	Sin daño
8	SAM	0726	353878.94	8555578.43	Fin de Linea	13	100	10	Cimentado	S1	Sin daño
9	SAM	0378	353856.45	8555717.86	Alineamiento	13	100	10	Cimentado	S1	Sin daño
10	SAB	0018	353868.77	8555875.14	Alineamiento	13	250	10	Cimentado	S1	Sin daño
11	SAB	0017	353981.70	8556031.64	Alineamiento	13	250	10	Cimentado	S2	Tipo C
12	SAB	0019	353762.97	8556128.19	Alineamiento	13	160	10	Cimentado	S2	Tipo C
13	SAB	0020	353657.71	8555977.88	Fin de Linea	13	250	10	Cimentado	S1	Sin daño
14	SAM	0648	353862.03	8556646.93	Fin de Linea	13	100	10	Cimentado	S2	Sin daño
15	SAB	0024	353783.85	8556470.38	Alineamiento	13	250	10	Cimentado	S2	Tipo C
16	SAB	0023	353670.32	8556411.58	Alineamiento	13	250	10	Cimentado	S2	Sin daño
17	SAB	0022	353513.40	8556332.67	Alineamiento	13	250	10	Cimentado	S2	Sin daño
18	SAB	0021	353294.92	8556232.49	Fin de Linea	13	400	10	Cimentado	S2	Sin daño
19	SAM	0803	353163.15	8556349.41	Fin de Linea	13	100	10	Cimentado	S2	Sin daño
20	SAM	0496	353073.82	8556280.45	Alineamiento	13	100	10	Cimentado	S2	Sin daño
21	SAB	0097	353047.40	8556064.89	Fin de Linea	13	160	10	Cimentado	S1	Tipo CV
22	SAM	0662	352855.25	8555897.68	Alineamiento	13	100	10	Cimentado	S1	Sin daño
23	SAM	0700	352617.61	8556057.23	Fin de Linea	13	100	10	Cimentado	S1	Sin daño
24	SAM	0689	352848.06	8556221.08	Fin de Linea	13	50	10	Cimentado	S1	Sin daño
25	SAB	0405	353321.28	8556019.46	Fin de Linea	13	400	10	Cimentado	S2	Tipo B1
26	SAM	0647	353534.57	8556697.32	Fin de Linea	13	100	10	Cimentado	S2	Sin daño

Figura N° 126 Tabla de atributos de las 27 Subestaciones Eléctricas Aéreas de Distribución insertadas en la Plataforma SIG

En la Figura N° 127 se muestra la visualización de la ubicación, atributos y vista frontal de la Subestación Aérea de Distribución SAB Nro. 0021, la cual corresponde a un Fin de Línea, con una altura de poste de 13 m, además sobrelleva un transformador de distribución con potencia de 400 kVA, que trabaja con un nivel de tensión de 10 kV, también se puede decir que se encuentra cimentado en un suelo tipo S₁ y no presenta daño en toda la estructura.

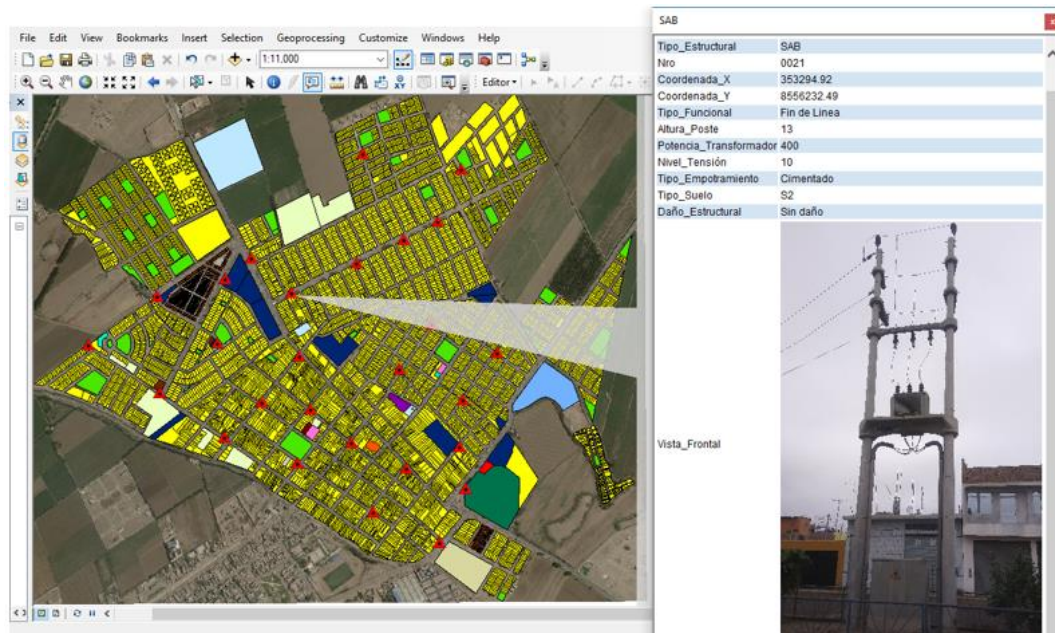


Figura N° 127 Visualización de los atributos agregados a cada Subestación Aérea de Distribución

6.1.1. Generación de tablas y graficas

A partir de la tabla de atributos de las Subestaciones Eléctricas Aéreas de Distribución (ver Figura N° 126) se puede generar nuevas tablas según el tipo de información que se requiera, como por ejemplo:

A. Tipología estructural

Para conocer la cantidad de Subestaciones Eléctricas Aéreas de Distribución de tipo *Biposte (SAB)* y *Monoposte (SAM)*, que se encuentra dentro del Centro Poblado Imperial – Distrito de Imperial – Provincia de Cañete – Departamento de Lima. Se elaboró la tabla resumen que registra lo solicitado, siendo un valor único del campo, además de elaborar la gráfica correspondiente indicada en porcentaje (ver Figura N° 128).

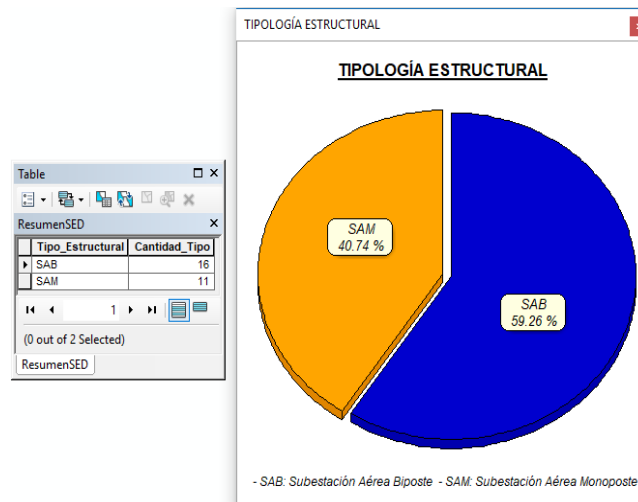


Figura N° 128 Gráfico de tipología estructural extraída de la tabla de atributos de la Plataforma SIG

B. Tipología funcional

Para conocer la cantidad de Subestaciones Eléctricas Aéreas de Distribución de tipo *Alineamiento* y *Fin de Línea*, que se encuentra dentro del Centro Poblado Imperial – Distrito de Imperial – Provincia de Cañete – Departamento de Lima. Se elaboró la tabla resumen que registra lo solicitado, siendo un valor único del campo, además de elaborar la gráfica correspondiente indicada en porcentaje (ver Figura N° 129).

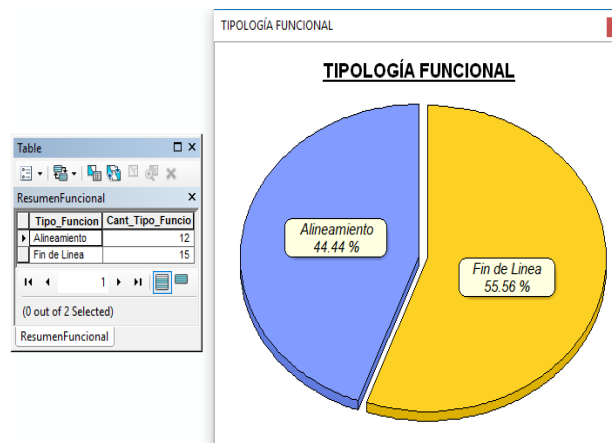


Figura N° 129 Gráfico de tipología funcional extraída de la tabla de atributos de la Plataforma SIG

C. Tipo de suelos

Para conocer la cantidad de Subestaciones Eléctricas Aéreas de Distribución que están cimentados en tipo de *suelo S₁* (*suelos muy rígidos*) y *S₂* (*suelos intermedios*), que se encuentra dentro del Centro Poblado Imperial – Distrito de

Imperial – Provincia de Cañete – Departamento de Lima. Se elaboró la tabla resumen que registra lo solicitado, siendo un valor único del campo, además de elaborar la gráfica correspondiente indicada en porcentaje (ver Figura N° 130).

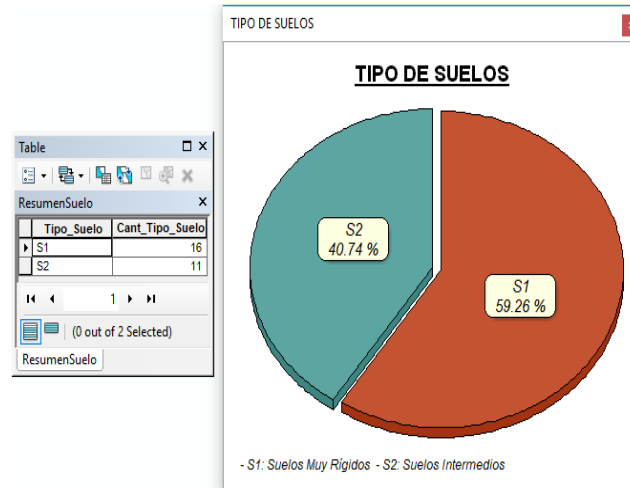


Figura N° 130 Gráfico de tipo de suelos extraída de la tabla de atributos de la Plataforma SIG

D. Tipo de daño estructural

Para conocer la cantidad de Subestaciones Eléctricas Aéreas de Distribución que se hallan *sin daño* en la estructura o tienen daño estructural del *tipo B1 (daño ligero)*, *B2 (daño leve)*, *C (daño moderado)* y *CV (daño grave)*, los cuales se encuentra dentro del Centro Poblado Imperial – Distrito de Imperial – Provincia de Cañete – Departamento de Lima. Se elaboró la tabla resumen que registra lo solicitado, siendo un valor único del campo, además de elaborar la gráfica correspondiente indicada en porcentaje (ver Figura N° 131).

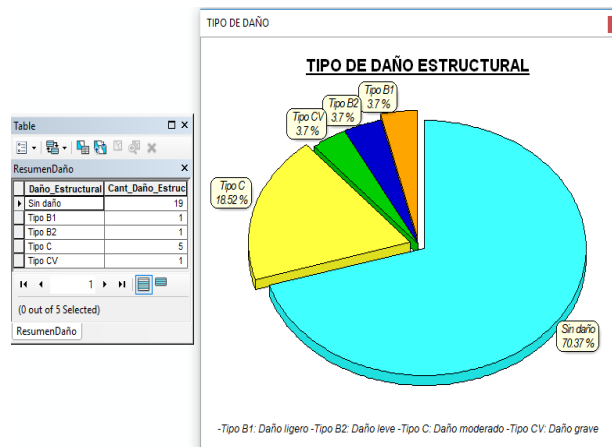


Figura N° 131 Gráfico de tipo de daño estructural extraída de la tabla de atributos de la Plataforma SIG

6.2. PROCESAMIENTO DE LAS CURVAS DE FRAGILIDAD

Luego de información obtenida de las 27 Curvas de Fragilidad, correspondiente a las probabilidades de excedencia de un determinado estado de daño para cada intensidad sísmica definida como PGA, son añadidos a la tabla de atributos de las Subestaciones Eléctricas Aéreas de Distribución (ver Figura N° 132).

Tipo	Nro	0.10g_SD	0.10g_AF	0.10g_FL	0.10g_CO	0.15g_SD	0.15g_AF	0.15g_FL	0.15g_CO	0.20g_SD	0.20g_AF	0.20g_FL	0.20g_CO	0.25g_SD	0.25g_AF	0.25g_FL	0.25g_CO
SAB	0012	0.79	0.21	0	0	0	0.78	0.22	0	0	0.1	0.9	0	0	0	1	0
SAB	0013	0.85	0.15	0	0	0	0.85	0.15	0	0	0.05	0.95	0	0	0	1	0
SAB	0015	0.88	0.32	0	0	0	0.88	0.32	0	0	0.02	0.98	0	0	0	1	0
SAM	0016	0.8	0.2	0	0	0	0.82	0.18	0	0	0.04	0.96	0	0	0	1	0
SAB	0408	0.8	0.2	0	0	0	0.8	0.2	0	0	0.08	0.92	0	0	0	1	0
SAB	0011	0.79	0.21	0	0	0	0.78	0.22	0	0	0.1	0.9	0	0	0	1	0
SAB	0009	0.86	0.14	0	0	0.05	0.91	0.14	0	0	0.12	0.88	0	0	0	1	0
SAM	0628	0.8	0.2	0	0	0	0.82	0.18	0	0	0.04	0.96	0	0	0	1	0
SAM	0726	0.8	0.2	0	0	0	0.82	0.18	0	0	0.04	0.96	0	0	0	1	0
SAM	0378	0.72	0.28	0	0	0.02	0.74	0.24	0	0	0.1	0.9	0	0	0	1	0
SAB	0018	0.85	0.15	0	0	0	0.85	0.15	0	0	0.05	0.95	0	0	0	1	0
SAB	0017	0.72	0.28	0	0	0.02	0.74	0.24	0	0	0.1	0.9	0	0	0	1	0
SAB	0019	0	0.94	0.06	0	0	0.01	0.99	0	0	0	1	0	0	0	0.88	0.12
SAB	0020	0.85	0.15	0	0	0	0.85	0.15	0	0	0.05	0.95	0	0	0	1	0
SAM	0648	0	0.76	0.24	0	0	0	1	0	0	0.99	0.01	0	0	0	0.67	0.33
SAB	0024	0.72	0.28	0	0	0.02	0.74	0.24	0	0	0.1	0.9	0	0	0	1	0
SAB	0023	0.72	0.28	0	0	0.02	0.74	0.24	0	0	0.1	0.9	0	0	0	1	0
SAB	0022	0.72	0.28	0	0	0.02	0.74	0.24	0	0	0.1	0.9	0	0	0	1	0
SAB	0021	0	0.51	0.49	0	0	0	1	0	0	0.93	0.07	0	0	0	0.55	0.45
SAM	0303	0	0.76	0.24	0	0	0	1	0	0	0.99	0.01	0	0	0	0.67	0.33
SAM	0498	0	0.76	0.24	0	0	0	1	0	0	0.99	0.01	0	0	0	0.67	0.33
SAB	0097	0.88	0.12	0	0	0.05	0.85	0.1	0	0	0.17	0.83	0	0	0	1	0
SAM	0862	0.8	0.2	0	0	0	0.82	0.18	0	0	0.04	0.96	0	0	0	1	0
SAM	0700	0.74	0.26	0	0	0.02	0.77	0.21	0	0	0.1	0.9	0	0	0	1	0
SAM	0889	0.97	0.03	0	0	0.02	0.94	0.04	0	0	0.16	0.84	0	0	0	1	0
SAB	0405	0	0.64	0.36	0	0	0	1	0	0	0.91	0.09	0	0	0	0.58	0.42
SAM	0647	0	0.76	0.24	0	0	0	1	0	0	0.99	0.01	0	0	0	0.67	0.33

Figura N° 132 Valores obtenidas de las Curvas de Fragilidad insertadas en la Plataforma SIG

6.2.1. Generación de mapas temáticos

A partir de la tabla de atributos de las Subestaciones Eléctricas Aéreas de Distribución (ver Figura N° 132) se puede generar múltiples mapas temáticos, como por ejemplo: la máxima y/o mínima probabilidad de excedencia de un estado de daño, asimismo la probabilidad de excedencia para el estado de daño más desfavorable y así entre otras.

En la presente tesis se realiza la generación de mapas temáticos respecto a la máxima probabilidad de excedencia de ocurrir un estado de daño definido (ver Anexo "B"), para la cual lo dividimos en los siguientes procesos:

A. Puntuales

Los valores de probabilidad de excedencia son datos puntuales, las cuales se presenta a través de gráficos en barra para cada estado de daño definido.

En la Figura N° 133 se muestra la interface para el ingreso de datos de entrada para su respectivo estado de daño definido.

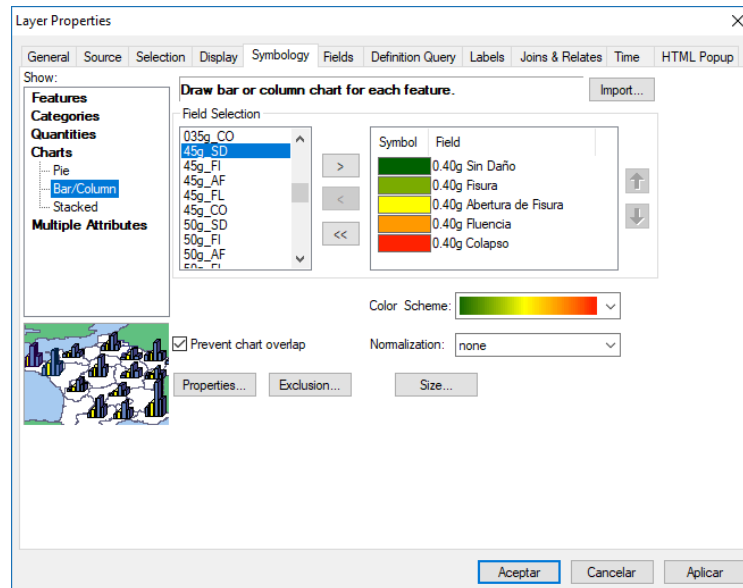


Figura N° 133 Interface de entrada de los gráficos en barra

En la Figura N° 134 se muestra los gráficos en barras obtenida para un PGA de 0.40g, donde se aprecia que los daños con mayor probabilidad de ocurrencia son de Fluencia y Abertura de Fisura.

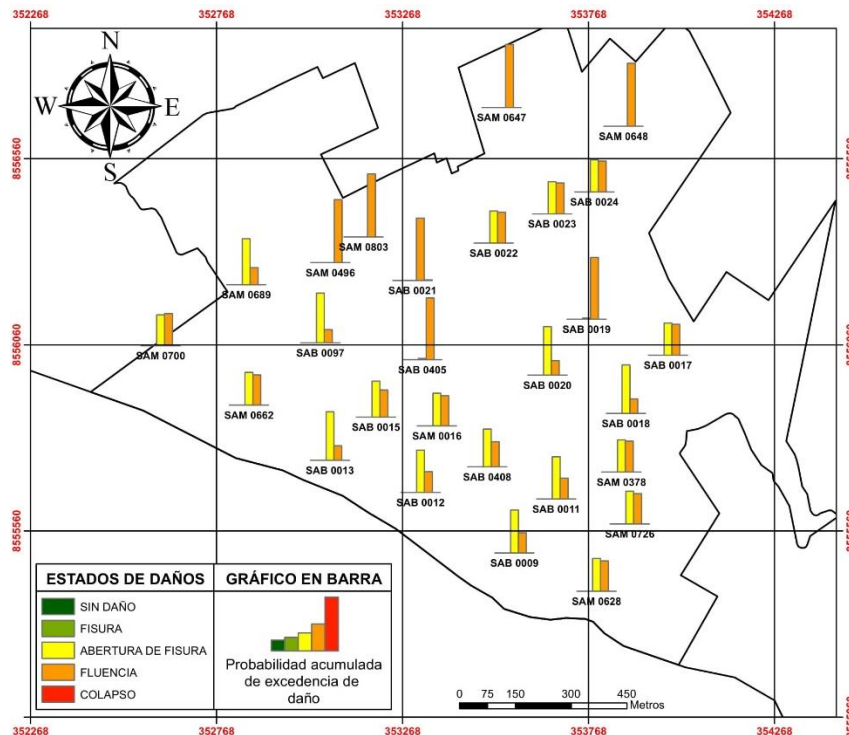


Figura N° 134 Mapa temático en barra para un PGA de 0.40g

B. Interpolación

La interpolación predice valores a partir de una cantidad limitada de puntos de datos de muestra. A través del análisis espacial de la Plataforma SIG se elige la herramienta IDW (Ponderación de distancia inversa), lo cual estima los nuevos valores interpolados, calculando promedios de los valores de los datos de muestra en la vecindad de cada celda de procesamiento. Cuanto más cerca está un punto del centro de la celda que se está estimando, más influencia o peso tendrá en el proceso de cálculo del promedio (Watson & Philip, 1985).

En la Figura N° 135 se muestra la interface para el ingreso de datos de entrada para la interpolación con la herramienta IDW.

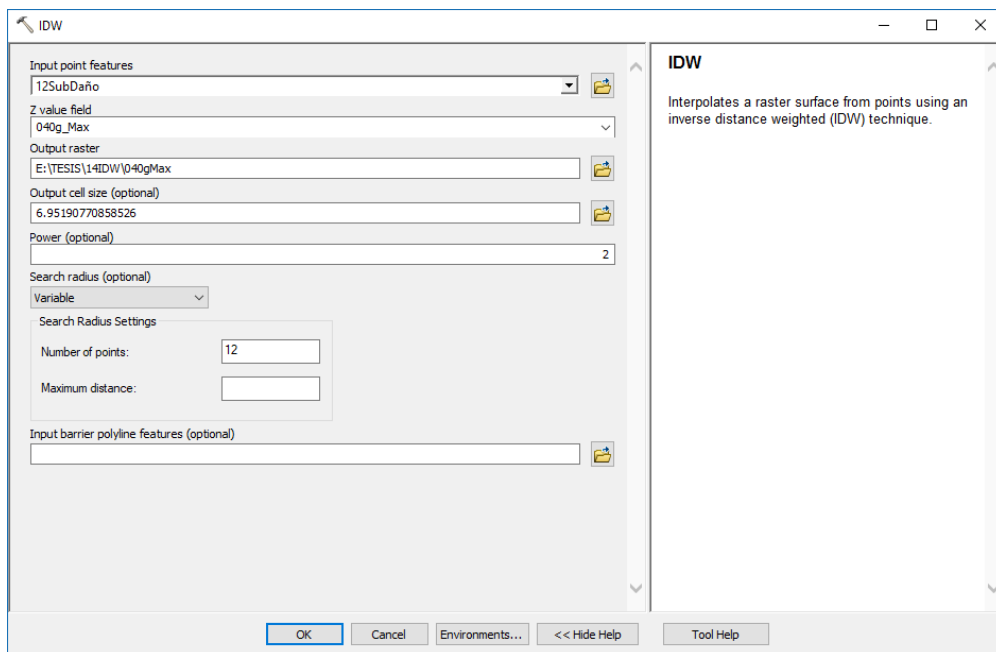


Figura N° 135 Interface de entrada para la interpolación IDW

En la Figura N° 136 se muestra la interpolación obtenida con la herramienta IDW para un PGA de 0.40g, donde se aprecia el área cercana a las Subestaciones Eléctricas Aéreas de Distribución adoptan el estado de daño que tiene la máxima probabilidad de excedencia, siendo para este caso los daños de Abertura de Fisura y Fluencia, los cuales presentan distintas tonalidades de colores correspondiente cuadro de la parte inferior.

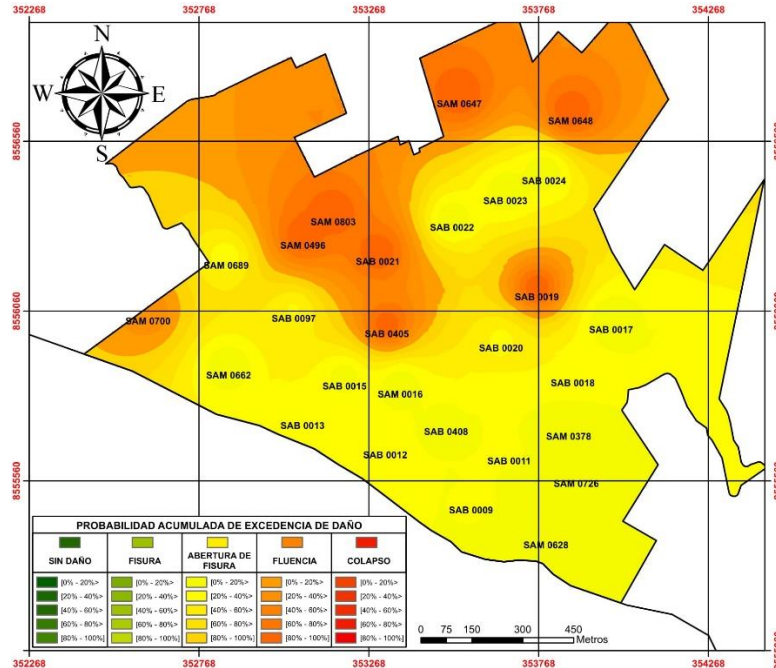


Figura N° 136 Mapa temático de interpolación para un PGA de 0.40g

C. Superposición

Finalmente se superpone ambos mapas temáticos para obtener tantos los resultados puntuales e interpolados de la vulnerabilidad sísmica de las Subestaciones Eléctricas Aéreas de Distribución del Centro Poblado Imperial.

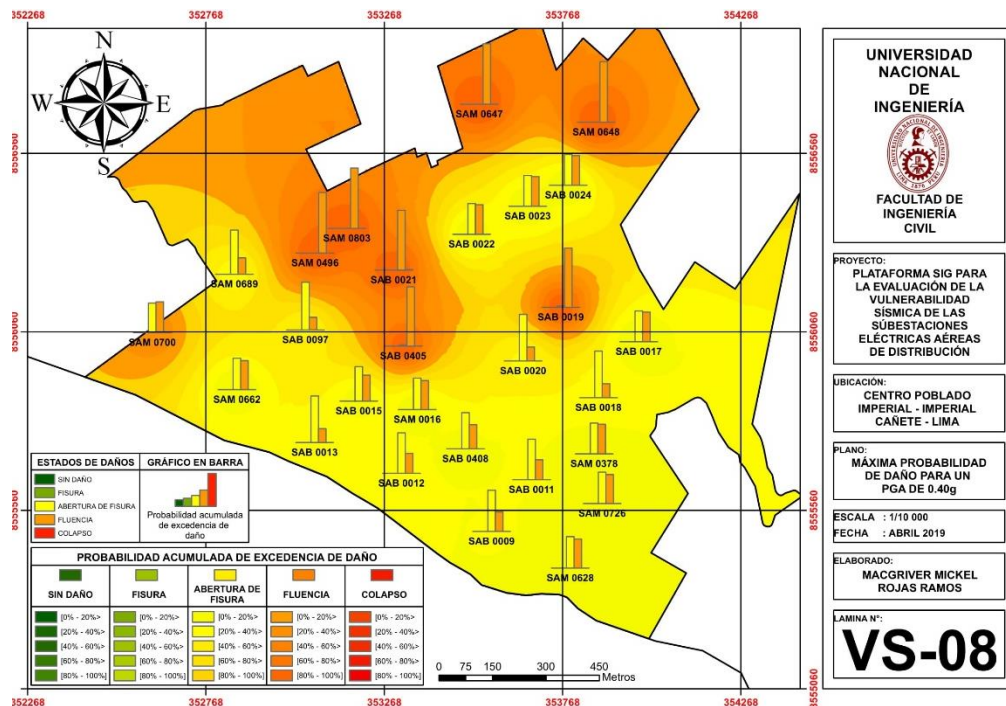


Figura N° 137 Mapa temático de la máxima probabilidad de daño para un PGA de 0.40g

CAPÍTULO VII: PROPUESTAS DE REDUCCIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA

En este capítulo se abordan las propuestas de prevención y mitigación de daños que puede sufrir la población aledaña, ya sea de manera directa o indirectamente. Lo cual contribuiría a la reducción de vulnerabilidad sísmica de las Subestaciones Eléctricas Aéreas de Distribución del Centro Poblado Imperial. Luego de la identificación del área de influencia que tiene la vulnerabilidad sísmica, es posible aplicar alternativas de intervención dentro de un enfoque multisectorial y multidisciplinario.

7.1. DIFUSIÓN DEL CONTENIDO DE LOS ESTUDIOS DE VULNERABILIDAD

Proporcionar el contenido de la investigación de vulnerabilidad sísmica de las Subestaciones Eléctricas Aéreas de Distribución a la empresa concesionaria, para la toma de decisiones en sus medidas preventivas, correctivas y mitigación de daños tanto físicas y funcionales de las líneas vitales eléctricas.

Implementar charlas informativas y materiales didácticos a la comunidad, para su conocimiento de los posibles daños físicos y funcionales que pueden ocurrir, identificación de zonas no seguras durante y después un evento sísmico. Además de la preparación ante un sismo de gran magnitud, siendo esta actividad la única manera de ayudar a que la población alcance un mayor nivel de preparación y sobretodo capacidad de respuesta ante la ocurrencia del evento. Solo la información y la práctica continua ayudara a que la población sea menos vulnerable (INDECI, 2011).

7.2. FORMACIÓN DEL SISTEMAS DE ALERTA COMUNITARIA

Involucrar el proceso participativo multisectorial dentro de la comunidad, instituciones, colegios, comercio, etc. Implementar la formación de un sistema de alerta comunitaria para la evacuación y seguridad social. Asimismo los reconocimientos de las áreas de influencia de la SAB y SAM que presenten daños significativos hasta un posible colapso, para proponer zonas seguras de evacuación (INDECI, 2011).

CONCLUSIONES

- Los mapas temáticos que se desarrollaron sobre la Plataforma SIG, facilitan la visualización de la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las Subestaciones Eléctricas Aéreas de Distribución, en los distintos escenarios sísmicos (intensidad sísmica).
- La generación de la base de datos alfanuméricos y geospaciales que está contenida en la Plataforma SIG, fueron recopiladas en la cartilla de evaluación (ver Anexo “A”).
- Las Curvas de Fragilidad es la metodología de evaluación de vulnerabilidad sísmica, de las Subestaciones Eléctricas Aéreas de Distribución de concreto armado, la cual representa la probabilidad que la estructura exceda los estados de daño como “fisura”, “apertura de fisura”, “fluencia” y “colapso” en función de un PGA determinado. La metodología comprende:

La variabilidad de los parámetros sísmicos, la cual se realiza con la generación de acelerogramas sintéticos, en base al espectro de diseño elástico de la NTP E.030 y parámetros del Sismo de Pisco ocurrido el 15 de agosto del 2007. Se estableció por cada tipo de suelo, 100 acelerogramas sintéticos diferentes para cada PGA determinado con intervalo de escalamiento de 0.05g hasta 1.00g, con incremento de 0.05g. En total se tendrá 2000 muestras de señales sísmicas diferentes por cada tipo de suelo.

La variabilidad de tres parámetros estructurales para cada uno de los niveles de intensidad sísmica definidos. Dichos parámetros son: resistencia a la fluencia del acero (f_y) basado en el modelo elastoplástico perfecto (modelo constitutivo del acero de refuerzo), resistencia a la compresión del concreto (f'_c) y la deformación última del concreto (ϵ_{cu}) basado en el modelo de Hognestad (modelo constitutivo del concreto). Las cuales tienen directa interrelación con los diagramas Momento – Curvatura y Momento – Rotación de cada una de las rotulas plásticas definidas en el modelo estructural para cada subestación eléctrica aérea de distribución. La variabilidad fue realizada con la técnica de Hipercubo Latino, la cual es una mejora de la simulación Montecarlo.

- En la Plataforma SIG se elaboraron mapas temáticos de vulnerabilidad sísmica en base a la metodología de Curvas de Fragilidad analíticas, logrando visualizar fácilmente la evaluación de los niveles de vulnerabilidad sísmica de las Subestaciones Eléctricas Aéreas de Distribución del Centro Poblado Imperial – Distrito de Imperial – Provincia de Cañete – Departamento de Lima, para diferentes escenarios sísmicos (ver Anexo “B”), de donde se concluye:
 - a. Las Subestaciones Eléctricas Aéreas de Distribución que se encuentran cimentando en un suelo del tipo S_2 , tienen mayor probabilidad de sufrir graves daños a menor PGA.
 - b. Las Subestaciones Aérea Biposte (SAB) que no tienen palomilla de concreto armado, tienen mayor probabilidad de sufrir graves daños a menor PGA.
 - c. El estado “Sin Daño” tiene su mayor probabilidad para un PGA de 0.05g y termina en un PGA de 0.20g.
 - d. El estado de daño “Fisura” aparece por primera vez para un PGA de 0.10g y termina en un PGA de 0.25g.
 - e. El estado de daño “Abertura de Fisura” aparece por primera vez para un PGA de 0.10g, su mayor probabilidad de ocurrencia aparece para un PGA de 0.15g y desaparece para un PGA de 0.70g
 - f. El estado de daño “Fluencia” aparece por primera vez para un PGA de 0.20g y su mayor probabilidad aparece para un PGA de 0.40g.
 - g. El estado de daño “Colapso” aparece por primera vez para un PGA de 0.40g y su mayor probabilidad aparece para un PGA de 1.00g.

RECOMENDACIONES

- Desarrollar e implementar Normas Técnicas en el análisis estructural y no estructural de las Subestaciones Eléctricas Aéreas de Distribución.
- Desarrollar estudios y/o ensayos para futuros alineamientos en los niveles de desempeño sísmico y Estados Límites de Daño de las Subestaciones Eléctricas Aéreas de Distribución.
- Considerar el estado del poste para el modelamiento de la estructura en futuras investigaciones.
- Considerar el impacto que se produce en la interacción del tipo de suelo con la cimentación en futuras investigaciones.

BIBLIOGRAFÍA

- Alcahuamán, R. (2013). *Análisis de riesgo sísmico del Centro Poblado "San Isidro" usando sistemas de información geográficas (SIG). Informe de suficiencia para optar el título profesional de ingeniero civil. UNI. Lima.*
- Astorga, M. A., & Aguilar, R. (2006). *Evaluación del riesgo sísmico de edificaciones educativas peruanas. Tesis para optar el grado académico de magíster en ingeniería civil. PUCP. Lima.*
- Azis, T. (1976). *Inelastic dynamic analysis of building frames. Departamento de Ingeniería Civil MIT. Massachusetts.*
- Bonett, R. (2003). *Vulnerabilidad y Riesgo Sísmico de Edificios, Aplicación a entornos urbanos en zonas de amenaza alta y moderada. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona.*
- Borda, L., & Pastor, A. (2007). *Desempeño sísmico de un edificio aporticado peruano de seis pisos. Tesis para optar por el título de ingeniero civil. PUCP. Lima.*
- Bratley, P., Fox, B. L., & Schrage, L. E. (1987). *A Guide to Simulation. Springer Verlag. New York.*
- Chang, D. (2015). *Estudio de relaciones Momento-Curvatura en secciones de concreto armado y concreto preeesforzado sometidsa a flexión. Tesis para optar el grado de Magíster. PUCP. Lima.*
- Chong, W., & Soong, T. (2000). *Sliding fragility of unrestrained equipment in critical facilities. Technical report. MCEER-00-0005. Multidisciplinary Center of Earthquake Engineering Research.*
- Compañía Americana Multiservicios - Perú SRL. (2005). *Estructura poste C.A.C. 13/400/180/375. Lima.*
- Computers and Structures Inc. (2019). *SAP2000 v.20. Structural Analysis Program.*
- Ellingwood, B. R. (2001). *Earthquake risk assessment of building structures. Reliability engineering system safety. Colorado.*
- Erberik, M., & Elnashai, A. (2004). *Vulnerability Analysis of Flat Slab Structures. Proceedings of the 13th World Conference on Earthquake Engineering. Paper No. 3102. Vancouver.*
- ESRI, E. S. (2016). *Development Geographic Information System. California.*

- Flores, T. (2003). *Estudio del control de rótulas plásticas en pórticos de concreto armado. Tesis para optar el grado académico de magíster en ingeniería civil. PUCP.* Lima.
- Florian, A. (1992). *An efficient sampling scheme: Updated Latin Hypercube.*
- Hinostroza, J. C. (2008). *"Elementos y esquemas para subestaciones de distribución".* Lima.
- Hognestad, E. (1951). *Study of combined bending and axial load in reinforced concrete members. University of Illinois Engineering Experiment Station Bulletin 399.* Illinois.
- Humala, P. (2012). *Vulnerabilidad sísmica del Centro Poblado Medio Mundo con el método del índice de vulnerabilidad aplicando el SIG. Informe de suficiencia para optar el grado académico de ingeniero civil. UNI.* Lima.
- INDECI, I. (2011). *Riesgo Sísmico y Medidas de Reducción del Riesgo en el Centro Histórico de Lima.* Lima.
- INDECOPI. (2008). *NTP 339.027 HORMIGON (CONCRETO). "Postes de hormigón (concreto) armado para líneas aéreas".* Lima.
- INEN, I. (1965). *Postes de hormigón armado y preesforzado para soportes de instalaciones de líneas y redes aéreas de energía eléctrica y telecomunicaciones - Requisitos.* Quito.
- INEN, I. (1967). *Postes de hormigón armado y preesforzado para soportes de instalaciones de líneas y redes aéreas de energía eléctrica y telecomunicaciones - Ensayos.*
- Instituto Geofísico del Perú. (2007). *El Sismo de Pisco del 15 de Agosto, 2007 (7.9Mw) - Departamento de Ica - Perú. (Informe Preliminar).* Lima.
- Instituto Geofísico del Perú. (2017). *"Zonificación Sísmica - Geotécnica de las Áreas Urbanas de Chilca, Coayllo, Humay, Imperial, Nuevo Imperial, Quilmaná, San Anronio, San Clemente y San Luis".* Lima.
- Kuroiwa, J. (2002). *Reducción de desastres - Viviendo en armonía con la naturaleza. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).* Lima.
- Luz del Sur S.A.A. (2016). *DMIBT-PO-BT-008 "Inspección de Postes de Baja tensión".* Lima.
- Luz del Sur S.A.A. (1987). *TE-7-542 "Palomilla doble de concreto armado (250), 400 Y 630 kVA".* Lima.
- Luz del Sur S.A.A. (2000). *DNC-133 "Crucetas y ménsulas de concreto armado para líneas aéreas de 10 kV".* Lima.

- Luz del Sur S.A.A. (2000). *DNC-133 "Crucetas y ménsulas de concreto armado para líneas aéreas de 10 kV"*. Lima.
- Luz del Sur S.A.A. (2004). *LE-7-016 "Cruceta de concreto armado – 10 kV"*. Lima.
- Luz del Sur S.A.A. (2004). *LE-7-017 "Cruceta asimétrica de concreto armado – 10 kV"*. Lima.
- Luz del Sur S.A.A. (2005). *LE-7-015 "Ménsula de concreto armado – 10 kV"*. Lima.
- Luz del Sur S.A.A. (2008). *TE-7-532 "Palomilla doble de concreto armado hasta 250 kVA"*. Lima.
- Luz del Sur S.A.A. (2009). *TI-7-530 "Subestación aérea biposte (SAB) de 50 hasta 250 kVA – Alimentación subterránea o aérea"*. Lima.
- Luz del Sur S.A.A. (2009). *TI-7-535 "Subestación aérea biposte (SAB) de 250, 400 y 630 kVA – Alimentación subterránea o aérea"*. Lima.
- Luz del Sur S.A.A. (2009). *TI-7-557 "Subestación aérea monoposte (SAM) hasta 100 kVA – 10kV (alimentación aérea – cable autosoportado)"*. Lima.
- Luz del Sur S.A.A. (2009). *TI-7-560 "Subestación aérea monoposte (SAM) hasta 100 kVA – 10 kV (alimentación aérea – cable desnudo) disposición tipo bandera"*. Lima.
- Luz del Sur S.A.A. (2009). *TI-7-563 "Subestación aérea monoposte (SAM) en 10 kV (alimentación aérea – cable autosoportado)"*. Lima.
- Luz del Sur S.A.A. (2010). *DNC-098 "Poste de concreto para líneas aéreas hasta 22.9 kV (13 m)"*. Lima.
- Luz del Sur S.A.A. (2011). *TE-7-533 "Plataforma soporte para equipos de peso hasta 1500 Kg"*. Lima.
- Luz del Sur S.A.A. (2011). *TE-7-543 "Plataforma soporte para equipos de peso hasta 2600 Kg"*. Lima.
- Luz del Sur S.A.A. (2012). *TE-7-112 "Transformadores trifásicos convencionales de 50 hasta 630 kVA para 10 kV"*. Lima.
- M. Hwang, H. M., & Rong Huo, J. (1994). *Generation of Hazard-Consistent Fragility Curves for Seismic Loss Estimation Studies. Technical Report NCEER-94-0015*. New York.
- Magna-Verdugo, C., Hube, M., Favier, P., & Saitua, F. (2017). *Analytical fragility curves of highrise reinforced concrete shear wall buildings. 16WCEE*. Santiago de Chile.
- MathWorks Inc. (2018). *MATLAB v2018a. The Language of Technical Computing*.

- Ministerio de Energía y Minas. (1978). *DGE015-PD-1 "Norma de Postes, Crucetas y Ménsulas de Madera y Concreto Armado para Redes de Distribución"*. Lima.
- Ministerio de Energía y Minas. (2002). *Norma DGE - "Símbolos Gráficos en Electricidad"*. Lima.
- Ministerio de Energía y Minas. (2002). *Norma DGE - "Terminología en Electricidad"*. Lima.
- Ministerio de Energía y Minas. (2011). *"Código Nacional de Electricidad (Suministro 2011)"*. Lima.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2016). *Norma Técnica E.030 "Diseño Sismorresistente"*. Lima.
- Montalvo, O. (2014). *Curvas de fragilidad sísmica mediante la simulación de Montecarlo y análisis tiempo historia. Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho.*
- Moreno, R. (2006). *Evaluación del riesgo sísmico en edificios mediante análisis estático no lineal: Aplicación a diversos escenarios sísmicos de Barcelona. Tesis para optar el grado académico de doctora en Ingeniería Civil. Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona.*
- Navarro, C., & Fernández, J. (2006). *Desempeño sísmico de un edificio aporticado de seis pisos diseñado con las normas peruanas de edificaciones. Tesis para optar el grado académico de ingeniero civil. PUCP. Lima.*
- Organización Panamericana de la Salud. (2010). *"Terremoto de Pisco, Perú - A dos años del sismo, crónicas y lecciones aprendidas en el sector salud"*. Washington D.C.
- Ottazzi, G. (2004). *Material de Apoyo para la Enseñanza de los Cursos de Diseño y Comportamiento del Concreto Armado. Tesis para optar el grado académico de Magíster en ingeniería civil. PUCP. Lima.*
- Paulay, T., & Priestley, M. (1992). *Seismic design of reinforced concrete and masonry buildings. John Wiley & Sons. New York.*
- Porter K., k., & Bachman, R. (2007). *Creating fragility functions for performance-based earthquake engineering. . Earthquake Spectra, 23(12), 471-489.*
- Ripley , B. D. (1987). *Stochastic Simulation. John Wiley and Sons. New York.*
- Rodríguez, L. (2007). *Probabilidad y estadística básica para ingenieros. Instituto de Ciencias Matemáticas. Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL. Guayaquil.*

- Rodríguez, L., & Talavera, J. (1991). "Determinación con alta resolución de la geometría de la zona de Wadati-Benioff en el Perú Central". *Revista Brasileira de Geofísica Vol.9*, 141-159.
- Rojas, R. (2010). *Curvas de fragilidad sísmica para edificios aporricados de concreto reforzado de poca altura. Tesis para optar el grado académico de Ingeniero Civil. Universidad Central de Venezuela. Caracas.*
- Rubinstein, R. Y. (1981). *Simulation and the Montecarlo Method. John Wiley and Sons. New York.*
- Ruiz, J. (2018). *Estimación de pérdidas por sismos mediante funciones de fragilidad analíticas: caso de dos pabellones universitarios del Cusco. Tesis para optar el grado de Magíster en Ingeniería Civil. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima.*
- SEAOC. (1995). *VISION 2000 Report on Performance Based Seismic Engineering of Buildings. Structural Engineers Association of California. Sacramento.*
- SeismoSoft. (2018). *SeismoArtif. A computer program for generating artificial earthquake accelerograms matched to a specific target response spectrum. Pavia.*
- SENCICO, S. N. (2016). *Actualización del programa de Computo Orientado a la Determinación del Peligro Sísmico en el País. Lima.*
- SENCICO, S. N. (2016). *Actualización del programa de Computo Orientado a la Determinación del Peligro Sísmico en el País, "Manual de Uso del Aplicativo Web". Lima.*
- Solano, S. (2012). *Análisis de vulnerabilidad sísmica del sistema de agua y alcantarillado con aplicación de sistema de información geográfica del centro poblado Medio Mundo. Informe de suficiencia para optar el título profesional de ingeniero civil. UNI. Lima.*
- SSCS. (1996). *Evaluation and retrofit of concrete building. Seismic Safety Commission Seismic, Applied Technology Council (ATC-40). 1(Cap.1-8). California.*
- Takeda, T., Sozen, M., & Nielsen, N. (1971). *Reinforced concrete response to simulated earthquakes. OHBAYASHI-GUMI. Tokyo.*
- Vanmarcke, E. H., Cornell, C. A., Gasparini, D. A., & Hou, S. N. (1976). *Program SIMQKE-1. Simulation of Earthquake Ground Motions. Department of Civil Engineering, Massachusetts Institute of Technology. Massachusetts.*

Velásquez, J. (2006). *Estimación de pérdidas por sismo en edificios peruanos mediante curvas de fragilidad analíticas. Tesis para optar el grado académico de magíster en ingeniería civil. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima.*

Watson, D., & Philip, G. (1985). "A Refinement of Inverse Distance Weighted Interpolation" *Geo-Processing 2*: 315-327.

Yamazaki, F., & Murao, O. (2000). *Fragility curves for buildings in Japan based on experience from the 1995 Kobe earthquake. Institute of Industrial Science. University of Tokyo. Tokyo.*

ANEXOS

ANEXO "A"

CARTILLAS DE EVALUACIÓN DE LAS SUBESTACIONES ELÉCTRICAS AÉREAS DE DISTRIBUCIÓN DEL CENTRO POBLADO IMPERIAL – IMPERIAL – CAÑETE – LIMA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
PLATAFORMA SIG PARA LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS
SUBESTACIONES ELÉCTRICAS AÉREAS DE DISTRIBUCIÓN

CARTILLA DE EVALUACIÓN

Responsable:	Macgriver Mickel Rojas Ramos	Nro. de Cartilla:	001
Ubicación:	Imperial – Imperial – Cañete – Lima	Fecha de Evaluación:	Enero 2019

SUBESTACIÓN AÉREA DE DISTRIBUCIÓN



DATOS ESPECÍFICOS

Tipología Estructural:	SAB
Nro:	0012

*SAB: Subestación Aérea Biposte.

*SAM: Subestación Aérea Monoposte.

Tipología Funcional:	Fin de Línea
-----------------------------	--------------

*Fin de Línea: Ubicada al extremo de la red aérea.

*Alineamiento: Ubicada intermedio de la red aérea.

Componente/Material	CA	MA
Poste	X	
Plataforma de soporte	X	
Palomilla doble	X	
Ménsula		
Cruceta asimétrica		
Cruceta simétrica	X	

*CA: Concreto Armado. - *MA: Madera.

Altura del Poste de C.A.C. (m)	13.00
Potencia del Transformador (kVA)	250
Nivel de Tensión (kV)	10

Apreciación de Campo

- Se encuentra ubicado en una esquina del Parque Central de Imperial, cerca de zona comercial.
- Se observa la instalación de los cables en formación triangular.

ESTADO DEL POSTE DE CONCRETO ARMADO CENTRIFUGADO (C.A.C.)



DATOS DE CIMENTACIÓN

Tipo de Empotramiento:	Cimentado
-------------------------------	-----------

*Cimentado: (0.1 L) en profundidad.

*Enterrado: (0.1 L + 0.60 m) en profundidad.

Tipo de Suelo:	S1
-----------------------	----

*S1: Suelos Muy Rígidos - *S2: Suelos Intermedios

*S3: Suelos Blandos - *S4: Condiciones Excepcionales.

(Según Norma Técnica E.030).

Estado del Poste de Concreto (C.A.C.) según Anexo 02 del documento DMIBT-PO-BT-008 de Luz Del Sur:	Tipo C
---	--------

*Tipo C: Presenta una o más rajaduras y/o grietas a lo largo, podría presentar pequeños desprendimientos del concreto en su base o a lo largo, si fuera así el fierro se vería en buen estado y cubierto mayormente por concreto.

Comentario

- En la base se encontró desprendimiento de concreto.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
PLATAFORMA SIG PARA LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS
SUBESTACIONES ELÉCTRICAS AÉREAS DE DISTRIBUCIÓN

CARTILLA DE EVALUACIÓN

Responsable:	Macgriver Mickel Rojas Ramos	Nro. de Cartilla:	002
Ubicación:	Imperial – Imperial – Cañete – Lima	Fecha de Evaluación:	Enero 2019

SUBESTACIÓN AÉREA DE DISTRIBUCIÓN



DATOS ESPECÍFICOS

Tipología Estructural:	SAB
Nro:	0013

*SAB: Subestación Aérea Biposte.

*SAM: Subestación Aérea Monoposte.

Tipología Funcional:	Fin de Línea
-----------------------------	--------------

*Fin de Línea: Ubicada al extremo de la red aérea.

*Alineamiento: Ubicada intermedio de la red aérea.

Componente/Material	CA	MA
Poste	X	
Plataforma de soporte	X	
Palomilla doble	X	
Ménsula		
Cruceta asimétrica		X
Cruceta simétrica		

*CA: Concreto Armado. - *MA: Madera.

Altura del Poste de C.A.C. (m)	13.00
Potencia del Transformador (kVA)	250
Nivel de Tensión (kV)	10

Apreciación de Campo

- Se encuentra ubicado en una zona transitable cerca de viviendas.
- Se observa la instalación de los cables en formación vertical.

ESTADO DEL POSTE DE CONCRETO ARMADO CENTRIFUGADO (C.A.C.)



DATOS DE CIMENTACIÓN

Tipo de Empotramiento:	Cimentado
-------------------------------	-----------

*Cimentado: (0.1 L) en profundidad.

*Enterrado: (0.1 L + 0.60 m) en profundidad.

Tipo de Suelo:	S1
-----------------------	----

*S1: Suelos Muy Rígidos - *S2: Suelos Intermedios

*S3: Suelos Blandos - *S4: Condiciones Excepcionales.

(Según Norma Técnica E.030).

Estado del Poste de Concreto (C.A.C.) según Anexo 02 del documento DMIBT-PO-BT-008 de Luz Del Sur:	-----
---	-------

Comentario

- La base de los postes se encuentra en buen estado de conservación.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
PLATAFORMA SIG PARA LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS
SUBESTACIONES ELÉCTRICAS AÉREAS DE DISTRIBUCIÓN

CARTILLA DE EVALUACIÓN

Responsable:	Macgriver Mickel Rojas Ramos	Nro. de Cartilla:	003
Ubicación:	Imperial – Imperial – Cañete – Lima	Fecha de Evaluación:	Enero 2019

SUBESTACIÓN AÉREA DE DISTRIBUCIÓN



DATOS ESPECÍFICOS

Tipología Estructural:	SAB
Nro:	0015

*SAB: Subestación Aérea Biposte.

*SAM: Subestación Aérea Monoposte.

Tipología Funcional:	Alineamiento
-----------------------------	--------------

*Fin de Línea: Ubicada al extremo de la red aérea.

*Alineamiento: Ubicada intermedio de la red aérea.

Componente/Material	CA	MA
Poste	X	
Plataforma de soporte	X	
Palomilla doble	X	
Ménsula		
Cruceta asimétrica		X
Cruceta simétrica		

*CA: Concreto Armado. - *MA: Madera.

Altura del Poste de C.A.C. (m)	13.00
Potencia del Transformador (kVA)	400
Nivel de Tensión (kV)	10

Apreciación de Campo

- Se encuentra ubicado en una zona transitable cerca de viviendas.
- Se observa la instalación de los cables en formación vertical.

ESTADO DEL POSTE DE CONCRETO ARMADO CENTRIFUGADO (C.A.C.)



DATOS DE CIMENTACIÓN

Tipo de Empotramiento:	Cimentado
-------------------------------	-----------

*Cimentado: (0.1 L) en profundidad.

*Enterrado: (0.1 L + 0.60 m) en profundidad.

Tipo de Suelo:	S1
-----------------------	----

*S1: Suelos Muy Rígidos - *S2: Suelos Intermedios

*S3: Suelos Blandos - *S4: Condiciones Excepcionales.
(Según Norma Técnica E.030).

Estado del Poste de Concreto (C.A.C.) según Anexo 02 del documento DMIBT-PO-BT-008 de Luz Del Sur:	Tipo B2
---	---------

*Tipo B2: Presenta desprendimiento de concreto que deja al descubierto gran parte de los fierros los cuales presentan óxido. No hay pérdida significativa de la sección del fierro.

Comentario

- En la base se encontró rajaduras y desprendimiento del concreto, causando la exposición del acero a la oxidación.
- Se observó la presencia de humedad alrededor de la cimentación.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

PLATAFORMA SIG PARA LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS
SUBESTACIONES ELÉCTRICAS AÉREAS DE DISTRIBUCIÓN

CARTILLA DE EVALUACIÓN

Responsable:	Macgriver Mickel Rojas Ramos	Nro. de Cartilla:	004
Ubicación:	Imperial – Imperial – Cañete – Lima	Fecha de Evaluación:	Enero 2019

SUBESTACIÓN AÉREA DE DISTRIBUCIÓN



DATOS ESPECÍFICOS

Tipología Estructural:	SAM
Nro:	0016

*SAB: Subestación Aérea Biposte.

*SAM: Subestación Aérea Monoposte.

Tipología Funcional:	Alineamiento
-----------------------------	--------------

*Fin de Línea: Ubicada al extremo de la red aérea.

*Alineamiento: Ubicada intermedio de la red aérea.

Componente/Material	CA	MA
Poste	X	
Plataforma de soporte	X	
Palomilla doble		
Ménsula		
Cruceta asimétrica		X
Cruceta simétrica		

*CA: Concreto Armado. - *MA: Madera.

Altura del Poste de C.A.C. (m)	13.00
Potencia del Transformador (kVA)	100
Nivel de Tensión (kV)	10

Apreciación de Campo

- Se encuentra ubicado en una zona transitable cerca de viviendas y restaurante.
- Se observa espaciamiento mínimo con el alero de la vivienda.
- Se observa la instalación de los cables en formación vertical.

ESTADO DEL POSTE DE CONCRETO ARMADO CENTRIFUGADO (C.A.C.)



DATOS DE CIMENTACIÓN

Tipo de Empotramiento:	Cimentado
-------------------------------	-----------

*Cimentado: (0.1 L) en profundidad.

*Enterrado: (0.1 L + 0.60 m) en profundidad.

Tipo de Suelo:	S1
-----------------------	----

*S1: Suelos Muy Rígidos - *S2: Suelos Intermedios

*S3: Suelos Blandos - *S4: Condiciones Excepcionales.

(Según Norma Técnica E.030).

Estado del Poste de Concreto (C.A.C.) según Anexo 02 del documento DMIBT-PO-BT-008 de Luz Del Sur:	----
---	------

Comentario

- La base del poste se encuentra en buen estado de conservación.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
PLATAFORMA SIG PARA LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS
SUBESTACIONES ELÉCTRICAS AÉREAS DE DISTRIBUCIÓN

CARTILLA DE EVALUACIÓN

Responsable:	Macgriver Mickel Rojas Ramos	Nro. de Cartilla:	005
Ubicación:	Imperial – Imperial – Cañete – Lima	Fecha de Evaluación:	Enero 2019

SUBESTACIÓN AÉREA DE DISTRIBUCIÓN



DATOS ESPECÍFICOS

Tipología Estructural:	SAB
Nro:	0408

*SAB: Subestación Aérea Biposte.

*SAM: Subestación Aérea Monoposte.

Tipología Funcional:	Fin de Línea
-----------------------------	--------------

*Fin de Línea: Ubicada al extremo de la red aérea.

*Alineamiento: Ubicada intermedio de la red aérea.

Componente/Material	CA	MA
Poste	X	
Plataforma de soporte	X	
Palomilla doble	X	
Ménsula	X	
Cruceta asimétrica		X
Cruceta simétrica		

*CA: Concreto Armado. - *MA: Madera.

Altura del Poste de C.A.C. (m)	13.00
Potencia del Transformador (kVA)	250
Nivel de Tensión (kV)	10

Apreciación de Campo

- Se encuentra ubicado en una zona comercial (mercado del lugar) con mayor presencia de ambulantes.
- Se observa la instalación de los cables en formación vertical.

ESTADO DEL POSTE DE CONCRETO ARMADO CENTRIFUGADO (C.A.C.)



DATOS DE CIMENTACIÓN

Tipo de Empotramiento:	Cimentado
-------------------------------	-----------

*Cimentado: (0.1 L) en profundidad.

*Enterrado: (0.1 L + 0.60 m) en profundidad.

Tipo de Suelo:	S1
-----------------------	----

*S1: Suelos Muy Rígidos - *S2: Suelos Intermedios

*S3: Suelos Blandos - *S4: Condiciones Excepcionales.

(Según Norma Técnica E.030).

Estado del Poste de Concreto (C.A.C.) según Anexo 02 del documento DMIBT-PO-BT-008 de Luz Del Sur:	Tipo C
---	--------

*Tipo C: Presenta una o más rajaduras y/o grietas a lo largo, podría presentar pequeños desprendimientos del concreto en su base o a lo largo, si fuera así, El fierro se vería en buen estado y cubierto mayormente por concreto.

Comentario

- En la base se encontró rajaduras y desprendimiento del concreto.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

PLATAFORMA SIG PARA LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS
SUBESTACIONES ELÉCTRICAS AÉREAS DE DISTRIBUCIÓN

CARTILLA DE EVALUACIÓN

Responsable:	Macgriver Mickel Rojas Ramos	Nro. de Cartilla:	006
Ubicación:	Imperial – Imperial – Cañete – Lima	Fecha de Evaluación:	Enero 2019

SUBESTACIÓN AÉREA DE DISTRIBUCIÓN



DATOS ESPECÍFICOS

Tipología Estructural:	SAB
Nro:	0011

*SAB: Subestación Aérea Biposte.

*SAM: Subestación Aérea Monoposte.

Tipología Funcional:	Fin de Línea
-----------------------------	--------------

*Fin de Línea: Ubicada al extremo de la red aérea.

*Alineamiento: Ubicada intermedio de la red aérea.

Componente/Material	CA	MA
Poste	X	
Plataforma de soporte	X	
Palomilla doble	X	
Ménsula		
Cruceta asimétrica		X
Cruceta simétrica	X	

*CA: Concreto Armado. - *MA: Madera.

Altura del Poste de C.A.C. (m)	13.00
Potencia del Transformador (kVA)	250
Nivel de Tensión (kV)	10

Apreciación de Campo

- Se encuentra ubicado en una zona transitable cerca de viviendas.
- Se observa la instalación de los cables en formación horizontal.
- Se observa pastoral de alumbrado público.

ESTADO DEL POSTE DE CONCRETO ARMADO CENTRIFUGADO (C.A.C.)



DATOS DE CIMENTACIÓN

Tipo de Empotramiento:	Cimentado
-------------------------------	-----------

*Cimentado: (0.1 L) en profundidad.

*Enterrado: (0.1 L + 0.60 m) en profundidad.

Tipo de Suelo:	S1
-----------------------	----

*S1: Suelos Muy Rígidos - *S2: Suelos Intermedios

*S3: Suelos Blandos - *S4: Condiciones Excepcionales.

(Según Norma Técnica E.030).

Estado del Poste de Concreto (C.A.C.) según Anexo 02 del documento DMIBT-PO-BT-008 de Luz Del Sur:	----
---	------

Comentario

- La base de los postes se encuentra en buen estado de conservación.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

PLATAFORMA SIG PARA LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS
SUBESTACIONES ELÉCTRICAS AÉREAS DE DISTRIBUCIÓN

CARTILLA DE EVALUACIÓN

Responsable:	Macgriver Mickel Rojas Ramos	Nro. de Cartilla:	007
Ubicación:	Imperial – Imperial – Cañete – Lima	Fecha de Evaluación:	Enero 2019

SUBESTACIÓN AÉREA DE DISTRIBUCIÓN



DATOS ESPECÍFICOS

Tipología Estructural:	SAB
Nro:	0009

*SAB: Subestación Aérea Biposte.

*SAM: Subestación Aérea Monoposte.

Tipología Funcional:	Fin de Línea
-----------------------------	--------------

*Fin de Línea: Ubicada al extremo de la red aérea.

*Alineamiento: Ubicada intermedio de la red aérea.

Componente/Material	CA	MA
Poste	X	
Plataforma de soporte	X	
Palomilla doble		X
Ménsula	X	
Cruceta asimétrica		
Cruceta simétrica		

*CA: Concreto Armado. - *MA: Madera.

Altura del Poste de C.A.C. (m)	13.00
Potencia del Transformador (kVA)	250
Nivel de Tensión (kV)	10

Apreciación de Campo

- Se encuentra ubicado en una zona transitable cerca de viviendas.
- Se observa la instalación de los cables en formación vertical.

ESTADO DEL POSTE DE CONCRETO ARMADO CENTRIFUGADO (C.A.C.)



DATOS DE CIMENTACIÓN

Tipo de Empotramiento:	Cimentado
-------------------------------	-----------

*Cimentado: (0.1 L) en profundidad.

*Enterrado: (0.1 L + 0.60 m) en profundidad.

Tipo de Suelo:	S1
-----------------------	----

*S1: Suelos Muy Rígidos - *S2: Suelos Intermedios

*S3: Suelos Blandos - *S4: Condiciones Excepcionales.

(Según Norma Técnica E.030).

Estado del Poste de Concreto (C.A.C.) según Anexo 02 del documento DMIBT-PO-BT-008 de Luz Del Sur:	----
---	------

Comentario

- La base de los postes se encuentra en buen estado de conservación.



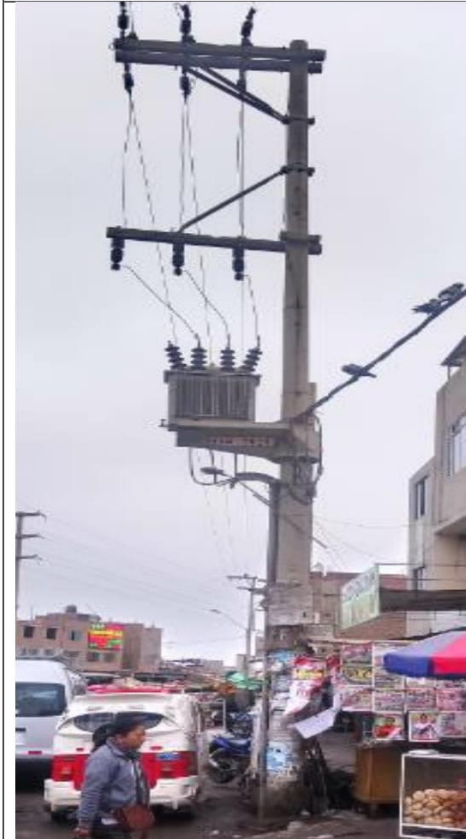
**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

PLATAFORMA SIG PARA LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS
SUBESTACIONES ELÉCTRICAS AÉREAS DE DISTRIBUCIÓN

CARTILLA DE EVALUACIÓN

Responsable:	Macgriver Mickel Rojas Ramos	Nro. de Cartilla:	008
Ubicación:	Imperial – Imperial – Cañete – Lima	Fecha de Evaluación:	Enero 2019

SUBESTACIÓN AÉREA DE DISTRIBUCIÓN



DATOS ESPECÍFICOS

Tipología Estructural:	SAM
Nro:	0628

*SAB: Subestación Aérea Biposte.

*SAM: Subestación Aérea Monoposte.

Tipología Funcional:	Alineamiento
-----------------------------	--------------

*Fin de Línea: Ubicada al extremo de la red aérea.

*Alineamiento: Ubicada intermedio de la red aérea.

Componente/Material	CA	MA
Poste	X	
Plataforma de soporte	X	
Palomilla doble		
Ménsula		
Cruceta asimétrica		X
Cruceta simétrica		

*CA: Concreto Armado. - *MA: Madera.

Altura del Poste de C.A.C. (m)	13.00
Potencia del Transformador (kVA)	100
Nivel de Tensión (kV)	10

Apreciación de Campo

- Se encuentra ubicado en una zona comercial además de ser paradero de mototaxis.
- Se observa la instalación de los cables en formación horizontal.

ESTADO DEL POSTE DE CONCRETO ARMADO CENTRIFUGADO (C.A.C.)



DATOS DE CIMENTACIÓN

Tipo de Empotramiento:	Cimentado
-------------------------------	-----------

*Cimentado: (0.1 L) en profundidad.

*Enterrado: (0.1 L + 0.60 m) en profundidad.

Tipo de Suelo:	S1
-----------------------	----

*S1: Suelos Muy Rígidos - *S2: Suelos Intermedios

*S3: Suelos Blandos - *S4: Condiciones excepcionales.
(Según Norma Técnica E.030).

Estado del Poste de Concreto (C.A.C.) según Anexo 02 del documento DMIBT-PO-BT-008 de Luz Del Sur:	-----
---	-------

Comentario

- La base del poste se encuentra en buen estado de conservación.
- Se observa presencia de humedad en la cimentación.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

PLATAFORMA SIG PARA LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS
SUBESTACIONES ELÉCTRICAS AÉREAS DE DISTRIBUCIÓN

CARTILLA DE EVALUACIÓN

Responsable:	Macgriver Mickel Rojas Ramos	Nro. de Cartilla:	009
Ubicación:	Imperial – Imperial – Cañete – Lima	Fecha de Evaluación:	Enero 2019

SUBESTACIÓN AÉREA DE DISTRIBUCIÓN



DATOS ESPECÍFICOS

Tipología Estructural:	SAM
Nro:	0726

*SAB: Subestación Aérea Biposte.

*SAM: Subestación Aérea Monoposte.

Tipología Funcional:	Fin de Línea
-----------------------------	--------------

*Fin de Línea: Ubicada al extremo de la red aérea.

*Alineamiento: Ubicada intermedio de la red aérea.

Componente/Material	CA	MA
Poste	X	
Plataforma de soporte	X	
Palomilla doble		
Ménsula		
Cruceta asimétrica		X
Cruceta simétrica		

*CA: Concreto Armado. - *MA: Madera.

Altura del Poste de C.A.C. (m)	13.00
Potencia del Transformador (kVA)	100
Nivel de Tensión (kV)	10

Apreciación de Campo

- Se encuentra ubicado dentro de Estadio "OSCAR RAMOS CABIESES".
- Se observa la alimentación y salida es de forma subterránea.

ESTADO DEL POSTE DE CONCRETO ARMADO CENTRIFUGADO (C.A.C.)



DATOS DE CIMENTACIÓN

Tipo de Empotramiento:	Cimentado
-------------------------------	-----------

*Cimentado: (0.1 L) en profundidad.

*Enterrado: (0.1 L + 0.60 m) en profundidad.

Tipo de Suelo:	S1
-----------------------	----

*S1: Suelos Muy Rígidos - *S2: Suelos Intermedios

*S3: Suelos Blandos - *S4: Condiciones Excepcionales.

(Según Norma Técnica E.030).

Estado del Poste de Concreto (C.A.C.) según Anexo 02 del documento DMIBT-PO-BT-008 de Luz Del Sur:	-----
---	-------

Comentario

- La base del poste se encuentra en buen estado de conservación.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

PLATAFORMA SIG PARA LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS
SUBESTACIONES ELÉCTRICAS AÉREAS DE DISTRIBUCIÓN

CARTILLA DE EVALUACIÓN

Responsable:	Macgriver Mickel Rojas Ramos	Nro. de Cartilla:	010
Ubicación:	Imperial – Imperial – Cañete – Lima	Fecha de Evaluación:	Enero 2019

SUBESTACIÓN AÉREA DE DISTRIBUCIÓN



DATOS ESPECÍFICOS

Tipología Estructural:	SAM
Nro:	0378

*SAB: Subestación Aérea Biposte.

*SAM: Subestación Aérea Monoposte.

Tipología Funcional:	Alineamiento
-----------------------------	--------------

*Fin de Línea: Ubicada al extremo de la red aérea.

*Alineamiento: Ubicada intermedio de la red aérea.

Componente/Material	CA	MA
Poste	X	
Plataforma de soporte	X	
Palomilla doble		
Ménsula		
Cruceta asimétrica		X
Cruceta simétrica	X	

*CA: Concreto Armado. - *MA: Madera.

Altura del Poste de C.A.C. (m)	13.00
Potencia del Transformador (kVA)	100
Nivel de Tensión (kV)	10

Apreciación de Campo

- Se encuentra ubicado en una zona transitable cerca de viviendas y negocio de carpintería metálica.
- Se observa moderada inclinación del poste.
- Se observa caja de luz adyacente al poste.
- Se observa pastoral de alumbrado público.
- Se observa la instalación de los cables en formación triangular.

ESTADO DEL POSTE DE CONCRETO ARMADO CENTRIFUGADO (C.A.C.)



DATOS DE CIMENTACIÓN

Tipo de Empotramiento:	Cimentado
-------------------------------	-----------

*Cimentado: (0.1 L) en profundidad.

*Enterrado: (0.1 L + 0.60 m) en profundidad.

Tipo de Suelo:	S1
-----------------------	----

*S1: Suelos Muy Rígidos - *S2: Suelos Intermedios

*S3: Suelos Blandos - *S4: Condiciones Excepcionales.

(Según Norma Técnica E.030).

Estado del Poste de Concreto (C.A.C.) según Anexo 02 del documento DMIBT-PO-BT-008 de Luz Del Sur:	-----
---	-------

Comentario

- La base del poste se encuentra en buen estado de conservación.
- Se observa vaciado de concreto antiguo a desnivel de la cimentación.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
PLATAFORMA SIG PARA LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS
SUBESTACIONES ELÉCTRICAS AÉREAS DE DISTRIBUCIÓN

CARTILLA DE EVALUACIÓN

Responsable:	Macgriver Mickel Rojas Ramos	Nro. de Cartilla:	011
Ubicación:	Imperial – Imperial – Cañete – Lima	Fecha de Evaluación:	Enero 2019

SUBESTACIÓN AÉREA DE DISTRIBUCIÓN



DATOS ESPECÍFICOS

Tipología Estructural:	SAB
Nro:	0018

*SAB: Subestación Aérea Biposte.

*SAM: Subestación Aérea Monoposte.

Tipología Funcional:	Alineamiento
-----------------------------	--------------

*Fin de Línea: Ubicada al extremo de la red aérea.

*Alineamiento: Ubicada intermedio de la red aérea.

Componente/Material	CA	MA
Poste	X	
Plataforma de soporte	X	
Palomilla doble	X	
Ménsula		
Cruceta asimétrica		X
Cruceta simétrica		

*CA: Concreto Armado. - *MA: Madera.

Altura del Poste de C.A.C. (m)	13.00
Potencia del Transformador (kVA)	250
Nivel de Tensión (kV)	10

Apreciación de Campo

- Se encuentra ubicado en una zona transitable cerca de viviendas.
- Se observa la construcción de un jardín aladaña en uno de los postes
- Se observa la instalación de los cables en formación vertical.

ESTADO DEL POSTE DE CONCRETO ARMADO CENTRIFUGADO (C.A.C.)



DATOS DE CIMENTACIÓN

Tipo de Empotramiento:	Cimentado
-------------------------------	-----------

*Cimentado: (0.1 L) en profundidad.

*Enterrado: (0.1 L + 0.60 m) en profundidad.

Tipo de Suelo:	S1
-----------------------	----

*S1: Suelos Muy Rígidos - *S2: Suelos Intermedios

*S3: Suelos Blandos - *S4: Condiciones Excepcionales.

(Según Norma Técnica E.030).

Estado del Poste de Concreto (C.A.C.) según Anexo 02 del documento DMIBT-PO-BT-008 de Luz Del Sur:	-----
---	-------

Comentario

- La base de los postes se encuentra en buen estado de conservación.
- Se observa presencia de humedad en uno de los postes debido al jardín aladaña.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
PLATAFORMA SIG PARA LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS
SUBESTACIONES ELÉCTRICAS AÉREAS DE DISTRIBUCIÓN

CARTILLA DE EVALUACIÓN

Responsable:	Macgriver Mickel Rojas Ramos	Nro. de Cartilla:	012
Ubicación:	Imperial – Imperial – Cañete – Lima	Fecha de Evaluación:	Enero 2019

SUBESTACIÓN AÉREA DE DISTRIBUCIÓN



DATOS ESPECÍFICOS

Tipología Estructural:	SAB
Nro:	0017

*SAB: Subestación Aérea Biposte.

*SAM: Subestación Aérea Monoposte.

Tipología Funcional:	Alineamiento
-----------------------------	--------------

*Fin de Línea: Ubicada al extremo de la red aérea.

*Alineamiento: Ubicada intermedio de la red aérea.

Componente/Material	CA	MA
Poste	X	
Plataforma de soporte	X	
Palomilla doble	X	
Ménsula		
Cruceta asimétrica		X
Cruceta simétrica		

*CA: Concreto Armado. - *MA: Madera.

Altura del Poste de C.A.C. (m)	13.00
Potencia del Transformador (kVA)	250
Nivel de Tensión (kV)	10

Apreciación de Campo

- Se encuentra ubicado en una zona transitable cerca de viviendas.
- Se observa la instalación de los cables en formación vertical.

ESTADO DEL POSTE DE CONCRETO ARMADO CENTRIFUGADO (C.A.C.)



DATOS DE CIMENTACIÓN

Tipo de Empotramiento:	Cimentado
-------------------------------	-----------

*Cimentado: (0.1 L) en profundidad.

*Enterrado: (0.1 L + 0.60 m) en profundidad.

Tipo de Suelo:	S2
-----------------------	----

*S1: Suelos Muy Rígidos - *S2: Suelos Intermedios

*S3: Suelos Blandos - *S4: Condiciones Excepcionales. (Según Norma Técnica E.030).

Estado del Poste de Concreto (C.A.C.) según Anexo 02 del documento DMIBT-PO-BT-008 de Luz Del Sur:	Tipo C
---	--------

*Tipo C: Presenta una o más rajaduras y/o grietas a lo largo, podría presentar pequeños desprendimientos del concreto en su base o a lo largo, si fuera así, El fierro se vería en buen estado y cubierto mayormente por concreto.

Comentario

- Se observa rajaduras por todo la base de un poste, además desprendimiento del mortero que se utilizó para cubrir las rajaduras.

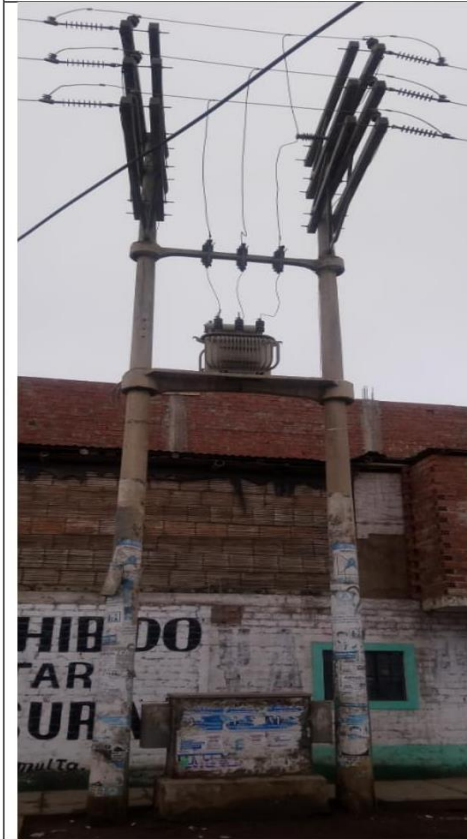


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
PLATAFORMA SIG PARA LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS
SUBESTACIONES ELÉCTRICAS AÉREAS DE DISTRIBUCIÓN

CARTILLA DE EVALUACIÓN

Responsable:	Macgriver Mickel Rojas Ramos	Nro. de Cartilla:	013
Ubicación:	Imperial – Imperial – Cañete – Lima	Fecha de Evaluación:	Enero 2019

SUBESTACIÓN AÉREA DE DISTRIBUCIÓN



DATOS ESPECÍFICOS

Tipología Estructural:	SAB
Nro:	0019

*SAB: Subestación Aérea Biposte.

*SAM: Subestación Aérea Monoposte.

Tipología Funcional:	Alineamiento
-----------------------------	--------------

*Fin de Línea: Ubicada al extremo de la red aérea.

*Alineamiento: Ubicada intermedio de la red aérea.

Componente/Material	CA	MA
Poste	X	
Plataforma de soporte	X	
Palomilla doble	X	
Ménsula		
Cruceta asimétrica		X
Cruceta simétrica		

*CA: Concreto Armado. - *MA: Madera.

Altura del Poste de C.A.C. (m)	13.00
Potencia del Transformador (kVA)	160
Nivel de Tensión (kV)	10

Apreciación de Campo

- Se encuentra ubicado en una zona transitable cerca de viviendas.
- Se observa la instalación de los cables en formación vertical.

ESTADO DEL POSTE DE CONCRETO ARMADO CENTRIFUGADO (C.A.C.)



DATOS DE CIMENTACIÓN

Tipo de Empotramiento:	Cimentado
-------------------------------	-----------

*Cimentado: (0.1 L) en profundidad.

*Enterrado: (0.1 L + 0.60 m) en profundidad.

Tipo de Suelo:	S2
-----------------------	----

*S1: Suelos Muy Rígidos - *S2: Suelos Intermedios

*S3: Suelos Blandos - *S4: Condiciones Excepcionales.

(Según Norma Técnica E.030).

Estado del Poste de Concreto (C.A.C.) según Anexo 02 del documento DMIBT-PO-BT-008 de Luz Del Sur:	Tipo C
---	--------

*Tipo C: Presenta una o más rajaduras y/o grietas a lo largo, podría presentar pequeños desprendimientos del concreto en su base o a lo largo, si fuera así, El fierro se vería en buen estado y cubierto mayormente por concreto.

Comentario

- Se observa rajaduras por todo la base de los poste, además desprendimiento del recubrimiento.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

PLATAFORMA SIG PARA LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS
SUBESTACIONES ELÉCTRICAS AÉREAS DE DISTRIBUCIÓN

CARTILLA DE EVALUACIÓN

Responsable:	Macgriver Mickel Rojas Ramos	Nro. de Cartilla:	014
Ubicación:	Imperial – Imperial – Cañete – Lima	Fecha de Evaluación:	Enero 2019

SUBESTACIÓN AÉREA DE DISTRIBUCIÓN



DATOS ESPECÍFICOS

Tipología Estructural:	SAB
Nro:	0020

*SAB: Subestación Aérea Biposte.

*SAM: Subestación Aérea Monoposte.

Tipología Funcional:	Fin de Línea
-----------------------------	--------------

*Fin de Línea: Ubicada al extremo de la red aérea.

*Alineamiento: Ubicada intermedio de la red aérea.

Componente/Material	CA	MA
Poste	X	
Plataforma de soporte	X	
Palomilla doble	X	
Ménsula		
Cruceta asimétrica		X
Cruceta simétrica		

*CA: Concreto Armado. - *MA: Madera.

Altura del Poste de C.A.C. (m)	13.00
Potencia del Transformador (kVA)	250
Nivel de Tensión (kV)	10

Apreciación de Campo

- Se encuentra ubicado en una zona transitable cerca de viviendas.
- Se observa la instalación de los cables en formación vertical.

ESTADO DEL POSTE DE CONCRETO ARMADO CENTRIFUGADO (C.A.C.)



DATOS DE CIMENTACIÓN

Tipo de Empotramiento:	Cimentado
-------------------------------	-----------

*Cimentado: (0.1 L) en profundidad.

*Enterrado: (0.1 L + 0.60 m) en profundidad.

Tipo de Suelo:	S1
-----------------------	----

*S1: Suelos Muy Rígidos - *S2: Suelos Intermedios

*S3: Suelos Blandos - *S4: Condiciones Excepcionales.

(Según Norma Técnica E.030).

Estado del Poste de Concreto (C.A.C.) según Anexo 02 del documento DMIBT-PO-BT-008 de Luz Del Sur:	----
---	------

Comentario

- La base de los postes se encuentra en buen estado de conservación.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
PLATAFORMA SIG PARA LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS
SUBESTACIONES ELÉCTRICAS AÉREAS DE DISTRIBUCIÓN

CARTILLA DE EVALUACIÓN

Responsable:	Macgriver Mickel Rojas Ramos	Nro. de Cartilla:	015
Ubicación:	Imperial – Imperial – Cañete – Lima	Fecha de Evaluación:	Enero 2019

SUBESTACIÓN AÉREA DE DISTRIBUCIÓN



DATOS ESPECÍFICOS

Tipología Estructural:	SAM
Nro:	0648

*SAB: Subestación Aérea Biposte.

*SAM: Subestación Aérea Monoposte.

Tipología Funcional:	Fin de Línea
-----------------------------	--------------

*Fin de Línea: Ubicada al extremo de la red aérea.

*Alineamiento: Ubicada intermedio de la red aérea.

Componente/Material	CA	MA
Poste	X	
Plataforma de soporte	X	
Palomilla doble		
Ménsula		
Cruceta asimétrica		X
Cruceta simétrica		

*CA: Concreto Armado. - *MA: Madera.

Altura del Poste de C.A.C. (m)	13.00
Potencia del Transformador (kVA)	100
Nivel de Tensión (kV)	10

Apreciación de Campo

- Se encuentra ubicado en una zona transitable cerca del parque vecinal.
- Se observa la instalación de los cables en formación vertical.

ESTADO DEL POSTE DE CONCRETO ARMADO CENTRIFUGADO (C.A.C.)



DATOS DE CIMENTACIÓN

Tipo de Empotramiento:	Cimentado
-------------------------------	-----------

*Cimentado: (0.1 L) en profundidad.

*Enterrado: (0.1 L + 0.60 m) en profundidad.

Tipo de Suelo:	S2
-----------------------	----

*S1: Suelos Muy Rígidos - *S2: Suelos Intermedios

*S3: Suelos Blandos - *S4: Condiciones Excepcionales.
(Según Norma Técnica E.030).

Estado del Poste de Concreto (C.A.C.) según Anexo 02 del documento DMIBT-PO-BT-008 de Luz Del Sur:	-----
---	-------

Comentario

- La base del poste se encuentra en buen estado de conservación.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
PLATAFORMA SIG PARA LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS
SUBESTACIONES ELÉCTRICAS AÉREAS DE DISTRIBUCIÓN

CARTILLA DE EVALUACIÓN

Responsable:	Macgriver Mickel Rojas Ramos	Nro. de Cartilla:	016
Ubicación:	Imperial – Imperial – Cañete – Lima	Fecha de Evaluación:	Enero 2019



SUBESTACIÓN AÉREA DE DISTRIBUCIÓN

DATOS ESPECÍFICOS

Tipología Estructural:	SAB
Nro:	0024

*SAB: Subestación Aérea Biposte.

*SAM: Subestación Aérea Monoposte.

Tipología Funcional:	Alineamiento
-----------------------------	--------------

*Fin de Línea: Ubicada al extremo de la red aérea.

*Alineamiento: Ubicada intermedio de la red aérea.

Componente/Material	CA	MA
Poste	X	
Plataforma de soporte	X	
Palomilla doble	X	
Ménsula		
Cruceta asimétrica		X
Cruceta simétrica		

*CA: Concreto Armado. - *MA: Madera.

Altura del Poste de C.A.C. (m)	13.00
Potencia del Transformador (kVA)	250
Nivel de Tensión (kV)	10

Apreciación de Campo

- Se encuentra ubicado en una zona transitable cerca de viviendas.
- Se observa la instalación de los cables en formación vertical.

ESTADO DEL POSTE DE CONCRETO ARMADO CENTRIFUGADO (C.A.C.)



DATOS DE CIMENTACIÓN

Tipo de Empotramiento:	Cimentado
-------------------------------	-----------

*Cimentado: (0.1 L) en profundidad.

*Enterrado: (0.1 L + 0.60 m) en profundidad.

Tipo de Suelo:	S2
-----------------------	----

*S1: Suelos Muy Rígidos - *S2: Suelos Intermedios

*S3: Suelos Blandos - *S4: Condiciones Excepcionales.
(Según Norma Técnica E.030).

Estado del Poste de Concreto (C.A.C.) según Anexo 02 del documento DMIBT-PO-BT-008 de Luz Del Sur:	Tipo C
---	--------

*Tipo C: Presenta una o más rajaduras y/o grietas a lo largo, podría presentar pequeños desprendimientos del concreto en su base o a lo largo, si fuera así, El fierro se vería en buen estado y cubierto mayormente por concreto.

Comentario

- Se observa en la base de los postes, pequeñas rajaduras.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
PLATAFORMA SIG PARA LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS
SUBESTACIONES ELÉCTRICAS AÉREAS DE DISTRIBUCIÓN

CARTILLA DE EVALUACIÓN

Responsable:	Macgriver Mickel Rojas Ramos	Nro. de Cartilla:	017
Ubicación:	Imperial – Imperial – Cañete – Lima	Fecha de Evaluación:	Enero 2019



SUBESTACIÓN AÉREA DE DISTRIBUCIÓN

DATOS ESPECÍFICOS

Tipología Estructural:	SAB
Nro:	0023

*SAB: Subestación Aérea Biposte.

*SAM: Subestación Aérea Monoposte.

Tipología Funcional:	Alineamiento
-----------------------------	--------------

*Fin de Línea: Ubicada al extremo de la red aérea.

*Alineamiento: Ubicada intermedio de la red aérea.

Componente/Material	CA	MA
Poste	X	
Plataforma de soporte	X	
Palomilla doble	X	
Ménsula		
Cruceta asimétrica		X
Cruceta simétrica		

*CA: Concreto Armado. - *MA: Madera.

Altura del Poste de C.A.C. (m)	13.00
Potencia del Transformador (kVA)	250
Nivel de Tensión (kV)	10

Apreciación de Campo

- Se encuentra ubicado en una zona transitable cerca de viviendas y bodega.
- Se observa la instalación de los cables en formación vertical.

ESTADO DEL POSTE DE CONCRETO ARMADO CENTRIFUGADO (C.A.C.)



DATOS DE CIMENTACIÓN

Tipo de Empotramiento:	Cimentado
-------------------------------	-----------

*Cimentado: (0.1 L) en profundidad.

*Enterrado: (0.1 L + 0.60 m) en profundidad.

Tipo de Suelo:	S2
-----------------------	----

*S1: Suelos Muy Rígidos - *S2: Suelos Intermedios

*S3: Suelos Blandos - *S4: Condiciones Excepcionales.
(Según Norma Técnica E.030).

Estado del Poste de Concreto (C.A.C.) según Anexo 02 del documento DMIBT-PO-BT-008 de Luz Del Sur:	-----
---	-------

Comentario

- La base de los postes se encuentran en buen estado de conservación.
- Se observa en la base de los postes, un recubrimiento a desnivel de la cimentación.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

PLATAFORMA SIG PARA LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS
SUBESTACIONES ELÉCTRICAS AÉREAS DE DISTRIBUCIÓN

CARTILLA DE EVALUACIÓN

Responsable:	Macgriver Mickel Rojas Ramos	Nro. de Cartilla:	018
Ubicación:	Imperial – Imperial – Cañete – Lima	Fecha de Evaluación:	Enero 2019

SUBESTACIÓN AÉREA DE DISTRIBUCIÓN



DATOS ESPECÍFICOS

Tipología Estructural:	SAB
Nro:	0022

*SAB: Subestación Aérea Biposte.

*SAM: Subestación Aérea Monoposte.

Tipología Funcional:	Alineamiento
-----------------------------	--------------

*Fin de Línea: Ubicada al extremo de la red aérea.

*Alineamiento: Ubicada intermedio de la red aérea.

Componente/Material	CA	MA
Poste	X	
Plataforma de soporte	X	
Palomilla doble	X	
Ménsula		
Cruceta asimétrica		X
Cruceta simétrica		

*CA: Concreto Armado. - *MA: Madera.

Altura del Poste de C.A.C. (m)	13.00
Potencia del Transformador (kVA)	250
Nivel de Tensión (kV)	10

Apreciación de Campo

- Se encuentra ubicado en una zona transitable cerca de viviendas.
- Se observa la instalación de los cables en formación vertical.

ESTADO DEL POSTE DE CONCRETO ARMADO CENTRIFUGADO (C.A.C.)



DATOS DE CIMENTACIÓN

Tipo de Empotramiento:	Cimentado
-------------------------------	-----------

*Cimentado: (0.1 L) en profundidad.

*Enterrado: (0.1 L + 0.60 m) en profundidad.

Tipo de Suelo:	S2
-----------------------	----

*S1: Suelos Muy Rígidos - *S2: Suelos Intermedios

*S3: Suelos Blandos - *S4: Condiciones Excepcionales.

(Según Norma Técnica E.030).

Estado del Poste de Concreto (C.A.C.) según Anexo 02 del documento DMIBT-PO-BT-008 de Luz Del Sur:	-----
---	-------

Comentario

- La base de los postes se encuentran en buen estado de conservación.
- Se observa en la base de los postes, un recubrimiento a desnivel de la cimentación.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
PLATAFORMA SIG PARA LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS
SUBESTACIONES ELÉCTRICAS AÉREAS DE DISTRIBUCIÓN

CARTILLA DE EVALUACIÓN

Responsable:	Macgriver Mickel Rojas Ramos	Nro. de Cartilla:	019
Ubicación:	Imperial – Imperial – Cañete – Lima	Fecha de Evaluación:	Enero 2019

SUBESTACIÓN AÉREA DE DISTRIBUCIÓN



DATOS ESPECÍFICOS

Tipología Estructural:	SAB
Nro:	0021

*SAB: Subestación Aérea Biposte.

*SAM: Subestación Aérea Monoposte.

Tipología Funcional:	Fin de Línea
-----------------------------	--------------

*Fin de Línea: Ubicada al extremo de la red aérea.

*Alineamiento: Ubicada intermedio de la red aérea.

Componente/Material	CA	MA
Poste	X	
Plataforma de soporte	X	
Palomilla doble	X	
Ménsula	X	
Cruceta asimétrica		
Cruceta simétrica		

*CA: Concreto Armado. - *MA: Madera.

Altura del Poste de C.A.C. (m)	13.00
Potencia del Transformador (kVA)	400
Nivel de Tensión (kV)	10

Apreciación de Campo

- Se encuentra ubicado en medio de los carriles.
- Se observa la instalación de los cables en formación vertical.

ESTADO DEL POSTE DE CONCRETO ARMADO CENTRIFUGADO (C.A.C.)



DATOS DE CIMENTACIÓN

Tipo de Empotramiento:	Cimentado
-------------------------------	-----------

*Cimentado: (0.1 L) en profundidad.

*Enterrado: (0.1 L + 0.60 m) en profundidad.

Tipo de Suelo:	S2
-----------------------	----

*S1: Suelos Muy Rígidos - *S2: Suelos Intermedios

*S3: Suelos Blandos - *S4: Condiciones Excepcionales.
(Según Norma Técnica E.030).

Estado del Poste de Concreto (C.A.C.) según Anexo 02 del documento DMIBT-PO-BT-008 de Luz Del Sur:	-----
---	-------

Comentario

- La base de los postes se encuentran en buen estado de conservación.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

PLATAFORMA SIG PARA LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS
SUBESTACIONES ELÉCTRICAS AÉREAS DE DISTRIBUCIÓN

CARTILLA DE EVALUACIÓN

Responsable:	Macgriver Mickel Rojas Ramos	Nro. de Cartilla:	020
Ubicación:	Imperial – Imperial – Cañete – Lima	Fecha de Evaluación:	Enero 2019

SUBESTACIÓN AÉREA DE DISTRIBUCIÓN



DATOS ESPECÍFICOS

Tipología Estructural:	SAM
Nro:	0803

*SAB: Subestación Aérea Biposte.

*SAM: Subestación Aérea Monoposte.

Tipología Funcional:	Fin de Línea
-----------------------------	--------------

*Fin de Línea: Ubicada al extremo de la red aérea.

*Alineamiento: Ubicada intermedio de la red aérea.

Componente/Material	CA	MA
Poste	X	
Plataforma de soporte	X	
Palomilla doble		
Ménsula		
Cruceta asimétrica		X
Cruceta simétrica		

*CA: Concreto Armado. - *MA: Madera.

Altura del Poste de C.A.C. (m)	13.00
Potencia del Transformador (kVA)	100
Nivel de Tensión (kV)	10

Apreciación de Campo

- Se encuentra ubicado en una zona transitable cerca de vivienda y negocio de ventas.
- Se observa la instalación de los cables en formación vertical.

ESTADO DEL POSTE DE CONCRETO ARMADO CENTRIFUGADO (C.A.C.)



DATOS DE CIMENTACIÓN

Tipo de Empotramiento:	Cimentado
-------------------------------	-----------

*Cimentado: (0.1 L) en profundidad.

*Enterrado: (0.1 L + 0.60 m) en profundidad.

Tipo de Suelo:	S2
-----------------------	----

*S1: Suelos Muy Rígidos - *S2: Suelos Intermedios

*S3: Suelos Blandos - *S4: Condiciones Excepcionales.
(Según Norma Técnica E.030).

Estado del Poste de Concreto (C.A.C.) según Anexo 02 del documento DMIBT-PO-BT-008 de Luz Del Sur:	-----
---	-------

Comentario

- La base del poste se encuentra en buen estado de conservación.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

PLATAFORMA SIG PARA LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS
SUBESTACIONES ELÉCTRICAS AÉREAS DE DISTRIBUCIÓN

CARTILLA DE EVALUACIÓN

Responsable:	Macgriver Mickel Rojas Ramos	Nro. de Cartilla:	021
Ubicación:	Imperial – Imperial – Cañete – Lima	Fecha de Evaluación:	Enero 2019

SUBESTACIÓN AÉREA DE DISTRIBUCIÓN



DATOS ESPECÍFICOS

Tipología Estructural:	SAM
Nro:	0496

*SAB: Subestación Aérea Biposte.

*SAM: Subestación Aérea Monoposte

Tipología Funcional:	Alineamiento
-----------------------------	--------------

*Fin de Línea: Ubicada al extremo de la red aérea.

*Alineamiento: Ubicada intermedio de la red aérea.

Componente/Material	CA	MA
Poste	X	
Plataforma de soporte	X	
Palomilla doble		
Ménsula		
Cruceta asimétrica		X
Cruceta simétrica		

*CA: Concreto Armado. - *MA: Madera.

Altura del Poste de C.A.C. (m)	13.00
Potencia del Transformador (kVA)	100
Nivel de Tensión (kV)	10

Apreciación de Campo

- Se encuentra ubicado en una zona comercial.
- Existe basura y desmonte alrededor.
- Se observa la instalación de los cables en formación vertical.

ESTADO DEL POSTE DE CONCRETO ARMADO CENTRIFUGADO (C.A.C.)



DATOS DE CIMENTACIÓN

Tipo de Empotramiento:	Cimentado
-------------------------------	-----------

*Cimentado: (0.1 L) en profundidad.

*Enterrado: (0.1 L + 0.60 m) en profundidad.

Tipo de Suelo:	S2
-----------------------	----

*S1: Suelos Muy Rígidos - *S2: Suelos Intermedios

*S3: Suelos Blandos - *S4: Condiciones Excepcionales.
(Según Norma Técnica E.030).

Estado del Poste de Concreto (C.A.C.) según Anexo 02 del documento DMIBT-PO-BT-008 de Luz Del Sur:	----
---	------

Comentario

- La base de los postes se encuentran en buen estado de conservación.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

PLATAFORMA SIG PARA LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS
SUBESTACIONES ELÉCTRICAS AÉREAS DE DISTRIBUCIÓN

CARTILLA DE EVALUACIÓN

Responsable:	Macgriver Mickel Rojas Ramos	Nro. de Cartilla:	022
Ubicación:	Imperial – Imperial – Cañete – Lima	Fecha de Evaluación:	Enero 2019

SUBESTACIÓN AÉREA DE DISTRIBUCIÓN



DATOS ESPECÍFICOS

Tipología Estructural:	SAB
Nro:	0097

*SAB: Subestación Aérea Biposte.

*SAM: Subestación Aérea Monoposte.

Tipología Funcional:	Fin de Línea
-----------------------------	--------------

*Fin de Línea: Ubicada al extremo de la red aérea.

*Alineamiento: Ubicada intermedio de la red aérea.

Componente/Material	CA	MA
Poste	X	
Plataforma de soporte	X	
Palomilla doble	X	
Ménsula		
Cruceta asimétrica		
Cruceta simétrica	X	

*CA: Concreto Armado. - *MA: Madera.

Altura del Poste de C.A.C. (m)	13.00
Potencia del Transformador (kVA)	160
Nivel de Tensión (kV)	10

Apreciación de Campo

- Se encuentra ubicado en zona transitable cerca de viviendas.
- Se observa pastoral de alumbrado público.
- Se observa la instalación de los cables en formación triangular.

ESTADO DEL POSTE DE CONCRETO ARMADO CENTRIFUGADO (C.A.C.)



DATOS DE CIMENTACIÓN

Tipo de Empotramiento:	Cimentado
-------------------------------	-----------

*Cimentado: (0.1 L) en profundidad.

*Enterrado: (0.1 L + 0.60 m) en profundidad.

Tipo de Suelo:	S1
-----------------------	----

*S1: Suelos Muy Rígidos - *S2: Suelos Intermedios

*S3: Suelos Blandos - *S4: Condiciones Excepcionales.

(Según Norma Técnica E.030).

Estado del Poste de Concreto (C.A.C.) según Anexo 02 del documento DMIBT-PO-BT-008 de Luz Del Sur:	Tipo CV
---	---------

*Tipo CV: Cuenta con protector de fibra de vidrio sin deterioro del concreto a lo largo del poste. Para efectos operativos puede ser considerado como tipo C

Comentario

- Se observa el mantenimiento de la base de los postes.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
PLATAFORMA SIG PARA LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS
SUBESTACIONES ELÉCTRICAS AÉREAS DE DISTRIBUCIÓN

CARTILLA DE EVALUACIÓN

Responsable:	Macgriver Mickel Rojas Ramos	Nro. de Cartilla:	023
Ubicación:	Imperial – Imperial – Cañete – Lima	Fecha de Evaluación:	Enero 2019

SUBESTACIÓN AÉREA DE DISTRIBUCIÓN



DATOS ESPECÍFICOS

Tipología Estructural:	SAM
Nro:	0662

*SAB: Subestación Aérea Biposte.

*SAM: Subestación Aérea Monoposte.

Tipología Funcional:	Alineamiento
-----------------------------	--------------

*Fin de Línea: Ubicada al extremo de la red aérea.

*Alineamiento: Ubicada intermedio de la red aérea.

Componente/Material	CA	MA
Poste	X	
Plataforma de soporte	X	
Palomilla doble		
Ménsula		
Cruceta asimétrica		X
Cruceta simétrica		

*CA: Concreto Armado. - *MA: Madera.

Altura del Poste de C.A.C. (m)	13.00
Potencia del Transformador (kVA)	100
Nivel de Tensión (kV)	10

Apreciación de Campo

- Se encuentra ubicado en una zona transitable cerca de viviendas e iglesia Mormón.
- Se observa la instalación de los cables en formación vertical.

ESTADO DEL POSTE DE CONCRETO ARMADO CENTRIFUGADO (C.A.C.)



DATOS DE CIMENTACIÓN

Tipo de Empotramiento:	Cimentado
-------------------------------	-----------

*Cimentado: (0.1 L) en profundidad.

*Enterrado: (0.1 L + 0.60 m) en profundidad.

Tipo de Suelo:	S1
-----------------------	----

*S1: Suelos Muy Rígidos - *S2: Suelos Intermedios

*S3: Suelos Blandos - *S4: Condiciones Excepcionales.
(Según Norma Técnica E.030).

Estado del Poste de Concreto (C.A.C.) según Anexo 02 del documento DMIBT-PO-BT-008 de Luz Del Sur:	-----
---	-------

Comentario

- La base del poste se encuentra en buen estado de conservación.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

PLATAFORMA SIG PARA LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS
SUBESTACIONES ELÉCTRICAS AÉREAS DE DISTRIBUCIÓN

CARTILLA DE EVALUACIÓN

Responsable:	Macgriver Mickel Rojas Ramos	Nro. de Cartilla:	024
Ubicación:	Imperial – Imperial – Cañete – Lima	Fecha de Evaluación:	Enero 2019

SUBESTACIÓN AÉREA DE DISTRIBUCIÓN



DATOS ESPECÍFICOS

Tipología Estructural:	SAM
Nro:	0700

*SAB: Subestación Aérea Biposte.

*SAM: Subestación Aérea Monoposte.

Tipología Funcional:	Fin de Línea
-----------------------------	--------------

*Fin de Línea: Ubicada al extremo de la red aérea.

*Alineamiento: Ubicada intermedio de la red aérea.

Componente/Material	CA	MA
Poste	X	
Plataforma de soporte	X	
Palomilla doble		
Ménsula	X	
Cruceta asimétrica		X
Cruceta simétrica		

*CA: Concreto Armado. - *MA: Madera.

Altura del Poste de C.A.C. (m)	13.00
Potencia del Transformador (kVA)	100
Nivel de Tensión (kV)	10

Apreciación de Campo

- Se encuentra ubicado en una zona transitable cerca de viviendas.
- Se observa la instalación de los cables en formación vertical.

ESTADO DEL POSTE DE CONCRETO ARMADO CENTRIFUGADO (C.A.C.)



DATOS DE CIMENTACIÓN

Tipo de Empotramiento:	Cimentado
-------------------------------	-----------

*Cimentado: (0.1 L) en profundidad.

*Enterrado: (0.1 L + 0.60 m) en profundidad.

Tipo de Suelo:	S1
-----------------------	----

*S1: Suelos Muy Rígidos - *S2: Suelos Intermedios

*S3: Suelos Blandos - *S4: Condiciones Excepcionales.

(Según Norma Técnica E.030).

Estado del Poste de Concreto (C.A.C.) según Anexo 02 del documento DMIBT-PO-BT-008 de Luz Del Sur:	-----
---	-------

Comentario

- La base del poste se encuentra en buen estado de conservación.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
PLATAFORMA SIG PARA LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS
SUBESTACIONES ELÉCTRICAS AÉREAS DE DISTRIBUCIÓN

CARTILLA DE EVALUACIÓN

Responsable:	Macgriver Mickel Rojas Ramos	Nro. de Cartilla:	025
Ubicación:	Imperial – Imperial – Cañete – Lima	Fecha de Evaluación:	Enero 2019

SUBESTACIÓN AÉREA DE DISTRIBUCIÓN



DATOS ESPECÍFICOS

Tipología Estructural:	SAM
Nro:	0689

*SAB: Subestación Aérea Biposte.

*SAM: Subestación Aérea Monoposte.

Tipología Funcional:	Fin de Línea
-----------------------------	--------------

*Fin de Línea: Ubicada al extremo de la red aérea.

*Alineamiento: Ubicada intermedio de la red aérea.

Componente/Material	CA	MA
Poste	X	
Plataforma de soporte	X	
Palomilla doble		
Ménsula		
Cruceta asimétrica		X
Cruceta simétrica		

*CA: Concreto Armado. - *MA: Madera.

Altura del Poste de C.A.C. (m)	13.00
Potencia del Transformador (kVA)	50
Nivel de Tensión (kV)	10

Apreciación de Campo

- Se encuentra ubicado en una zona transitada cerca de viviendas.
- Se observa la instalación de los cables en formación vertical.

ESTADO DEL POSTE DE CONCRETO ARMADO CENTRIFUGADO (C.A.C.)



DATOS DE CIMENTACIÓN

Tipo de Empotramiento:	Cimentado
-------------------------------	-----------

*Cimentado: (0.1 L) en profundidad.

*Enterrado: (0.1 L + 0.60 m) en profundidad.

Tipo de Suelo:	S1
-----------------------	----

*S1: Suelos Muy Rígidos - *S2: Suelos Intermedios

*S3: Suelos Blandos - *S4: Condiciones Excepcionales.
(Según Norma Técnica E.030).

Estado del Poste de Concreto (C.A.C.) según Anexo 02 del documento DMIBT-PO-BT-008 de Luz Del Sur:	----
---	------

Comentario

- La base del poste se encuentra en buen estado de conservación.

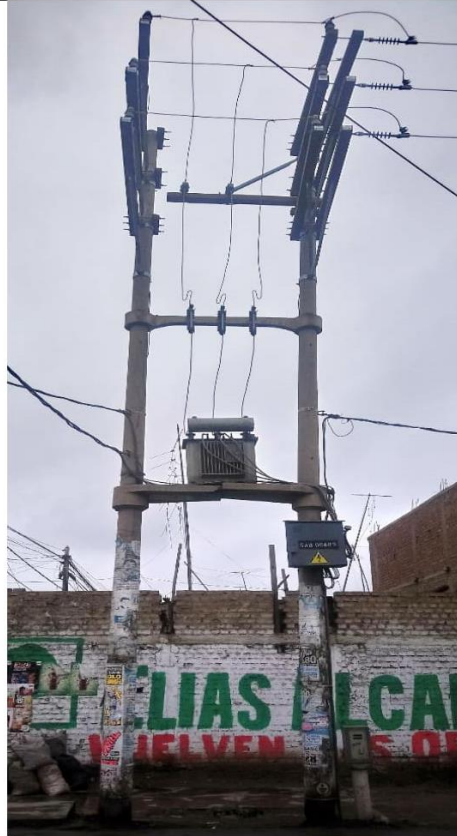


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
PLATAFORMA SIG PARA LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS
SUBESTACIONES ELÉCTRICAS AÉREAS DE DISTRIBUCIÓN

CARTILLA DE EVALUACIÓN

Responsable:	Macgriver Mickel Rojas Ramos	Nro. de Cartilla:	026
Ubicación:	Imperial – Imperial – Cañete – Lima	Fecha de Evaluación:	Enero 2019

SUBESTACIÓN AÉREA DE DISTRIBUCIÓN



DATOS ESPECÍFICOS

Tipología Estructural:	SAB
Nro:	0405

*SAB: Subestación Aérea Biposte.

*SAM: Subestación Aérea Monoposte.

Tipología Funcional:	Fin de Línea
-----------------------------	--------------

*Fin de Línea: Ubicada al extremo de la red aérea.

*Alineamiento: Ubicada intermedio de la red aérea.

Componente/Material	CA	MA
Poste	X	
Plataforma de soporte	X	
Palomilla doble	X	
Ménsula		
Cruceta asimétrica		X
Cruceta simétrica		

*CA: Concreto Armado. - *MA: Madera.

Altura del Poste de C.A.C. (m)	13.00
Potencia del Transformador (kVA)	400
Nivel de Tensión (kV)	10

Apreciación de Campo

- Se encuentra ubicado en zona transitable cerca de viviendas.
- Se observa desnivel en la plataforma de soporte.
- Se observa la instalación de los cables en formación vertical.

ESTADO DEL POSTE DE CONCRETO ARMADO CENTRIFUGADO (C.A.C.)



DATOS DE CIMENTACIÓN

Tipo de Empotramiento:	Cimentado
-------------------------------	-----------

*Cimentado: (0.1 L) en profundidad.

*Enterrado: (0.1 L + 0.60 m) en profundidad.

Tipo de Suelo:	S2
-----------------------	----

*S1: Suelos Muy Rígidos - *S2: Suelos Intermedios

*S3: Suelos Blandos - *S4: Condiciones Excepcionales. (Según Norma Técnica E.030).

Estado del Poste de Concreto (C.A.C.) según Anexo 02 del documento DMIBT-PO-BT-008 de Luz Del Sur:	Tipo B1
---	---------

*Tipo B1: Hasta 2 fierros seccionados o hasta 3 que hayan perdido la tercera parte de su sección en uno o más puntos. Puede existir orificios de hasta 3 cm. de diámetro o desprendimiento focalizado a lo largo del poste dejando los fierros visibles.

Comentario

- Se observa rajaduras y desprendimiento del recubrimiento en la base de los postes.
- Se presenta oxida y pérdida de la sección del acero de refuerzo.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

PLATAFORMA SIG PARA LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS
SUBESTACIONES ELÉCTRICAS AÉREAS DE DISTRIBUCIÓN

CARTILLA DE EVALUACIÓN

Responsable:	Macgriver Mickel Rojas Ramos	Nro. de Cartilla:	027
Ubicación:	Imperial – Imperial – Cañete – Lima	Fecha de Evaluación:	Enero 2019

SUBESTACIÓN AÉREA DE DISTRIBUCIÓN



DATOS ESPECÍFICOS

Tipología Estructural:	SAM
Nro:	0647

*SAB: Subestación Aérea Biposte.

*SAM: Subestación Aérea Monoposte.

Tipología Funcional:	Fin de Línea
-----------------------------	--------------

*Fin de Línea: Ubicada al extremo de la red aérea.

*Alineamiento: Ubicada intermedio de la red aérea.

Componente/Material	CA	MA
Poste	X	
Plataforma de soporte	X	
Palomilla doble		
Ménsula		
Cruceta asimétrica		X
Cruceta simétrica		

*CA: Concreto Armado. - *MA: Madera.

Altura del Poste de C.A.C. (m)	13.00
Potencia del Transformador (kVA)	100
Nivel de Tensión (kV)	10

Apreciación de Campo

- Se encuentra ubicado en una zona transitable cerca de viviendas.
- Se observa la instalación de los cables en formación vertical.

ESTADO DEL POSTE DE CONCRETO ARMADO CENTRIFUGADO (C.A.C.)



DATOS DE CIMENTACIÓN

Tipo de Empotramiento:	Cimentado
-------------------------------	-----------

*Cimentado: (0.1 L) en profundidad.

*Enterrado: (0.1 L + 0.60 m) en profundidad.

Tipo de Suelo:	S2
-----------------------	----

*S1: Suelos Muy Rígidos - *S2: Suelos Intermedios

*S3: Suelos Blandos - *S4: Condiciones Excepcionales.

(Según Norma Técnica E.030).

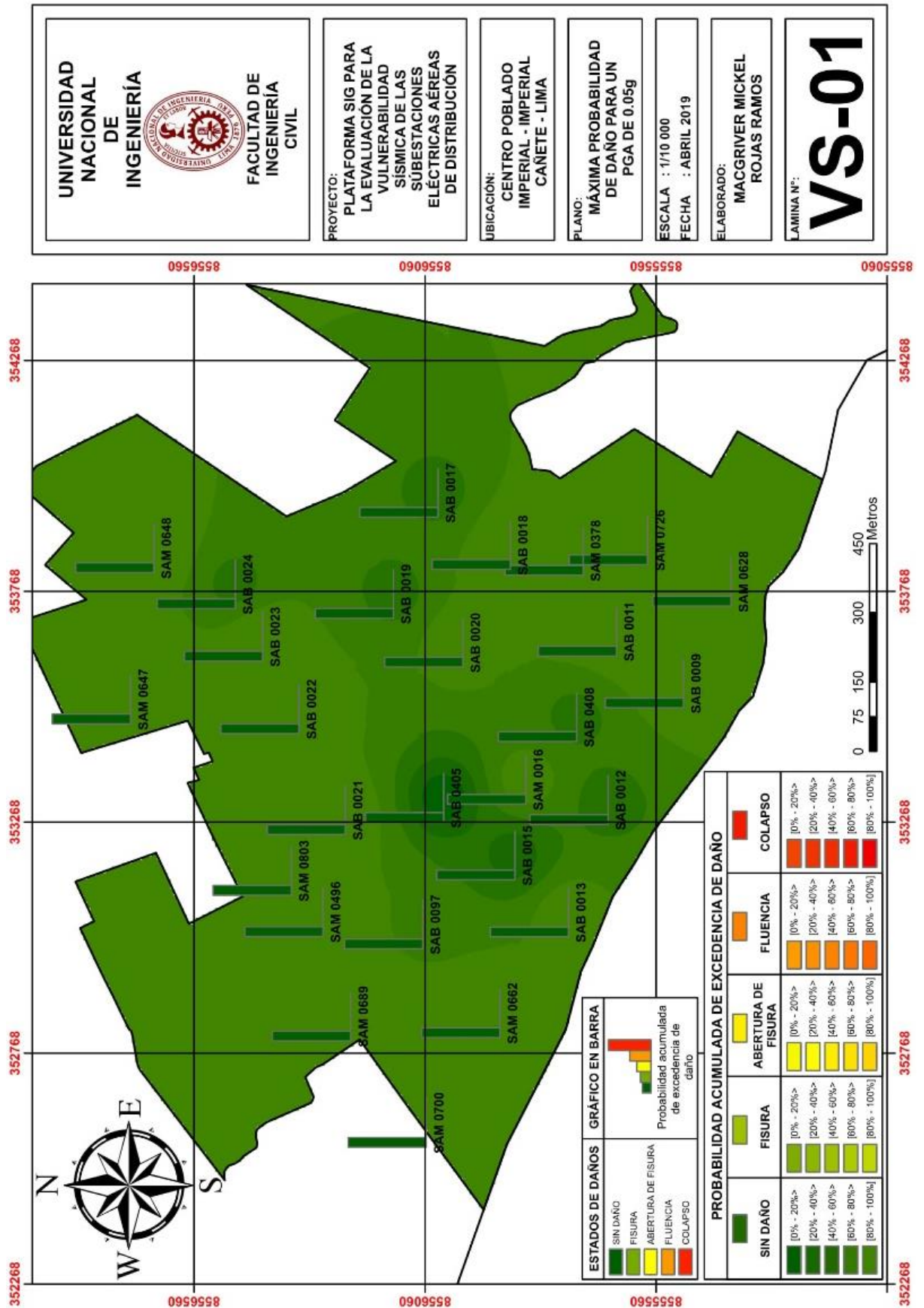
Estado del Poste de Concreto (C.A.C.) según Anexo 02 del documento DMIBT-PO-BT-008 de Luz Del Sur:	-----
---	-------

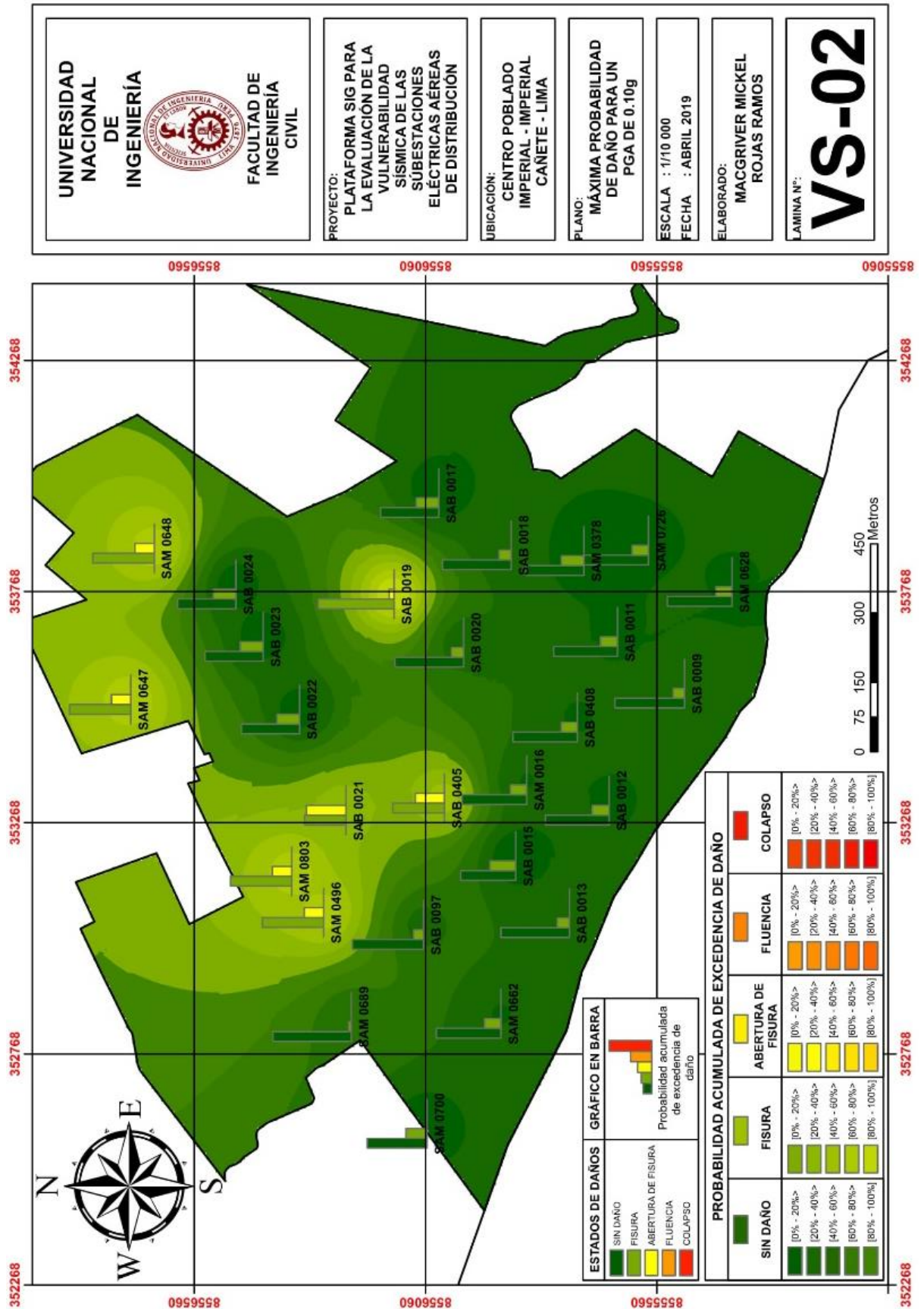
Comentario

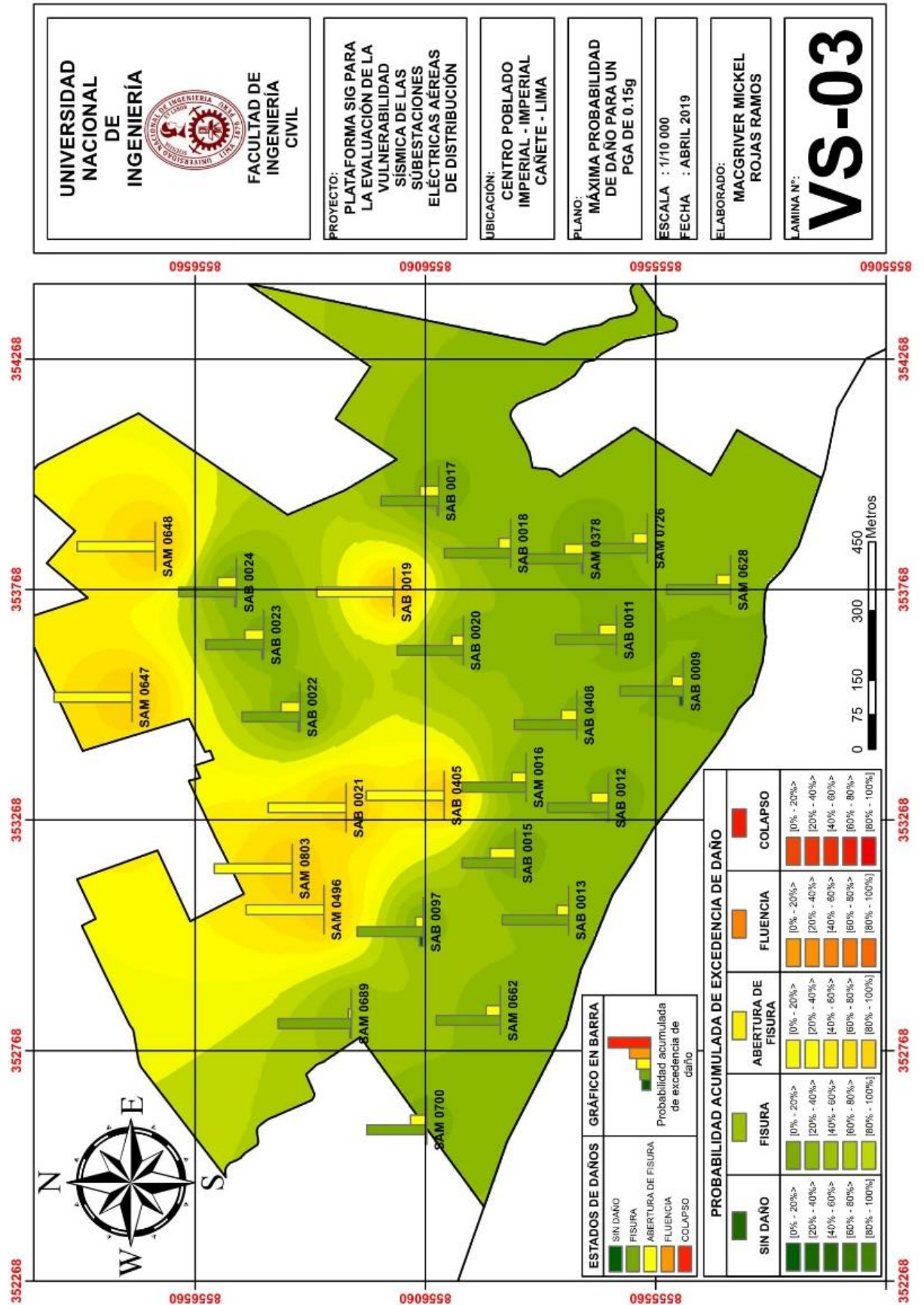
- La base del poste se encuentra en buen estado de conservación.

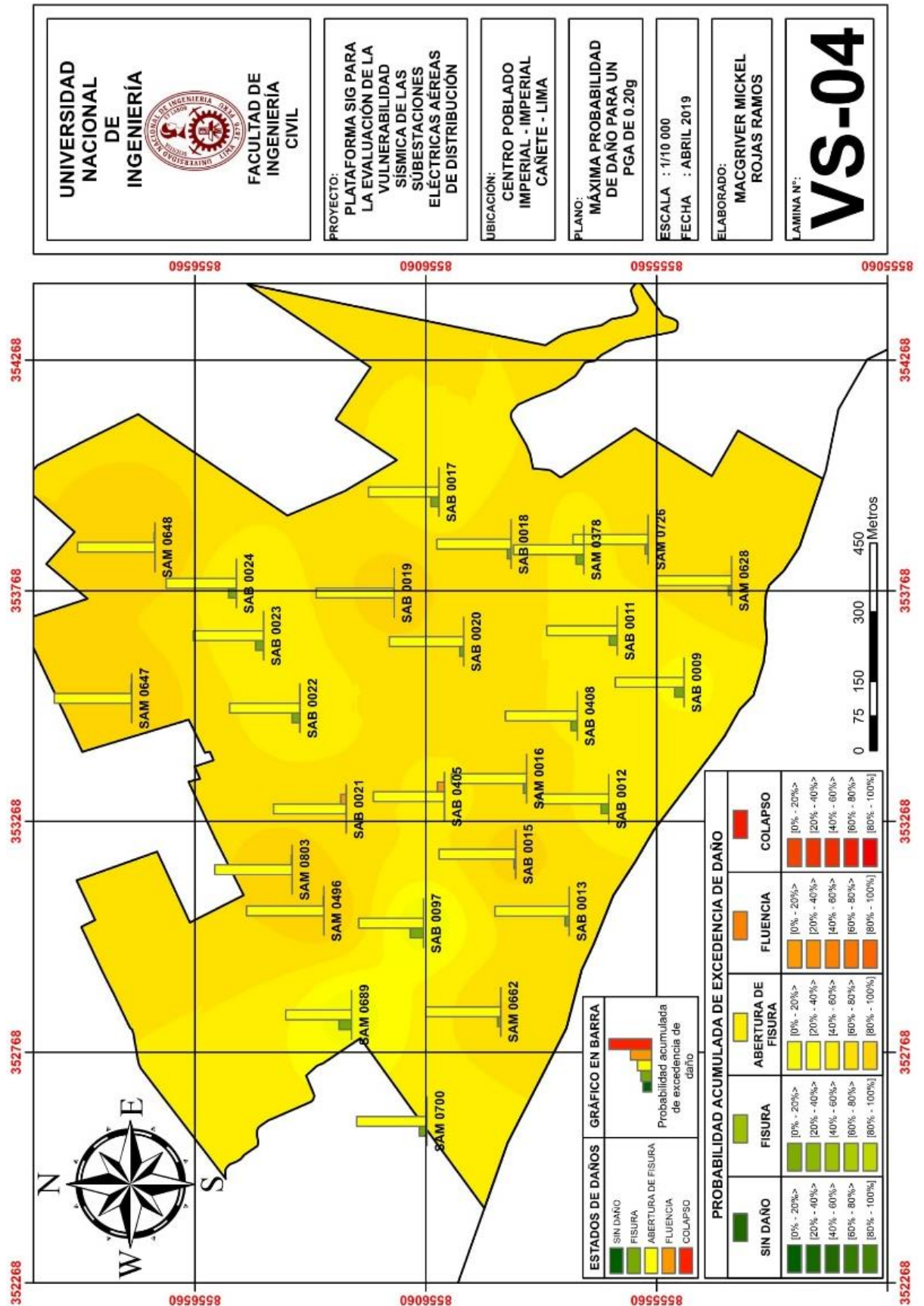
ANEXO “B”

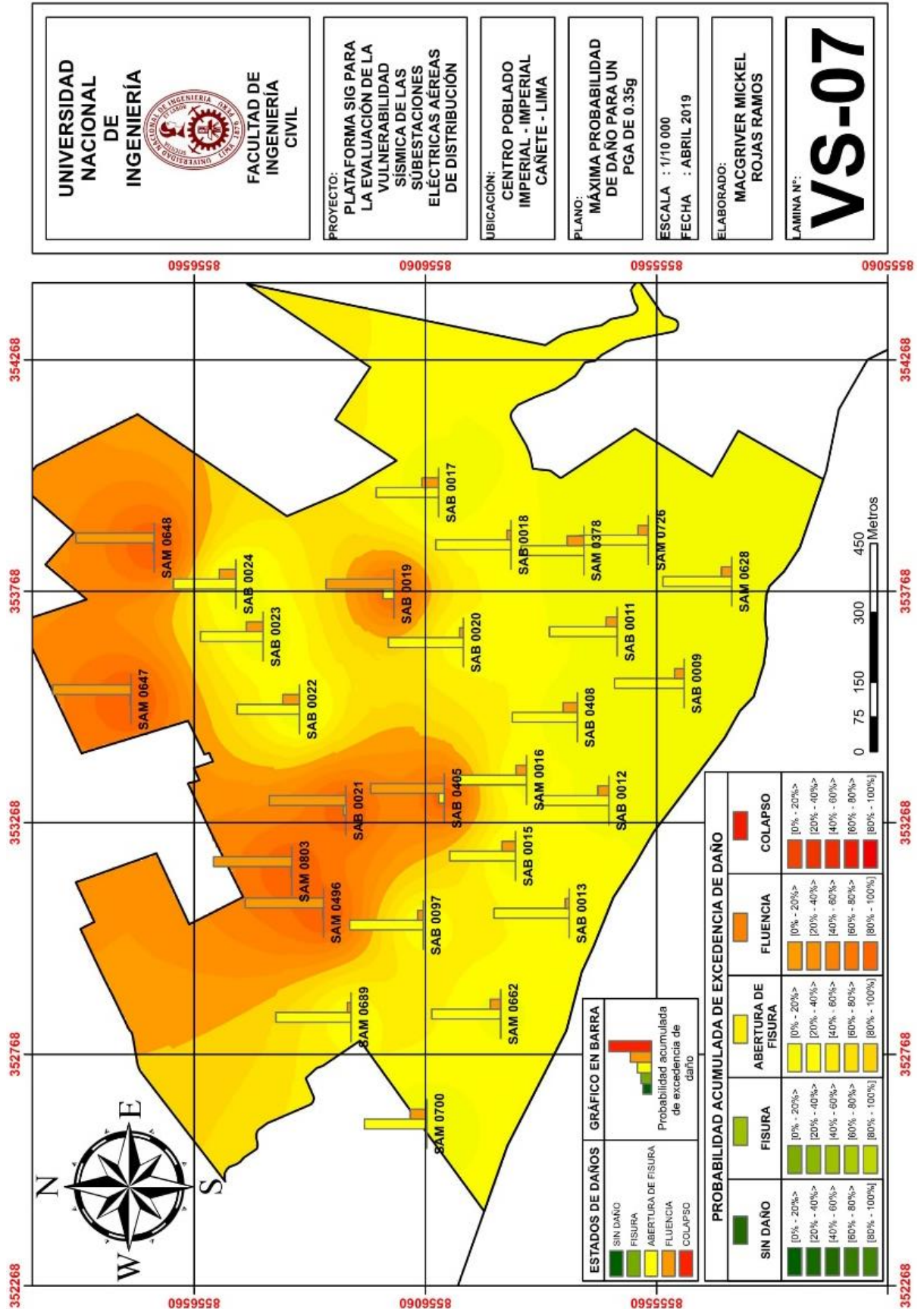
MAPAS TEMÁTICOS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS SUBESTACIONES ELÉCTRICAS AÉREAS DE DISTRIBUCIÓN DEL CENTRO POBLADO IMPERIAL – IMPERIAL – CAÑETE - LIMA

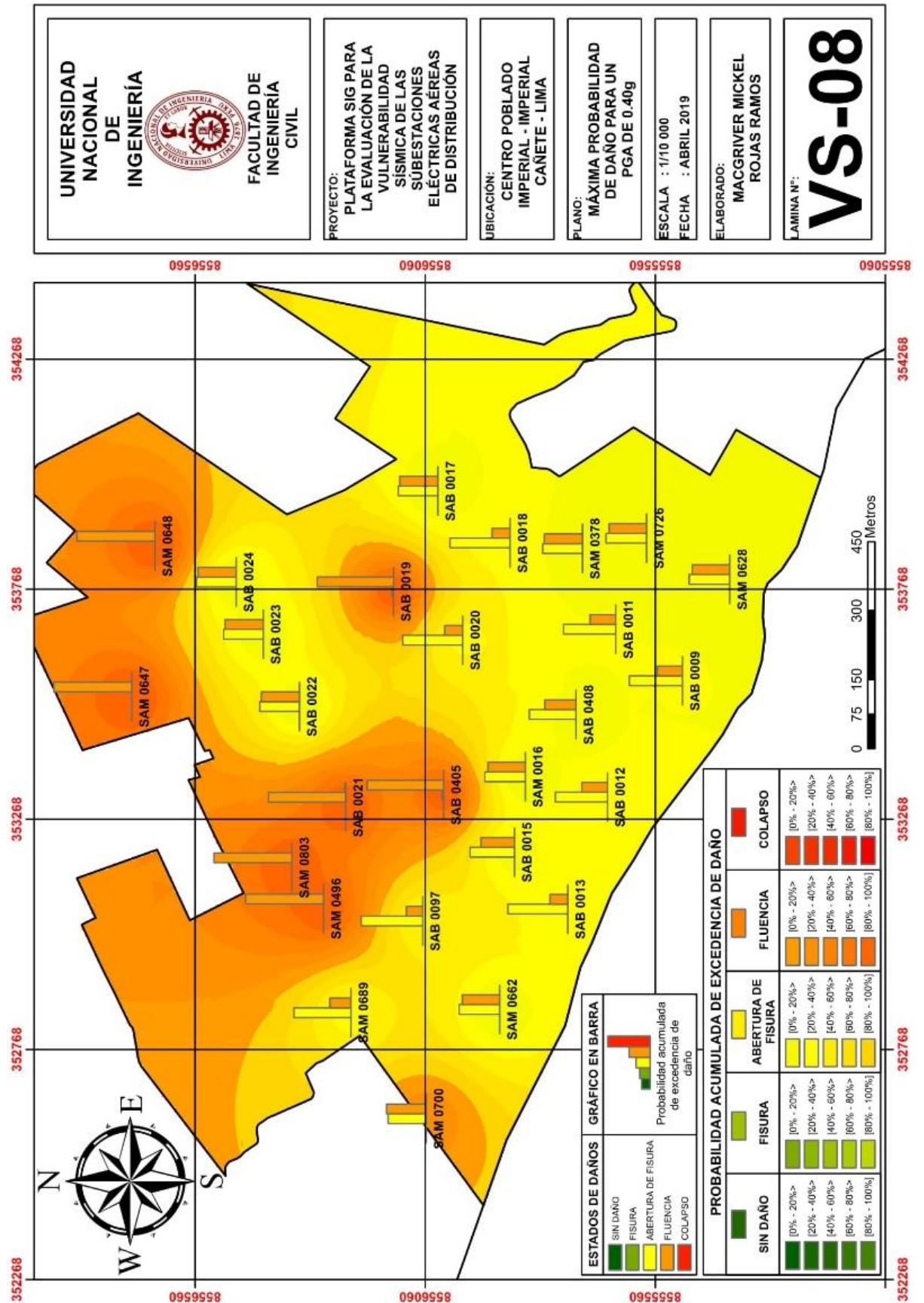


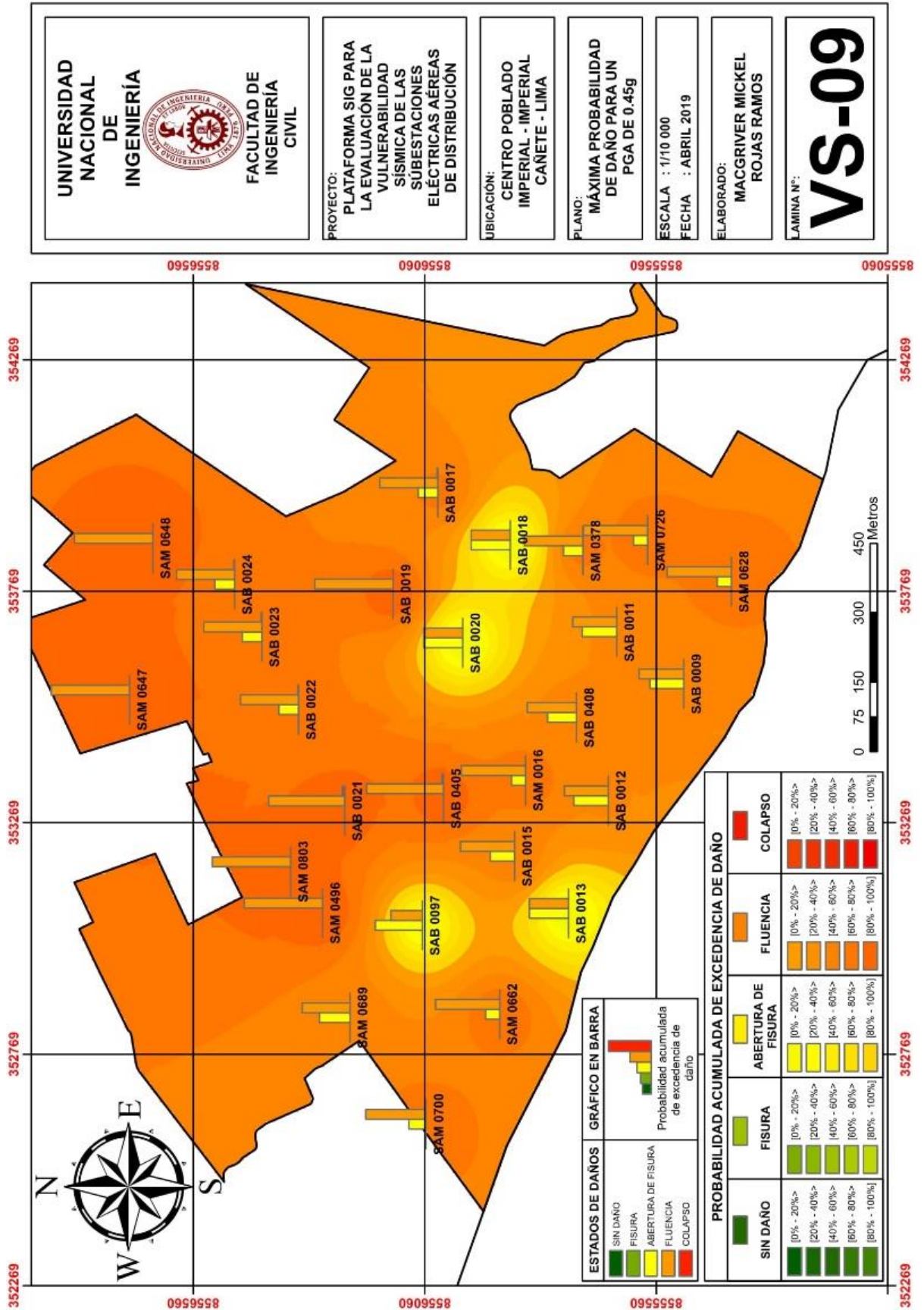


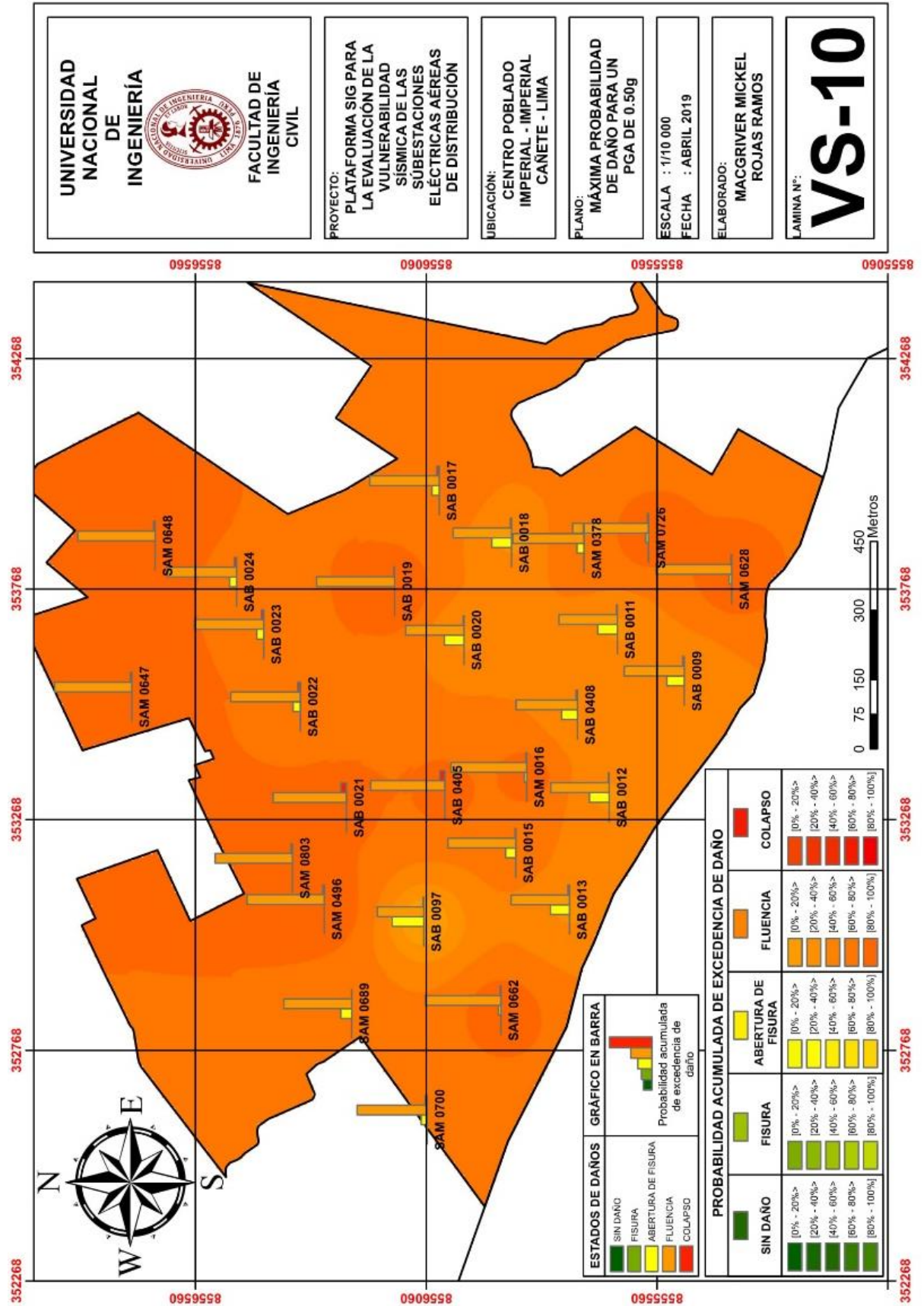


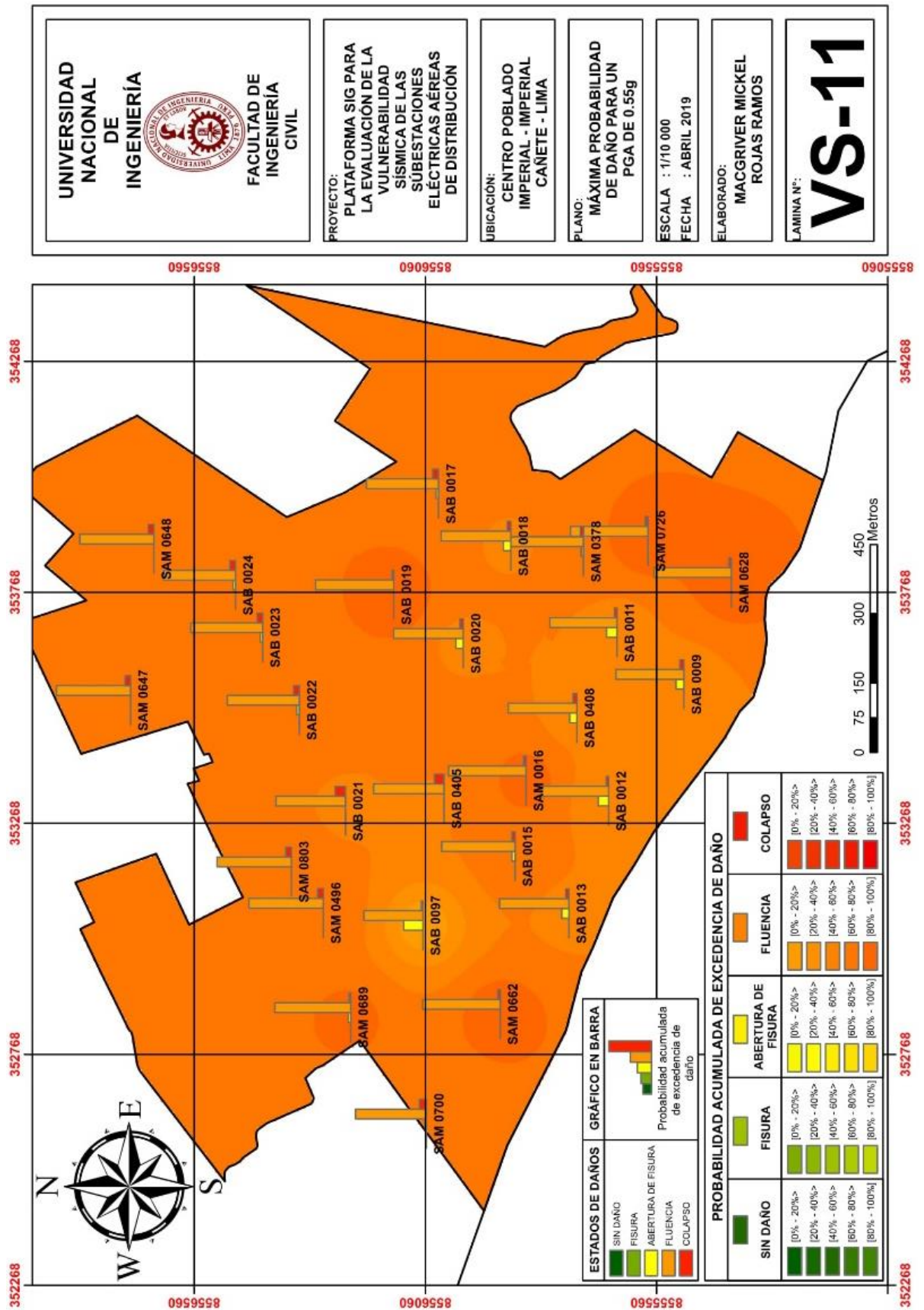


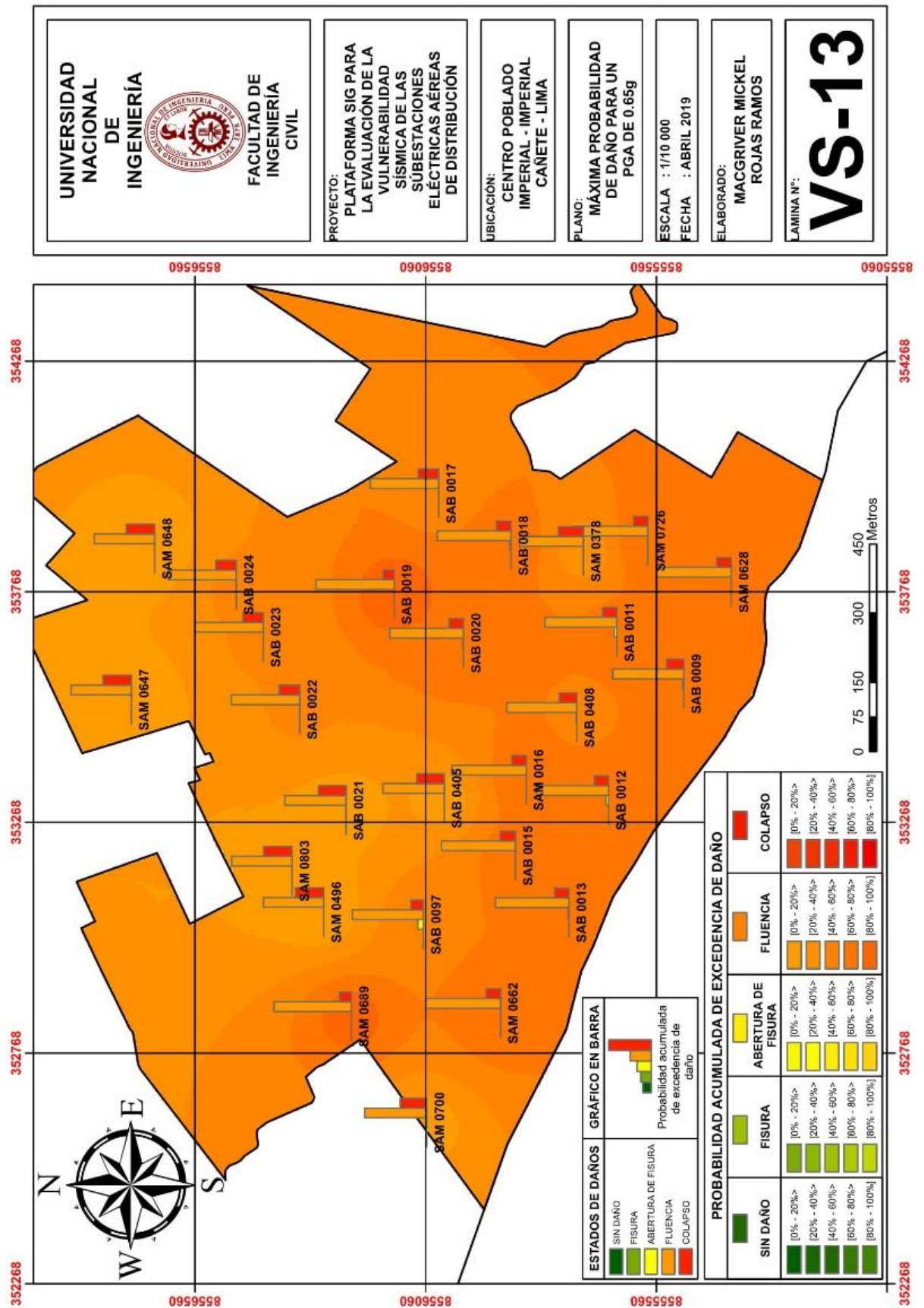


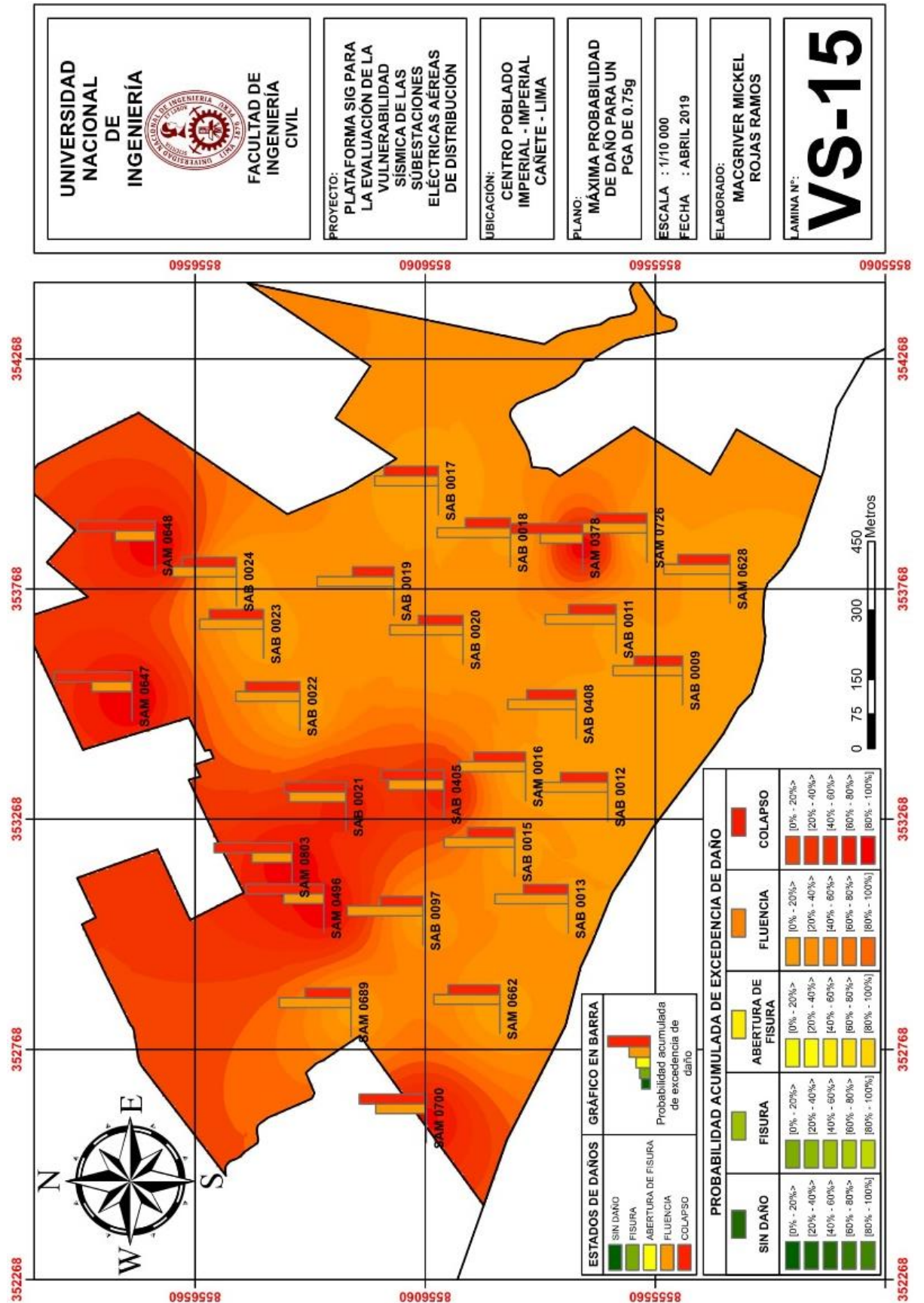




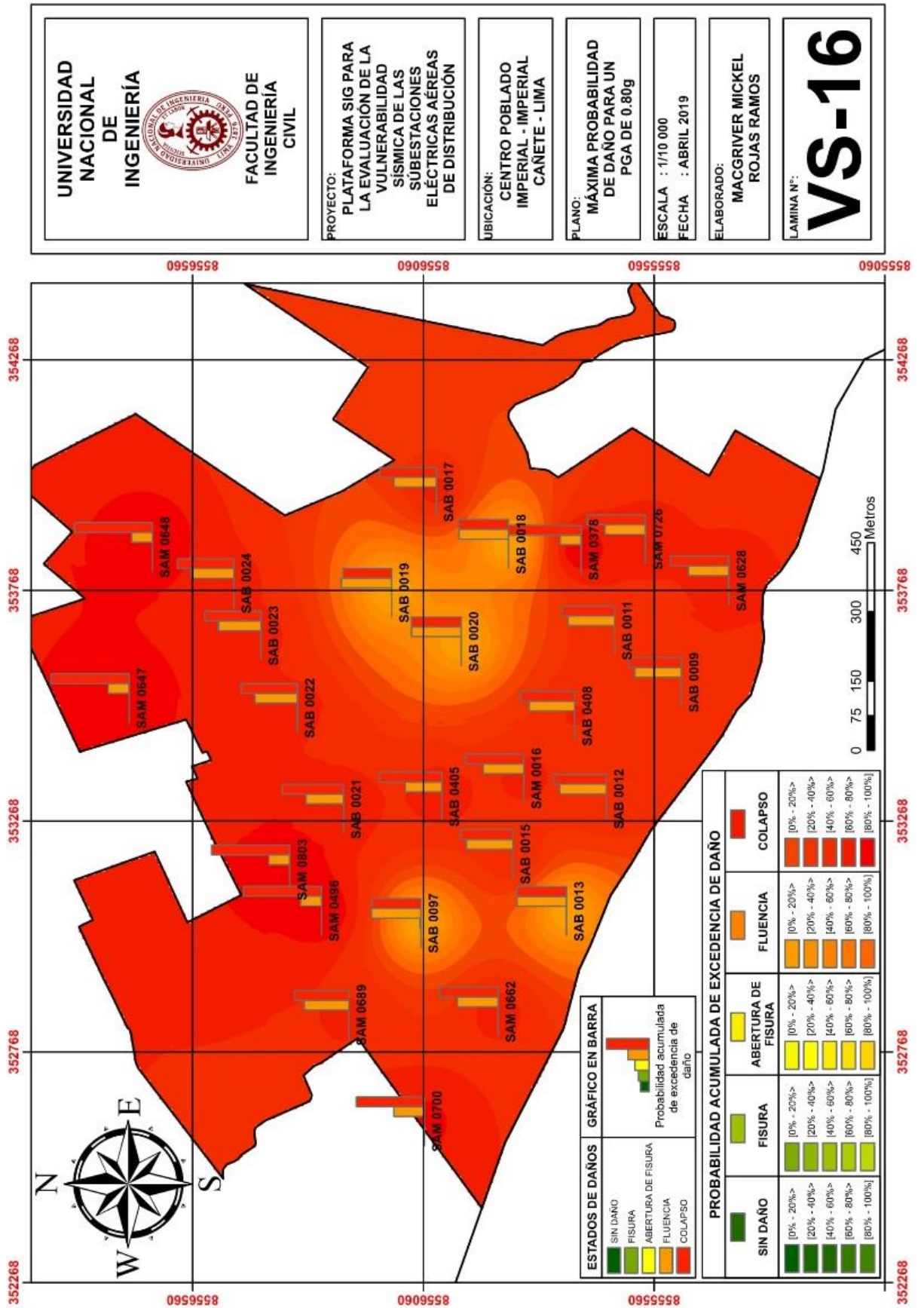


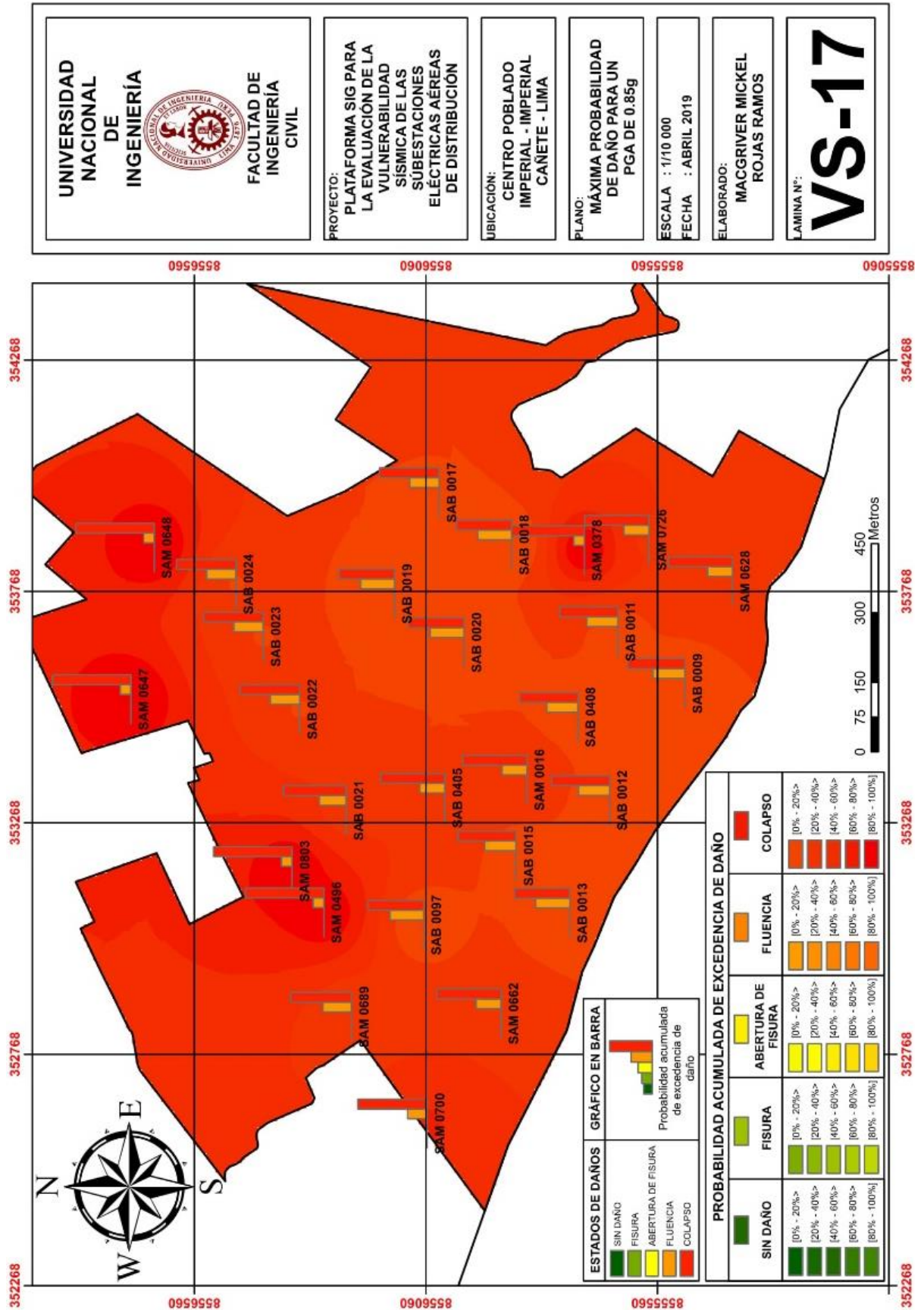


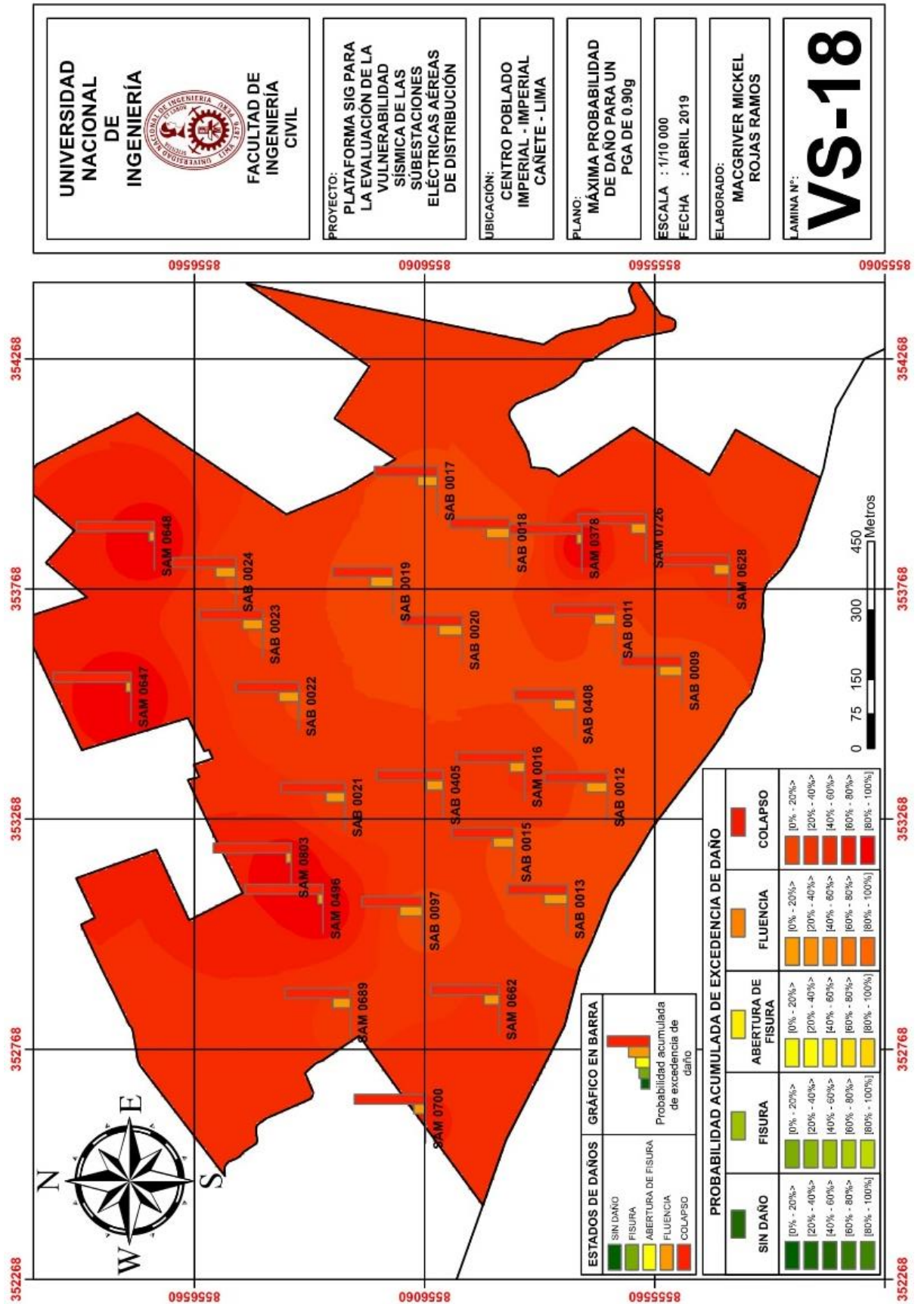


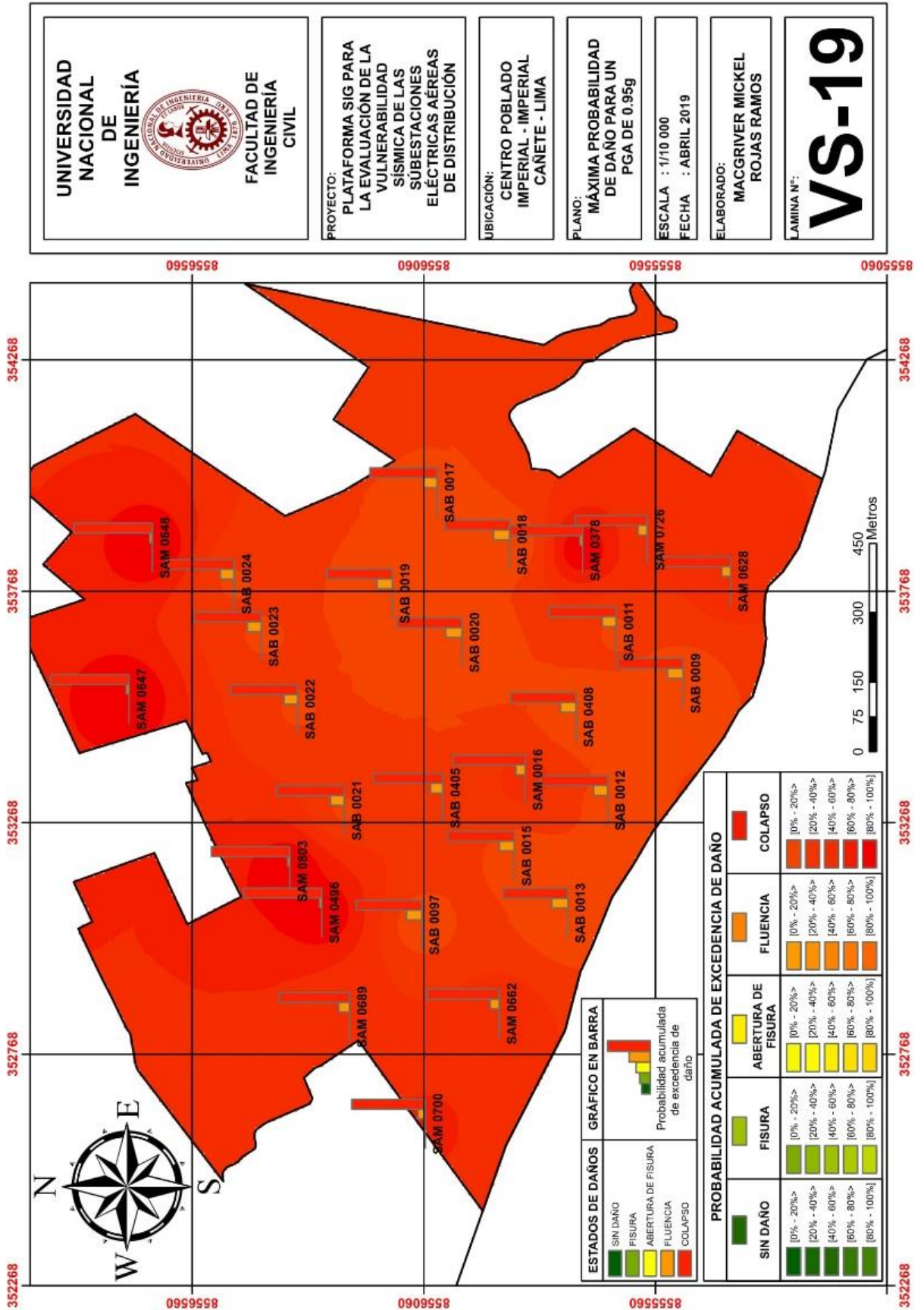


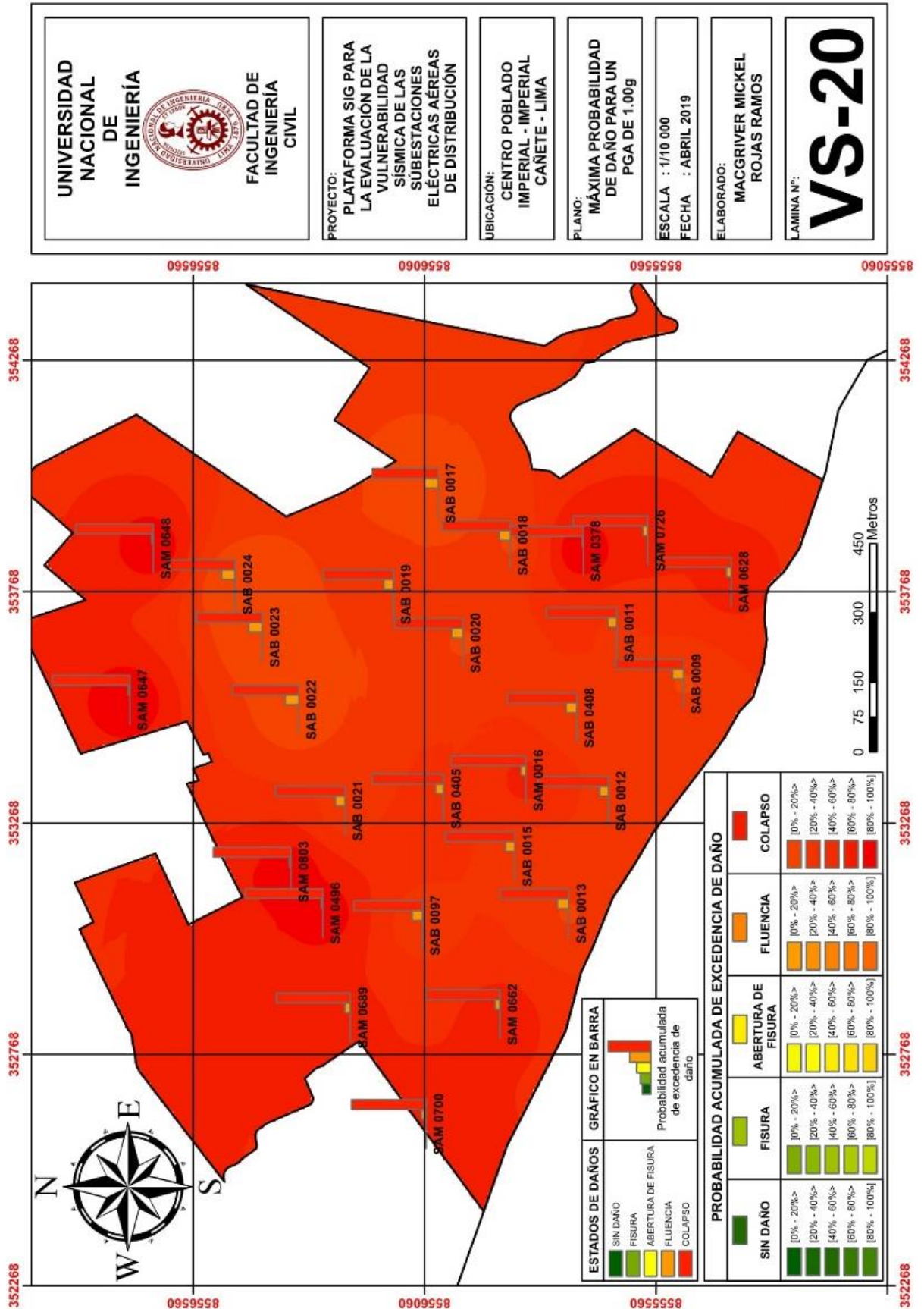
PLATAFORMA SIG PARA LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SISMICA DE LAS SUBESTACIONES ELÉCTRICAS AÉREAS DE DISTRIBUCIÓN.
 Bach. Rojas Rams, Macgriver Mickel











ANEXO “C”

MAPA TEMÁTICO DEL RIESGO SÍSMICO DE LAS SUBESTACIONES ELÉCTRICAS AÉREAS DE DISTRIBUCIÓN DEL CENTRO POBLADO IMPERIAL – IMPERIAL – CAÑETE - LIMA

