

## PROPUESTA DEL USO DE LAS COLUMNAS Y VIGAS EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR COMO SISTEMA DE PUESTA A TIERRA NO CONVENCIONAL.

<sup>1</sup>Fabrizio Armando Millan Montalvo , <sup>1</sup>Edna Yohana Olivera Bermúdez.  
<sup>1</sup>Erika Dayana Chango Tupanteve

<sup>1</sup>Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, Lima, Perú

Recibido: 05/09/2021    Revisado: 03/10/2021    Aceptado: 16/11/2021    Publicado: 30/01/2022

### Resumen

El presente trabajo de investigación revela los resultados obtenidos sobre el uso de las vigas y columnas formado por las varillas de acero corrugado como Sistema de Puesta a Tierra (en adelante SPT) como un método no convencional en viviendas unifamiliares. Se optó por este modelo extraordinario para demostrar si cumple con las características técnicas y conceptos que establece la normativa nacional con respecto a los SPT. En el proceso, se reconoció a través de planos, los datos estructurales de la vivienda, también se determinó cálculos eléctricos que tradicionalmente se realizan en el método convencional, por ejemplo: la máxima demanda, resistividad eléctrica, etc; siendo uno de los más importantes: la corriente de cortocircuito ( $I_{cc}$ ), que valida el SPT de la vivienda unifamiliar. Además, se evaluó el costo del diseño del SPT convencional y no convencional teniendo como resultado que este último, representa un ahorro económico significativo con respecto al primero.

**Palabras clave:** Sistema de Puesta a Tierra, Resistencia equivalente, varillas de acero corrugado, corriente de corto circuito, vivienda unifamiliar.

### Abstract

The present research work reveals the results obtained on the implementation of the beams and columns formed by the corrugated steel rods as a Grounding System (hereinafter SPT) as an unconventional method in single-family homes. This extraordinary model was chosen to demonstrate whether it complies with the technical characteristics and concepts established by the national regulations regarding PTS. In the process, the electrical and structural data of the house were recognized through plans, calculations that traditionally are also raised in the

conventional method were also made, for example: maximum demand, electrical resistivity, etc. One of the most important being: the short-circuit current ( $I_{cc}$ , which validates the SPT of the single-family home. In addition, the cost of the conventional and unconventional SPT design was evaluated, with the result that the latter represents a significant economic saving compared to the first one.

**Keywords: Grounding System, Equivalent Resistance, Corrugated Steel Rods, Short Circuit Current, Single Family Home.**

## 1 INTRODUCCIÓN

Por muchos años se ha logrado observar la ausencia de un Sistema de Puesta a tierra en las viviendas, ignorando la importancia y siendo la parte fundamental e imprescindible de un sistema eléctrico. Pese a no ser un elemento de fácil visualización, este elemento es vital para la seguridad de las personas y los equipos, evitando daños irreparables. Un sistema de puesta a tierra tiene la función de garantizar el referencial potencial y permitir la circulación de corrientes que no estén equilibradas.

Las normas nacionales e internacionales recomiendan que un sistema de puesta a tierra sea capaz de tolerar corrientes de cortocircuito durante el tiempo transcurrido entre la producción de fallo y la reacción de las protecciones e interruptores que anulan la falta. también debe drenar corrientes que provienen de descargas atmosféricas o por actuación de los pararrayos frente a sobretensiones.

Uno de los recurrentes problemas por el cual existe la ausencia de un Sistema de Puesta a Tierra es la inversión que se requiere al realizar la instalación convencional, dando como resultado un costo elevado y muchas veces fuera del alcance de estas viviendas unifamiliares.

El propósito de la presente investigación es reducir los costos de instalación y de materiales en un STP, sin dejar de lado la seguridad de los habitantes en las viviendas; el uso de las varillas

de la columnas y vigas no solo estaría funcionando como soporte estructural sino también como un sistema de seguridad ante un fallo eléctrico.

## 2 MATERIALES Y MÉTODOS:

### 2.1 SISTEMA DE PUESTA A TIERRA:

Este sistema es la conexión conductora, por el cual un circuito eléctrico o conjunto de elementos mecánicos que brinda un contacto eléctrico conductivo y se conectan a tierra o algún cuerpo que realice la función de SPT cumpliendo así la normativa. La importancia de éste es evitar daños en equipos eléctricos y electrónicos como también la protección diferencial contra contactos indirectos (personas). Existen 2 tipos de SPAT:

Convencional: Para este tipo de instalación se utiliza un electrodo o conjunto de electrodos enterrados en el suelo.

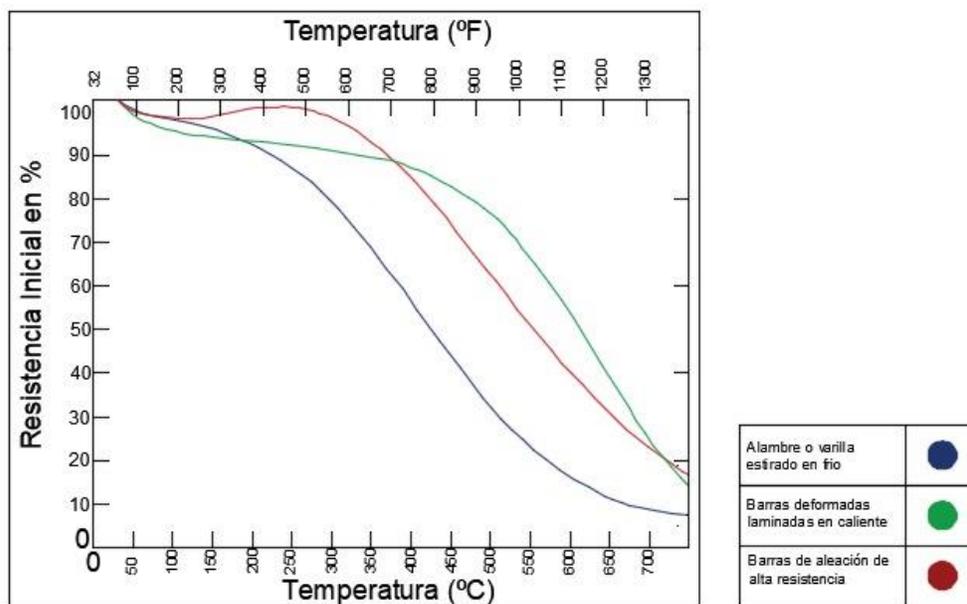
No convencional: Es un caso atípico en lo cual se basa en la utilización de un cuerpo o material que sustituye la funcionalidad del electrodo.

### 2.2 INFLUENCIA DE TEMPERATURA EN LAS VARILLAS DE ACERO CORRUGADO

En este sentido, las propiedades mecánicas de esfuerzo del acero no son las mismas a 20 °C (temperatura que se suele considerar de referencia para el diseño de estructuras de acero) que las que pueda tener a 200 °C, 400 °C o a 1000 °C.

A través de una gráfica realizada con 3 materiales que también se utilizan en la industria de estructuras, las varillas de acero corrugado (también conocidas como varillas estiradas en frío) pierden sus propiedades mecánicas de esfuerzo en más del 50% cuando estas son expuestas a altas temperaturas o cercanas a los 450°C.

**Figura 1.** Gráfica de la resistencia porcentual de los materiales estructurales en función de las temperaturas (Celsius y Fahrenheit)



Fuente: Elaboración propia

## 2.3 CONCEPTOS ELÉCTRICOS:

### 2.3.1 Efecto Joule:

Es un fenómeno irreversible que se produce cuando la corriente eléctrica circula por un conductor provocando que parte de la energía cinética de los electrones se transformen en calor ocasionado por los choques sufridos entre los átomos del material conductor por el que circula, elevando la temperatura del mismo.

$$Q = I^2 * R * t \dots (1)$$

### 2.3.2 Resistencia eléctrica:

Es la oposición que ofrece dicho elemento al paso de la corriente eléctrica.

$$R = \rho * \frac{L}{A} \dots (2)$$

### 2.3.3 Resistividad eléctrica:

Es la magnitud propia de cualquier elemento o material que depende directamente de su naturaleza y de su temperatura.

$$\rho = \rho_0 * (1 + \alpha * \Delta T) \dots (3)$$

### 2.3.4 Energía calorífica:

Es aquella energía que poseen los cuerpos al ser expuestos al efecto del calor. También corresponde a la energía que se transmite entre dos cuerpos que están a diferentes temperaturas.

$$Q = m * C_e * \Delta T \dots (4)$$

## **2.4 DATOS DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR CONVENCIONAL**

En esta investigación tenemos como muestra una vivienda unifamiliar con 16 años de antigüedad; una vivienda construida en el año 2004 con una dimensión de 20x7m y una estructura basada en 2 niveles.

## **2.5 DATOS ESTRUCTURALES DE LA VIVIENDA**

### **2.5.1 Varillas de acero corrugado:**

El acero corrugado es una clase de acero laminado diseñado especialmente para construir elementos estructurales en una obra civil, se trata de barras de acero que presentan resaltos o corrugas que mejoran la adherencia con el hormigón.

En el Perú, para la construcción de edificaciones de concreto armado de todo tipo: en viviendas, edificios, puentes, obras industriales, etc., se usa Fierro Corrugado ASTM A615-GRADO 60(420) que cumplen con la norma técnica peruana (NTP) 339. 186.

Estas varillas tendrán una longitud de 3.4m y 7m con un diámetro de ½ in para parantes y de ¼ in para estribos, la cual tiene una resistividad eléctrica  $1.74 * 10^{-7} \Omega \cdot m$  a 20 °C y un coeficiente de temperatura de  $3 \times 10^{-3} 1/^{\circ}C$ .

## **2.6 PLANO ESTRUCTURAL**

Como representación gráfica tenemos el plano estructural de la vivienda unifamiliar seleccionada, cumpliendo ciertas normas nos permite guiarnos en la materialización de cualquier obra para tener un orden secuencial del proceso constructivo mostrándonos cada etapa de manera general e incluyendo cada elemento estructural que la conforman como la columna y vigas.

## 2.7 DATOS ELÉCTRICOS DE LA VIVIENDA

Por lo expuesto; la vivienda mencionada cuenta con una potencia contratada de 8 kW, 1 $\emptyset$ , 220V, 60Hz.

Teniendo en cuenta las cargas utilizadas, se realizó el cálculo de la máxima demanda de una vivienda unifamiliar convencional (Tabla 1); en base a ello se utiliza un cable alimentador de 2-1x10mm<sup>2</sup> THW-90, cables derivados de 2-1x2,5mm<sup>2</sup> THW-90 y un cable de puesta a tierra de 1x10mm<sup>2</sup> TW(T).

**Tabla 1. Cálculo de la máxima demanda de la vivienda unifamiliar**

Sustento legal: CNE-Utilización	DESCRIPCIÓN	CARGA ELÉCTRICA	PI(W) Potencia instalada	FD (%) Factor de demanda	MD(W) Máxima demanda
050-200(1)(a)(I)	ÁREA TECHADA	ALUMBRADO Y TOMACORRIENTE:	2,500	100%	3,500
050-200(1)(a)(II)	TOTAL 172.572m <sup>2</sup>	Carga básica de 90 m <sup>2</sup> Fracción en exceso 82.572m <sup>2</sup>	1,000	100%	
050-200(1)(a)(V)	Al 100% de la Potencia nominal si excede los 1500W-6000W	Lavadora/Secadora	3,500	100%	500

050- 200(1)(a)(V D)	Al 100% cargas menores a 1500w	Puerta Levadiza	375	100%	375
TOTAL			7,375		7,375

Fuente: Elaboración Propia

## 2.8 DISEÑO DEL NUEVO SISTEMA DE PUESTA A TIERRA NO CONVENCIONAL

Debido a que el diseño es para toda la vivienda unifamiliar, se necesita la resistencia equivalente de toda la estructura metálica conformada por vigas y columnas de esta, se debe describir el procedimiento para el diseño de una sola columna, siendo este diseño el ejemplo para determinar las resistencias equivalentes del resto de columnas y vigas.

## RESULTADOS:

### 3.1 Cálculos del nuevo Sistema de Puesta a Tierra:

Estos cálculos sirven para demostrar que dicha estructura de varillas de acero corrugado de una vivienda unifamiliar soporta la corriente de cortocircuito, dependen de los datos obtenidos en la recopilación de información, fórmulas y tablas aplicadas. Los principales parámetros para el cálculo de dicha corriente se muestran en los siguientes apartados.

### 3.2 Cálculo de la resistividad eléctrica:

Se procedió hallar la resistividad eléctrica utilizando la ecuación (3) a 450°C considerados en la Fig.1.

$$\rho = 3.9846 * 10^{-7} \Omega/m \quad \dots \quad (5)$$

### 3.3 Cálculos de la resistencia equivalente:

La resistencia total de la vivienda se calculó desde lo básico de la estructura de una columna, siendo estos los segmentos de parantes con una sección de 129mm<sup>2</sup> y los estribos de 31.85mm<sup>2</sup>

Para determinar las longitudes de los segmentos ya mencionados nos guiamos de las recomendaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones como también del Boletín Construyendo de Aceros Arequipa para dichas longitudes.

La resistencia de cada parante y estribo se obtuvo con la ecuación (2), partiendo de esta se halló la resistencia equivalente en vigas y columnas de la vivienda unifamiliar.

**Tabla 2. Resistencias de vigas y columnas de la vivienda unifamiliar**

<b>N° de VIGA</b>	<b>Longitud en metros</b>	<b>TIPO DE VIGA</b>	<b>Resistencia equivalente (<math>\Omega</math>)</b>
1	3.4	Rectangular	0.003182
2	3.4	Rectangular	0.003182
3	2.35	Rectangular	0.002372
4	3.45	Rectangular	0.003221
5	2.35	Rectangular	0.002372
6	3.4	Rectangular	0.003182
7	3.35	Rectangular	0.002372
8	3.4	Rectangular	0.003182
9	3.5	Cuadrada	0.003352
10	3.5	Cuadrada	0.003352
11	3.4	Cuadrada	0.003313
12	3.5	Cuadrada	0.003352
13	3.45	Cuadrada	0.003273
14	3.45	Cuadrada	0.003273
15	3.5	Rectangular	0.002912
16	2.75	Rectangular	0.002646
17	2.65	Rectangular	0.002605
18	1.7	Rectangular	0.001875
19	1.65	Rectangular	0.001883

20	2.95	Rectangular	0.002799
21	3	Rectangular	0.002873
22	3.05	Rectangular	0.002912
23	3.1	Rectangular	0.002915
24	1.75	Rectangular	0.001874
25	1.75	Rectangular	0.001874
26	4.1	Rectangular	0.003722
27	4.55	Cuadrada	0.00411
28	4.55	Rectangular	0.00407
29	3.5	Cuadrada	0.003352
30	3.5	Cuadrada	0.003352
31	3.5	Rectangular	0.003224
32	4.5	Cuadrada	0.004853
33	4.5	Cuadrada	0.004853
34	4.5	Rectangular	0.004031
<b>COLUMNA</b>	<b>TIPO DE COLUMNA</b>	<b>Longitud en metros (m)</b>	<b>Resistencia equivalente (<math>\Omega</math>)</b>
1° PISO	Cuadrada	3.4	0.002983
2° PISO	Cuadrada	2.4	0.002443
1° PISO	Rectangular	3.4	0.000137
2° PISO	Rectangular	2.4	0.003651

Fuente: Elaboración Propia.

Teniendo de conocimiento la tabla 2, hallamos la resistencia total de la vivienda unifamiliar basado en la estructura metálica de las vigas y columnas conformado por varillas de acero corrugado.

### 3.4 CÁLCULO DE LA ENERGÍA CALORÍFICA

Se halló mediante la ecuación establecida (4) tomando el peso métrico nominal de las varillas de acero corrugado de  $\frac{1}{2}$  in y  $\frac{1}{4}$ : 0.994 y 0.252 Kg/m respectivamente. (Ver tabla: Dimensiones y pesos nominales del boletín Construyendo, Aceros Arequipa) el valor del calor específico del acero será 0.110 Kcal/Kg. °C (Ver figura 2 del Blog Motor Giga: <https://diccionario.motorgiga.com/calor-especifico>). Y se trabajó con una temperatura máxima de 450°C ya que, al exceder este valor, el acero corrugado perderá sus propiedades mecánicas de esfuerzo.

### 3.5 CÁLCULO DE LA INTENSIDAD DE CORRIENTE

Se reemplazó la ecuación (4) y (2) en la ecuación (1), teniendo en la curva de disparo con el cual acciona el interruptor termomagnético para un tiempo menor o igual a 0,2s.

Finalmente, se realizó el levantamiento del plano estructural y eléctrico de la vivienda unifamiliar con la finalidad de obtener los datos necesarios para la propuesta del Sistema de Puesta a Tierra no convencional. La estructura metálica de la vivienda unifamiliar está conformada de acero corrugado, realizando los cálculos de cada viga y columna de la vivienda para obtener la resistencia equivalente igual a 5.51 mΩ; calculando que las vigas y columnas de la vivienda unifamiliar soporta una  $I_{cc}$  máxima igual a 535 kA durante 0.2s que es el tiempo de disparo del ITM.

De acuerdo a la ubicación del tablero eléctrico general de la vivienda se conectará el cable de puesta a tierra a la columna más cercana de la estructura.

## 4 DISCUSIÓN

Tomando en cuenta que una corriente de cortocircuito oscila entre 6kA y 10kA, como ya ha sido demostrado podemos decir que este nuevo Sistema de Puesta a Tierra no convencional soporta dichas corrientes de cortocircuito sin afectar las propiedades mecánicas de esfuerzo que tiene el acero con el cual están diseñadas las vigas y columnas de una vivienda unifamiliar.

## 5 CONCLUSIONES

En vista a que muchas personas no optan por instalar un SPT convencional en su vivienda, ya que estas tienen un costo que muchas veces no pueden ser asumibles, por consiguiente, hemos realizado cálculos teóricos de un SPT no convencional en el que su implementación es de menor costo al usar las varillas de acero corrugado que se encuentra en las vigas y columnas de una vivienda, facilitando una solución de protección vital, así como a los equipos eléctricos y/o electrónicos.

## 6 REFERENCIAS

- Claux, G. (2018). Prototipos de Vivienda Social Progresiva. Perú: Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento.
- Corporación Aceros Arequipa. (s.f.). Capítulo Cinco. En Manual de construcción para maestros de obra. Autor.
- Corporación de Aceros Arequipa S.A. (2015). Catálogo de estribos corrugados. Perú: Autor.
- Corporación de Aceros Arequipa S.A. (2019). Fierro Corrugado ASTM A615-GRADO 6. Boletín Construyendo.
- Corporación de Aceros Arequipa S.A. (2020). Barras de Construcción. Perú: Autor.
- Dirección General de Electricidad; Ministerio de Energía y Minas. (2007). Apartado de Normas de Utilización 050-200. En Código Nacional de Electricidad (pág. 165). Lima, Perú: Autor.
- Improselec. (2019). La importancia de la puesta a tierra. Ecuador: Autor.
- MacGregor J., W. J. (2012). Reinforced Concrete Mechanics & Design 6th Edition. New Jersey: Pearson Education.
- Metales. (2011). En Tecnología de materiales de construcción (págs. 23-26).
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2006). Norma Técnica E0.70 Albañilería. Lima, Perú: Autor.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento; Sencico. (2006). Reglamento Nacional de Edificaciones. Lima, Perú: Autor.
- Moreno, G. V. (2007). Fundamentos e ingeniería de las puestas a tierra. Medellín: Universidad de Antioquía.
- Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP). (2016). Apuntes del curso concreto armado I. Lima, Perú: Autor.
- Reglamento Conexión Viga-Columna. (2015). En C. d. S.A., Boletín Construyendo Edición 10. Perú: Autor.
- Vasquez, J. (2015). Norma Técnica Peruana NTP 339.186 (Versión 2008). Perú.