



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**ANÁLISIS DE PERTURBACIONES RÁPIDAS DE VOLTAJE (FLICKER) Y SU  
INCIDENCIA EN EL COMPORTAMIENTO OPERATIVO DENTRO DEL ÁREA DE  
CONCESIÓN DE LA CORPORACIÓN NACIONAL DE ELECTRICIDAD BOLÍVAR.**

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:  
INGENIERO EN ELECTROMECAÁNICA**

**AUTOR: BASTIDAS CHILUISA, DIEGO JAVIER**

**ING. FREIRE LLERENA, WASHINGTON RODRIGO**

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**



# *Objetivo General*

Analizar las perturbaciones rápidas de voltaje mediante la aplicación de equipos de monitoreo de energía eléctrica para establecer los índices de calidad de producto que tiene la red eléctrica de la CNEL EP Bolívar.



# Objetivos Específicos

- Realizar el levantamiento de la información de los transformadores de distribución y usuarios de medio voltaje de la CNEL EP Bolívar.
- Realizar mediciones de las variables eléctricas en las partes representativas mediante registradores digitales.
- Analizar el comportamiento operativo de los transformadores de distribución y usuarios de medio voltaje sobre la base de la Regulación No. ARCONEL 005/18.
- Modelar el fenómeno de las perturbaciones rápidas de voltaje en un software de simulación eléctrica.
- Proponer una alternativa de solución a la empresa para atenuar las perturbaciones rápidas de voltaje.

## Definición del Flicker

El fenómeno flicker es el resultado de la variación de la intensidad del flujo luminoso que afecta a la visión humana generado por las fluctuaciones de voltaje en la red eléctrica; convirtiéndose en un problema de percepción visual, ya que este fenómeno va a depender principalmente de las personas que lo puedan percibir o apreciar, y son causadas principalmente por:

1. La variación fluctuante de potencia que absorben diversas cargas como: hornos de arco, máquinas soldadoras eléctricas, motores eléctricos (arranque principalmente), etc.
2. La desconexión o puesta en marcha de cargas importantes como: arranques de motores, maniobras de bancos de capacitores, etc.



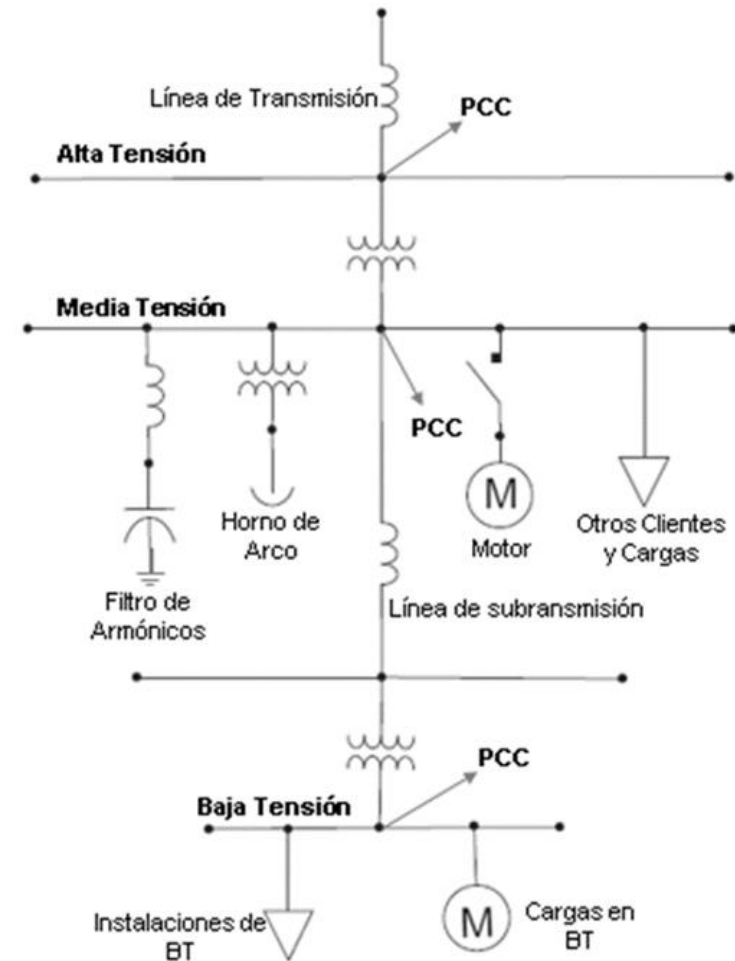
## Fuentes Productoras de Flicker

### Fuentes Industriales Grandes

- Hornos de arco
- Generadores
- Turbinas de viento
- Motores con Cargas Alternativas  
(Bombas, compresores, ventiladores, ascensores, refrigeradores, etc.)

### Fuentes de Menor Tamaño

- Máquinas de rayos X
- Máquinas de soldar
- Fotocopiadoras
- Inversores, rectificadores y controladores de velocidad



La regulación vigente para la calidad de energía eléctrica es la No. ARCONEL 005/18 “Calidad del servicio de distribución y comercialización de energía eléctrica”.

## **Perturbación Rápida de Voltaje (Flicker)**

### ➤ **Índice**

Se evaluará mediante el índice de severidad por flicker de corta duración ( $P_{st}$ ), el cual mide la severidad de las variaciones periódicas de amplitud de voltaje a corto plazo, con intervalos de medición de 10 minutos.

### ➤ **Límite**

El valor límite para el índice de severidad del flicker  $P_{st}$  en el punto de medición respectivo no debe superar la unidad.

### ➤ **Cumplimiento del Índice de Flicker en el Punto de Medición**

La distribuidora cumple con el índice de severidad por flicker en un punto de medición cuando el 95% o más de los valores registrados, en el período de evaluación no inferior a siete (7) días continuos, es menor al límite establecido

# Población y Muestra

Descripción de los transformadores de distribución de la CNEL EP Bolívar

Subestación	Alimentador	Número de transformadores			Potencia de los transformadores (MVA)		
		Monofásicos	Trifásicos	Total	Monofásicos	Trifásicos	Total
Guaranda	Vinchoa	191	6	197	3,19	0,32	3,51
	Cdla. 1º de Mayo	34	29	63	0,78	2,12	2,90
	Maldonado	65	44	109	1,79	3,26	5,05
	Chimbo	468	29	497	6,72	1,89	8,60
	Guanujo Centro	105	31	136	2,56	2,54	5,10
Guanujo	La Cena	233	3	236	2,96	0,20	3,15
	Salinas	23	6	29	0,53	0,40	0,92
	Cuatro Esquinas	253	14	267	4,22	0,87	5,08
	Simiatug	666	8	674	6,09	0,71	6,80
Cochabamba	Asunción	167	12	179	2,62	1,06	3,69
	San Miguel	162	18	180	3,64	1,32	4,96
	Balsapamba	262	2	264	2,39	0,55	2,94
	Telimbela	45	-	45	0,40	-	0,40
	Chillanes	390	7	397	4,03	0,47	4,50
Sicoto	San Pablo	563	2	565	5,00	0,08	5,08
	San José de Tambo	221	-	221	2,08	-	2,08
	Las Naves	580	6	586	5,78	0,43	6,21
Echeandía	Sabanetillas	262	6	268	3,00	0,40	3,40
	Camarón	98	1	99	1,24	0,05	1,29
	Echeandía Centro	163	-	163	1,16	-	1,16
	Pita	148	2	150	1,72	0,10	1,81
Caluma	Pasagua	189	-	189	1,27	-	1,27
	Caluma Centro	42	16	58	0,96	1,11	2,06
	Echeandía	118	1	119	1,38	0,03	1,41
<b>Total</b>		<b>5448</b>	<b>243</b>	<b>5691</b>	<b>65,49</b>	<b>17,87</b>	<b>83,36</b>



## Descripción de los usuarios de medio voltaje de la CNEL EP Bolívar

Nombre de usuario	Alimentador	Subestación	Provincia	Cantón
Hospital Provincial	Cdla. 1° de Mayo	GUARANDA	Bolívar	Guaranda
Hospital Básico	Cuatro Esquinas	GUANUJO	Bolívar	Guaranda
Universidad Estatal	Cuatro Esquinas	GUANUJO	Bolívar	Guaranda
CNEL EP Unidad De Negocio	Las Naves	ECHEANDÍA	Bolívar	Echeandía
Empresa Pública De Turismo	Balsapamba	COCHABAMBA	Bolívar	San Miguel
Dirección Distrital 02D01	Simiatug	GUANUJO	Bolívar	Guaranda
GAD Del Cantón Guaranda	Guanujo Centro	GUANUJO	Bolívar	Guaranda
GAD Municipal	San Miguel	COCHABAMBA	Bolívar	San Miguel





# Población y Muestra

Descripción	Cantidad	Tipo de Muestreo
Medio Voltaje	0.5% del total de consumidores servidos en medio voltaje (No menos de 5)	Mensual
Bajo Voltaje	0.01% del total de consumidores servidos en bajo voltaje (No menos de 7)	Mensual

- ✓ La cantidad de puntos de selección en MV y BV deberán dividirse equitativamente a todos los alimentadores, de tal manera que éstos presenten al menos un punto seleccionado durante el año.
- ✓ El total de puntos de selección en MV y BV deben dividirse en forma equitativa considerando la cantidad de los consumidores tanto urbanos y rurales.
- ✓ La muestra anual deberá ser aleatoria.





## Analizador de Energía PQ-Box 150

- ✓ Análisis de energía
- ✓ Registro de datos
- ✓ Datos en línea
- ✓ Informes estándar conforme a la norma EN 50160
- ✓ Tasa de muestreo de 20.480 muestras/s.



## Software Cyme Cymdist

- ✓ Flujo de carga balanceado y desbalanceado
- ✓ Distribución y estimación de carga
- ✓ Análisis de fallas
- ✓ Balance de carga
- ✓ Evaluación de las perturbaciones en la red D-A-CH-CZ



## Software MatLab

- ✓ Análisis de datos
- ✓ Desarrollo de algoritmos
- ✓ Uso de MATLAB con otros lenguajes
- ✓ Gráficas

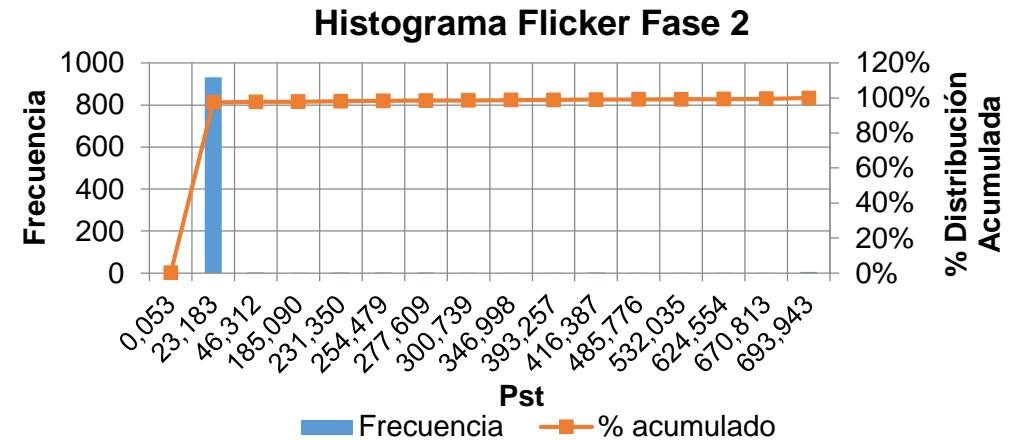
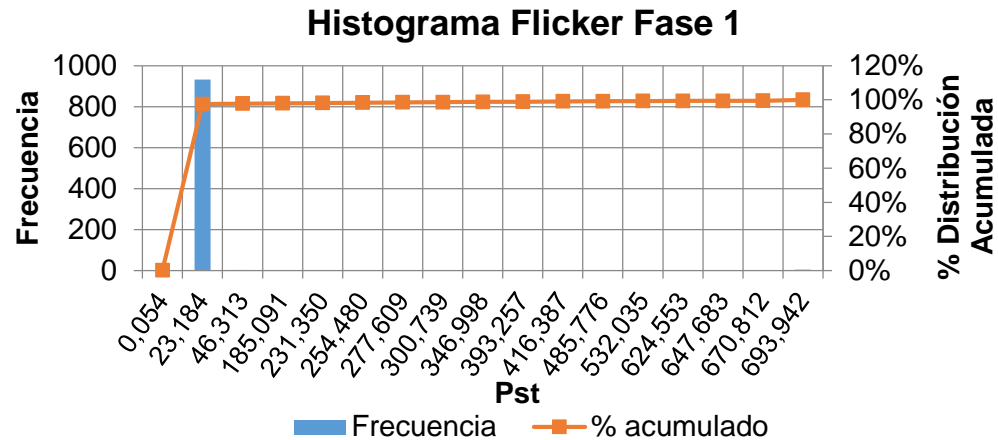


# Análisis de Resultados

## Transformador 50 kVA 0304701

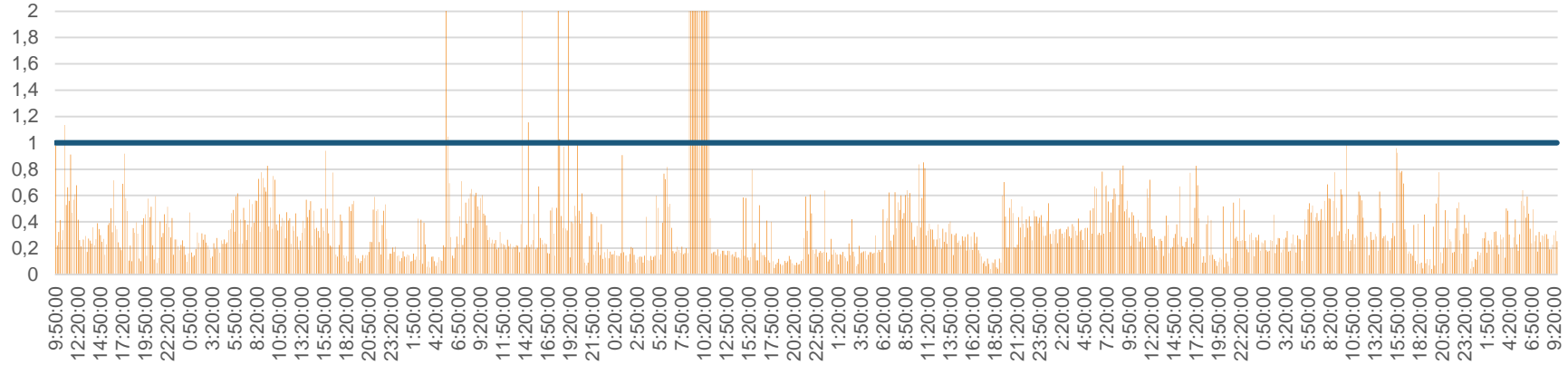
Fase 1	
Pst máx.	693,942
Pst mín.	0,054
Pst promedio	9,953
Valores >1	103
%	89,24

Fase 2	
Pst máx.	693,943
Pst mín.	0,053
Pst promedio	9,950
Valores >1	105
%	89,03

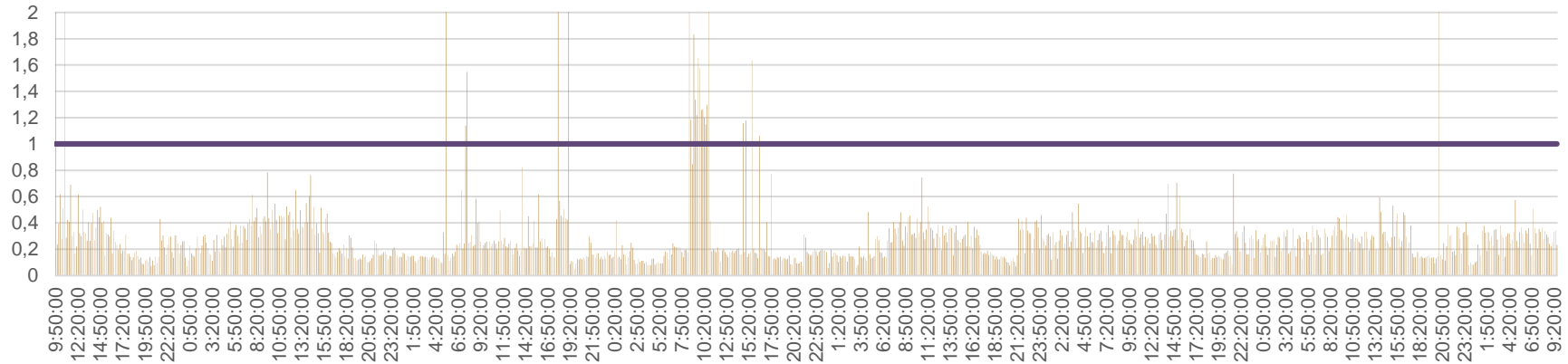


# Análisis de Resultados

## Pst - Fase 1



## Pst - Fase 2



# Análisis de Resultados

*Resumen de Flicker en cada transformador*

Transformadores	% Flicker			Cumple Si/No		
	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 1	Fase 2	Fase 3
<b>302930 - 50 kVA</b>	85,57	83,94	-	No	No	-
<b>302951 - 37,5 kVA</b>	88,44	88,24	-	No	No	-
<b>304701 - 50 kVA</b>	89,24	89,03	-	No	No	-
<b>304739 - 75 kVA</b>	82,73	83,74	82,32	No	No	No
<b>304680 - 50 kVA</b>	83,22	81,4	81,7	No	No	No
<b>304747 - 40 kVA</b>	88,03	87,02	88,83	No	No	No
<b>302807 - 50 kVA</b>	88,94	84,32	86,73	No	No	No
<b>304753 - 50 kVA</b>	87,55	87,05	89,06	No	No	No
<b>304752 - 75 kVA</b>	87,14	87,84	89,45	No	No	No
<b>303167 - 10 kVA</b>	81,09	81,09	-	No	No	-
<b>303169 - 37,5 kVA</b>	82,79	82,79	-	No	No	-



# Análisis de Resultados

Acorde la campaña de medición los transformadores usados para el análisis pertenecen al Alimentador Balsapamba que proviene de la Subestación Cochabamba ubicada en el cantón San Miguel.



# Análisis de Resultados

*Evaluación de las perturbaciones en la red  
(lado de MV) para el transformador 0304701*

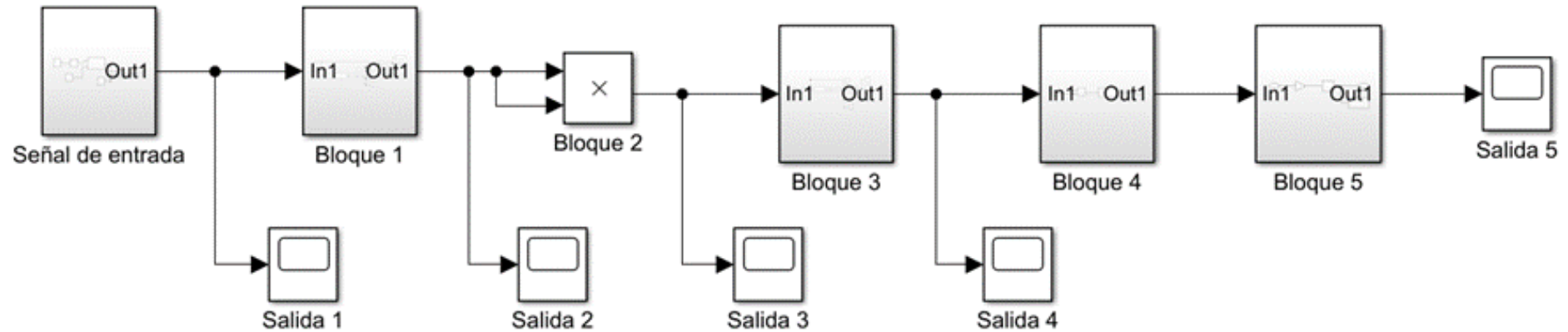
Evaluación de las perturbaciones en la red Resumen	
Tipo de dispositivo	Motor de inducción
¿Nueva instalación?	Sí
Nudo de conexión	<a href="#">MTA_S_90383</a>
Nombre del dispositivo	MONOFASICO
Parpadeo	Pasó
Armónicas	Pasó
<b>Parpadeo</b>	
Indicador de parpadeo de corta duración (Pst)	0,748
Indicador de parpadeo de corta duración - Límite	1,0
Parpadeo corta duración < 1,00	Pasó
Indicador de parpadeo de larga duración (Plt)	0,748
Indicador de parpadeo de larga duración - Límite	0,8
Parpadeo larga duración < 0,80	Pasó

*Evaluación de las perturbaciones en la red  
(lado de BV) para el transformador 0304701*

Evaluación de las perturbaciones en la red Resumen	
Tipo de dispositivo	Motor de inducción
¿Nueva instalación?	Sí
Nudo de conexión	<a href="#">MTA_L_90383</a>
Nombre del dispositivo	MONOFASICO
Parpadeo	Falló
Armónicas	Pasó
<b>Parpadeo</b>	
Indicador de parpadeo de corta duración (Pst)	1,684
Indicador de parpadeo de corta duración - Límite	1,0
Parpadeo corta duración < 1,00	Falló
Indicador de parpadeo de larga duración (Plt)	1,684
Indicador de parpadeo de larga duración - Límite	0,8
Parpadeo larga duración < 0,80	Falló



## Modelamiento del Flickermeter IEC

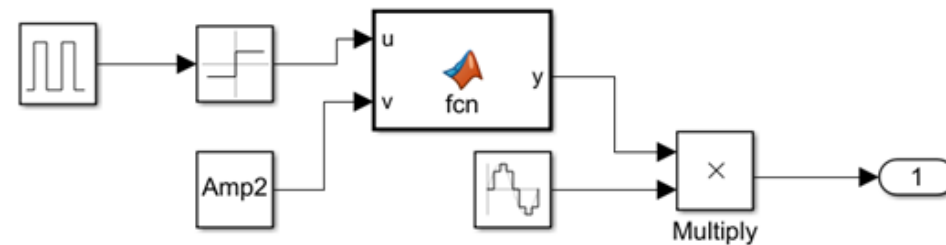


Para realizar el modelamiento del Flickermeter se utilizaron datos de la Norma IEC 61000-4-15, en la que consta las especificaciones de diseño y de funcionamiento de un medidor de parpadeo.



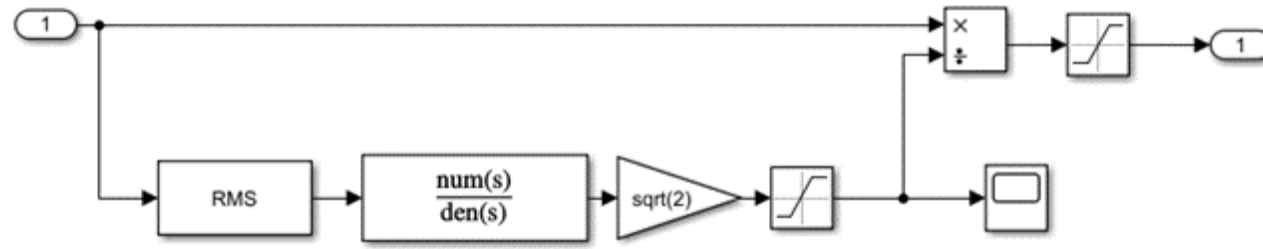
# Análisis de Resultados

Diagrama de bloques de la señal de entrada



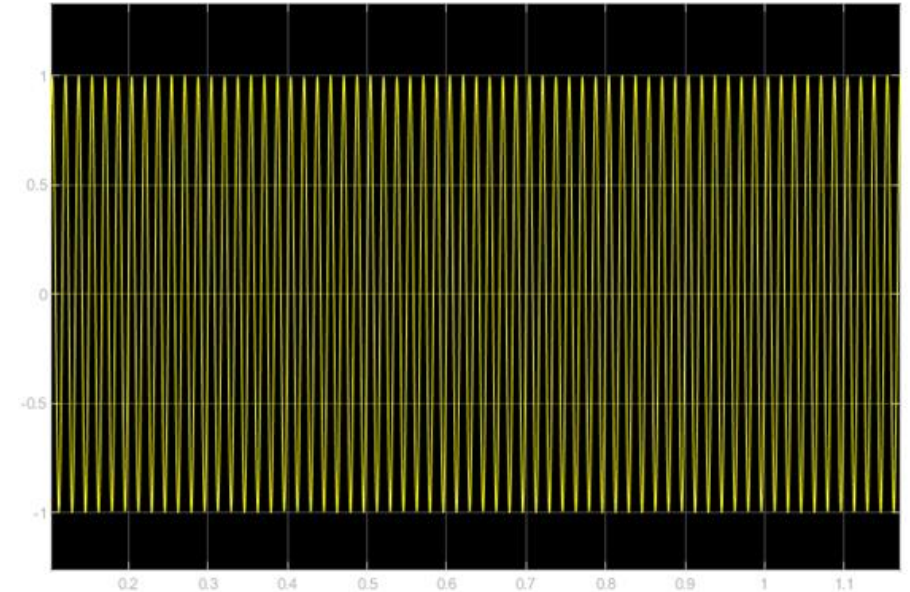
El bloque que simula la señal de entrada y representa la tensión de la red, 127 voltios entre fase y neutro, la misma que se le superpone una señal de modulación cuadrática, para obtener una señal modulada con una amplitud  $\Delta V/V$  igual a 0,253% a una frecuencia de 8,8 Hz, que acorde el protocolo IEC debe causar una sensación de parpadeo unitaria.

## Implementación del Bloque 1 - (Adaptador del voltaje de entrada)

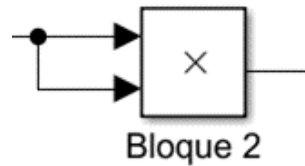


El objetivo del bloque 1 del Flickermeter es normalizar el voltaje de entrada a una señal de referencia, esta señal se calcula considerando el valor RMS de la tensión analizada, luego se introduce un filtro pasa bajo como se especifica en la norma IEC.

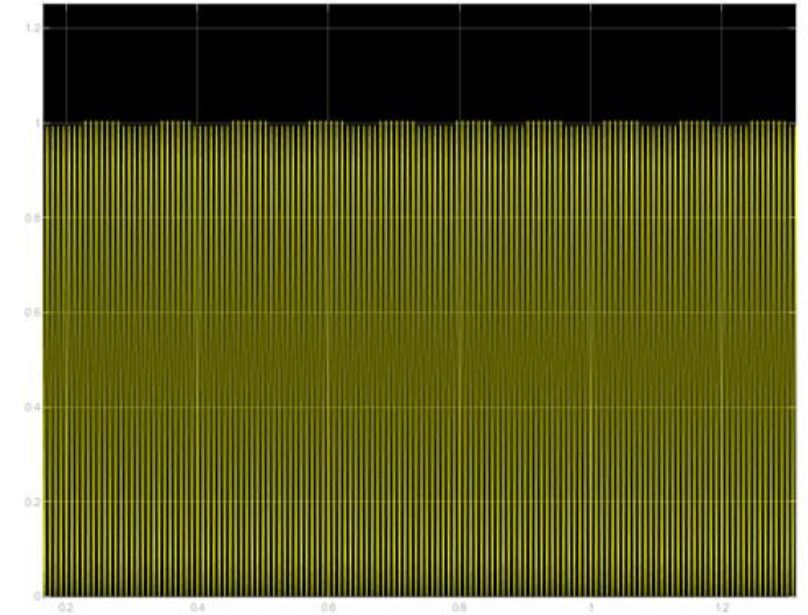
$$F(s) = \frac{1}{27,360552s + 1}$$



## Implementación del Bloque 2 - (Demodulador cuadrático)

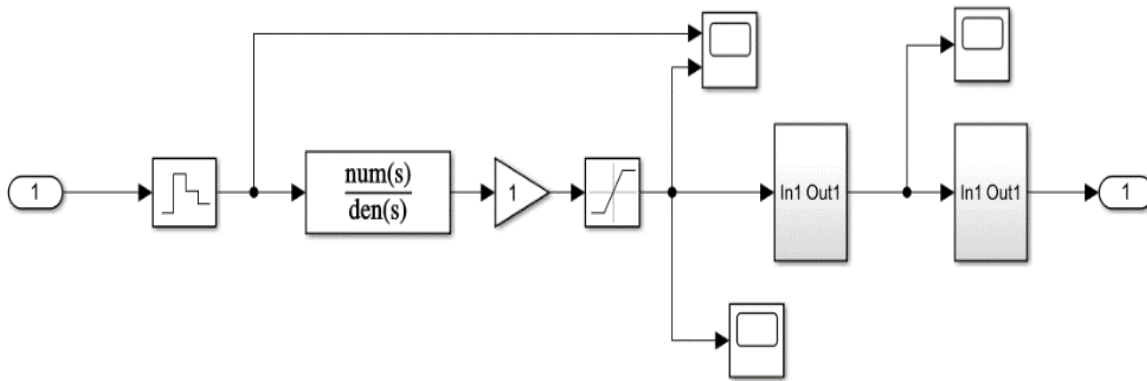


El objetivo del bloque 2 es simplemente extraer el rango de modulación, de modo que a este bloque se lo puede implementar fácilmente en Simulink.



## Implementación del Bloque 3 - (Ponderación de frecuencias)

Este bloque resulta ser el principal ya que en él se representa el comportamiento ojo-cerebro



- ✓ Un filtro pasa alto de primer orden con una frecuencia de corte de 0,05 Hz, su propósito es suprimir la componente DC de la salida del bloque 2;
- ✓ Un filtro pasa bajo del tipo Butterworth de 6<sup>o</sup> orden, posee una frecuencia de ruptura igual a 42 Hz (para redes de 120 V/60 Hz);
- ✓ Un filtro de ponderación de frecuencias.

$$F(s) = \frac{3,175s}{3,175s + 1}$$

$$F(s) = \prod_{i=1}^3 \left[ \frac{\omega_i^2}{\left(\frac{s}{\omega_c}\right)^2 + 2\beta_i\omega_c\left(\frac{s}{\omega_c}\right) + \omega_i^2} \right]$$

$\omega_c$  = frecuencia de corte en rad/seg;

$$\omega_1 = \omega_2 = \omega_3 = 1;$$

$$\beta_1 = 0,26;$$

$$\beta_2 = 0,71;$$

$$\beta_3 = 0,97.$$

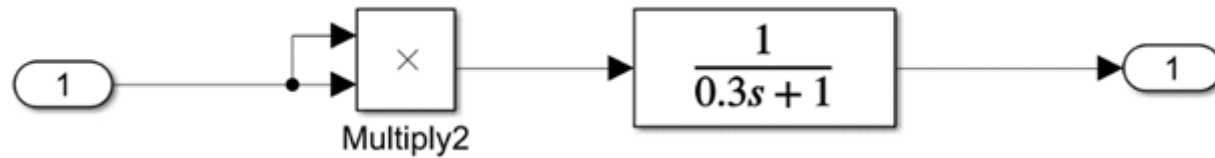
$$FA_{42Hz}(s) = \frac{1}{0,0000143596s^2 + 0,00197049s + 1}$$

$$FB_{42Hz}(s) = \frac{1}{0,0000143596s^2 + 0,00538095s + 1}$$

$$FC_{42Hz}(s) = \frac{1}{0,0000143596s^2 + 0,00735144s + 1}$$



## Implementación del Bloque 4 - (Promedio cuadrático)



$$F(s) = \frac{1}{0,3s + 1}$$

Tiene dos funciones específicas, la primera es la evaluación cuadrada de la señal de salida del bloque 3 que simula la percepción no lineal del comportamiento del sistema ojo-cerebro frente a las variaciones de iluminación, y su segunda función está relacionada con la simulación del efecto de almacenamiento de información por parte del cerebro humano.

La señal de salida del bloque 4, posee un significado importante porque cuantifica la sensación de parpadeo instantáneo.

## Implementación del Bloque 5 según el Protocolo de la IEC 61.000-4-15

El bloque 5 es el último bloque el cual es el responsable de calcular el indicador de la severidad del parpadeo a corto plazo.

El valor de  $P_{st}$  se estima como se indica a continuación:

$$P_{50s} = (P_{30} + P_{50} + P_{80})/3$$

$$P_{10s} = (P_6 + P_8 + P_{10} + P_{17})/5$$

$$P_{3s} = (P_{2,2} + P_3 + P_4)/3$$

$$P_{1s} = (P_{0,7} + P_1 + P_{1,5})/3$$



# Análisis de Resultados

## Evaluación del Transformador 0304701 50 kVA

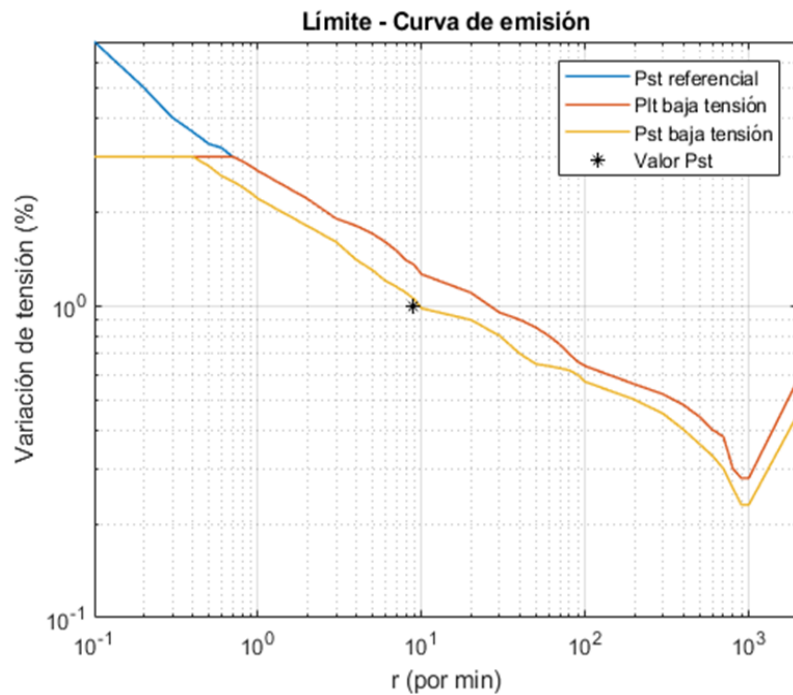
Dato	Voltaje medido		Valor medido		Valor calculado		Error relativo	
	UL1	UL2	Pst_UL1	Pst_UL2	Pst_UL1	Pst_UL2	Error_UL1	Error_U
1	125,347	125,379	1,005	1,004	0,994	0,989	1,095%	1,494%
2	124,892	124,967	1,001	1,001	0,996	0,991	0,500%	0,999%
3	126,127	126,16	1,025	1,024	0,99	0,986	3,415%	3,711%
4	124,848	124,858	0,972	0,971	0,996	0,991	2,469%	2,060%
5	125,51	126,135	0,968	0,953	0,993	0,986	2,583%	3,463%
6	125,16	125,797	0,973	0,963	0,995	0,987	2,261%	2,492%
7	126,105	125,545	0,955	0,967	0,99	0,988	3,665%	2,172%
8	125,764	126,473	0,964	1,02	0,997	0,985	3,423%	3,431%
9	126,434	124,752	1,021	0,961	0,986	0,992	3,428%	3,226%
10	124,708	125,967	0,962	0,965	0,997	0,987	3,638%	2,280%
11	125,636	125,698	1,008	1,008	0,992	0,988	1,587%	1,984%
12	124,059	125,192	0,973	0,972	1,001	0,99	2,878%	1,852%
13	125,921	124,666	0,966	0,981	0,985	0,992	1,967%	1,121%
14	124,601	125,363	0,982	0,962	0,998	0,989	1,629%	2,807%
15	125,349	124,089	0,96	0,972	0,989	1,001	3,021%	2,984%



# Análisis de Resultados

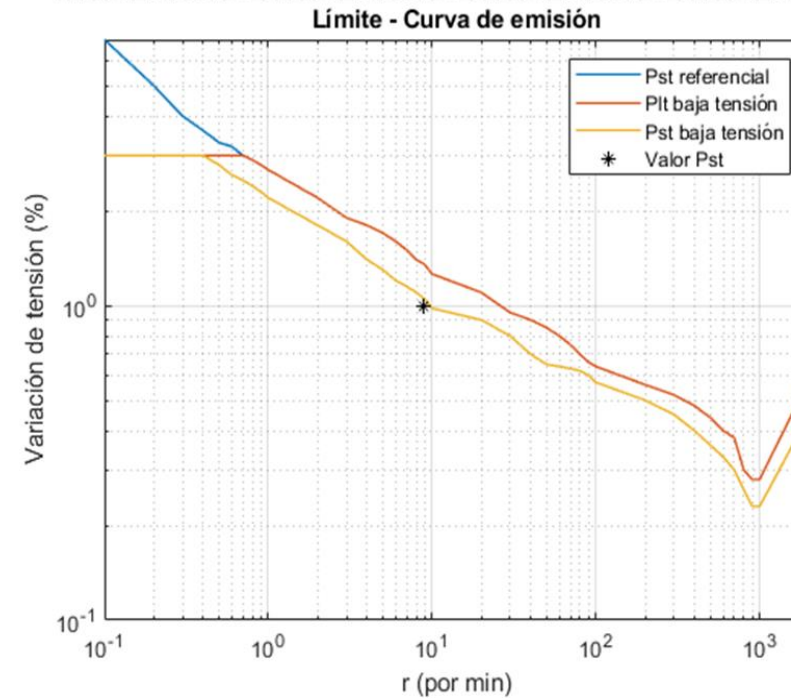
Gráfica del  $P_{st}$  calculado a través del Flickermeter de la Fase 1 del Transformador 0304701

Pst calculado = 0.99399965924 pu.



Gráfica del  $P_{st}$  calculado a través del Flickermeter de la Fase 2 del Transformador 0304701

Pst calculado = 0.98947136758 pu.





## Etapa 1 - Análisis del entorno

Realizar una inspección visual de las partes externas del transformador, los puntos de interés de la inspección son:

- ✓ Las boquillas de alta tensión
- ✓ Las boquillas de baja tensión y la conexión de los cables
- ✓ Los accesorios de protección
- ✓ El sistema de puesta a tierra
- ✓ La existencia de fugas



## Resumen del estado de los transformadores

Transformador		
0302930	0302951	0304701
<ul style="list-style-type: none"><li>Puntos flojos en el sistema de puesta a tierra</li><li>Pararrayos de baja tensión flojo</li><li>Alimenta a una Torre de Telecomunicaciones</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Sistema de puesta a tierra sin conexión</li><li>Alimenta a clientes residenciales y comerciales</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Varilla copperweld sin ser enterrada por completo</li><li>Pararrayo de baja tensión flojo</li><li>Alimenta a clientes residenciales y comerciales</li></ul>

## **Mantenimiento Conductivo**

El cual trata de un conjunto de tareas de mantenimiento básico del equipo que lo lleva a cabo el personal de operación. Las actividades a realizar en cada uno de los transformadores están en función de sus necesidades.



## a. Sistema de puesta a tierra



*Pirámide de calidad de energía*

“También se puede definir a la calidad de energía como el proceso de energizar y poner a tierra el equipo sensible de una manera adecuada para la óptima operación del equipo”



## b. Tipo de cable instalado

### *Características del cobre y del aluminio*

		<b>Cobre suave</b>	<b>Aluminio 1350</b>
<b>Densidad</b>	$g/cm^3$	8,89	2,705
<b>Resistividad</b>	$\Omega \cdot mm^2 / km$	17,141	28,172
<b>Conductividad</b>	(%IACS)	100	61,2
<b>Tensión de rotura</b>	$Mpa$	220	155 - 200
<b>Elongación a rotura</b>	%	25 - 30	1,4 - 2,3
<b>Norma ASTM (NTC)</b>		B3 (359)	B230 (360)
<b>Resistencia a la corrosión</b>		Excelente	Buena

Para excluir la corrosión electroquímica que llevara a cabo la unión de cobre (bajantes) y aluminio (cable preensamblado) se debe utilizar los conectores apropiados, lo que proporcionara un contacto duradero y confiable.



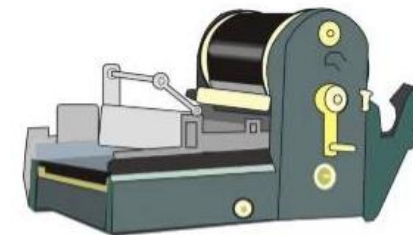
## c. Falso contacto eléctrico

Hay que tener en cuenta, que toda conexión eléctrica sufre desgaste con el tiempo y puede generar un falso contacto. Con el pasar del tiempo los contactos en algún momento no estarán correctamente sujetos (apretados), eso quiere decir que existirá milésimas de segundo en que no pasará la energía eléctrica correctamente. Hablando en términos técnicos, un falso contacto representa una oposición al paso de la corriente eléctrica



## Etapa 2 - Tratamiento ante una fuente perturbadora

Se debe considerar algunas soluciones ante la presencia de una carga fluctuante; por lo general se procuraría aislarla del circuito al que está conectado o realizar un ajuste del tap y moverlo a la posición tap 1 (+2,5%). Entre otra alternativa esta aumentar la potencia nominal del transformador y realizar una distribución de carga adecuada.



## Etapa 3 - Dimensionamiento de un filtro

### Aplicaciones de los filtros activos

Filtros serie	Filtros paralelo
<ul style="list-style-type: none"><li>• Reducción de armónicos de tensión en la carga</li><li>• Regulación de la tensión</li><li>• Reducción del Flicker y los microcortes de tensión</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Reducción de los armónicos de corriente</li><li>• Compensación del factor de potencia</li><li>• Reducción de la corriente por el neutro</li></ul>

El *filtro serie* se comporta como una fuente de tensión en serie con la propia red, y su función principal es que la tensión en bornes de la carga sea senoidal.

El *filtro paralelo* actúa básicamente como una fuente de corriente, y tiene como misión contrarrestar los armónicos de corriente generados por la carga, de forma que, la corriente en la red sea senoidal.



# Diseño de la Propuesta

## a. Cálculo del filtro activo

Datos del Transformador 0304739

---

Transformador 0304739	
Potencia	75 kVA
Vn. Primario	13,8 kV
Vn. Secundario	220/127 V
Impedancia	4%

---

$\alpha = \text{distorsión armónica total de demanda (DATH o THD)}$

Cálculo de la corriente de cortocircuito

$$I_{cc} = \frac{1}{X_{pu}} = \frac{1}{0,04} = 25$$

Cálculo de la corriente de carga de cada línea

$$IL = \frac{S}{\sqrt{3}V_L} = \frac{59639,40}{\sqrt{3} * 220} = 156,51A$$

Cálculo de la corriente de carga en p.u.

$$IL_{p.u.} = \frac{I_{fase}}{I_{línea sistema}}$$

Factor aproximado para el THDI

$$\alpha = \frac{I_{cc}}{IL_{p.u.}}$$





# Diseño de la Propuesta

Datos obtenidos de los cálculos para armónicos de corriente

Fases	IL	IL <sub>p.u.</sub>	$\alpha$
F1	184,11	1,17	21,36
F2	209,06	1,33	18,79
F3	120,03	0,76	32,89
N	148,59	0,95	26,31

Calculó de la corriente nominal del filtro activo

$$I_{AF} = SF_h * I_{carga} * THDI\%$$

$SF_h$ : Es un valor teórico que establece el factor de sobrecarga del filtro.

$I_{carga}$ : Es la corriente de carga.

$THDI\%$ : Es la distorsión armónica de corriente total expresado en porcentaje.

El valor de  $SF_h$  tiene relación con el valor de  $THDV$

- Si el  $THDV = 3\%$  el factor de seguridad a aplicar es de 1,2.
- Si el  $THDV = 5\%$  el factor de seguridad a aplicar es de 1,5.
- Si el  $THDV > 5\%$  el factor de seguridad a aplicar es de 1,8 a 2,0.

Los valores de  $THDV$  registrados por el analizador para la Fase 1 es de 1,85%, para la Fase 2 es de 2,03% y para la Fase 3 es de 1,95%.



# Diseño de la Propuesta

$$I_{AF,F1} = 1,2 * 209,6 A * 21,36\% = 53,72 A$$

$$I_{AF,F2} = 1,2 * 209,6 A * 18,79\% = 47,26 A$$

$$I_{AF,F3} = 1,2 * 209,6 A * 32,89\% = 82,72 A$$

$$I_{AF,N} = 1,2 * 209,6 A * 26,31\% = 66,17 A$$

Acorde los cálculos obtenidos la corriente de filtrado para la Fase 1 es de 53,72 A, para la Fase 2 es de 47,26 A, para la Fase 3 es de 82,72 A y para el Neutro es de 66,17 A. Los valores con mayor corriente son los de la Fase 3 y el Neutro, por lo tanto, el filtro a considerar debe filtrar corrientes máximas de 90 A por Fase y 70 A para el Neutro.



# Diseño de la Propuesta

## b. Selección del filtro

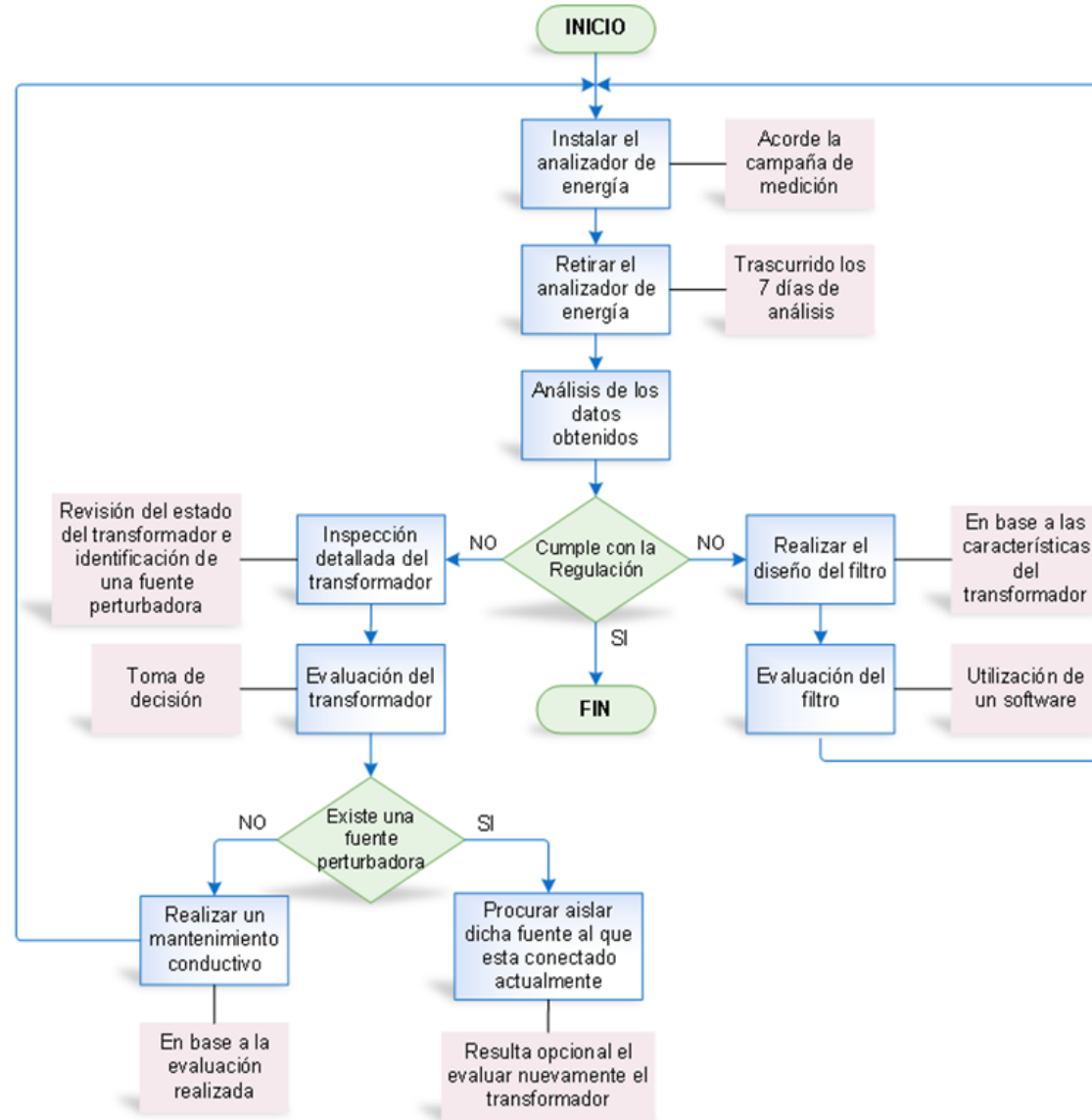
Comparación de varios modelos de filtros activos



Descripción	Fabricante			
	SCHNEIDER ELECTRIC	CIRCUTOR	LIFASA	MERUS POWER
<b>Modelo</b>	AccuSine PFV+	AFQm	SINAF M	SERIE A2
<b>Voltaje de operación</b>	380 - 480 V	208 - 400 V	230 - 400 V	200 - 400 V
<b>Corrientes de filtrado</b>	60 - 120 - 200 A	30 - 60 - 100 A	30 - 60 - 100 A	50 - 100 - 150 A
<b>Número de fases</b>	Trifásico, con o sin neutro	Trifásico, con neutro	Trifásico, con neutro	Trifásico, con neutro
<b>Orden de armónico</b>	-	2 - 50	2 - 50	2 - 50
<b>Corrección del factor de potencia</b>	-	0,7 inductivo - 0,7 capacitivo	0,7 inductivo - 0,7 capacitivo	-
<b>THDV máximo</b>	Hasta el 20%	Hasta el 25%	Hasta el 25%	-
<b>Tiempo de respuesta</b>	25µs	0,1 ms	0,1 ms	0,1 ms
<b>Número de filtros en paralelo que se pueda incorporar</b>	Hasta 10	Hasta 100	Hasta 100	Hasta 7
<b>Altura de operación</b>	1000 m	3000 m	3000 m	-
<b>Dimensiones (Ancho x Alto x Fondo)</b>	2100 x 1300 x 500 mm	439 x 745 x 288 mm	745 x 439 x 288 mm	500 x 225 x 800 mm



# Diseño de la Propuesta



# Implementación de la Propuesta

*Materiales utilizados para efectuar el mantenimiento conductivo*

Descripción	Cantidad	Unidades	Monto
Conector estanco doble dentado 50 a 150 mm <sup>2</sup> (1/0 AWG - 300 MCM)	6	Uni	43,2
Cable de Cu. 600 V TTU 1/0 AWG 7 hilos	9	Mtr	84,6
Conector de bronce para varilla toma a tierra 5/8"	3	Uni	7,2
Pararrayo clase baja tensión 440 V	2	Uni	58,4
		<b>TOTAL:</b>	<b>193,4</b>

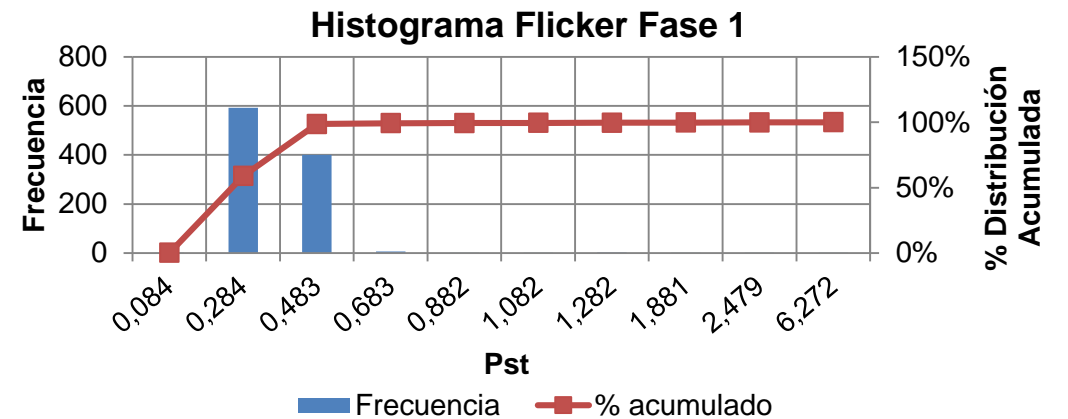
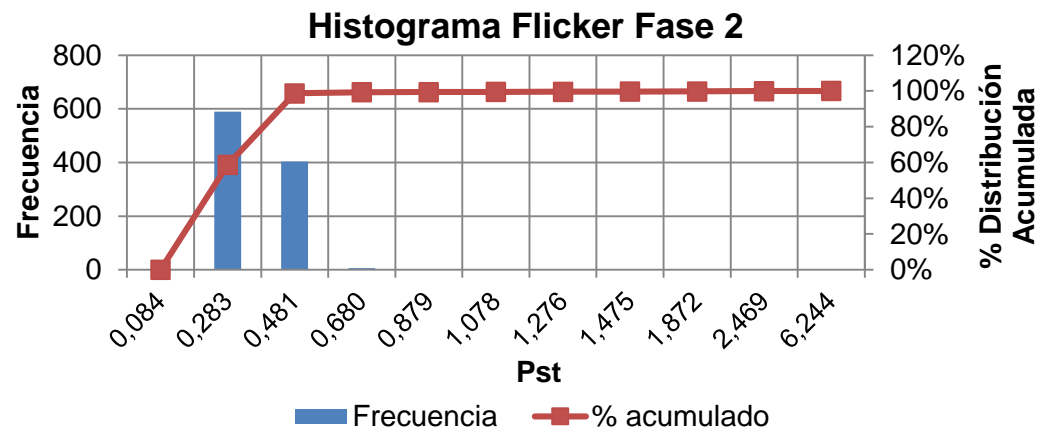


**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# Implementación de la Propuesta

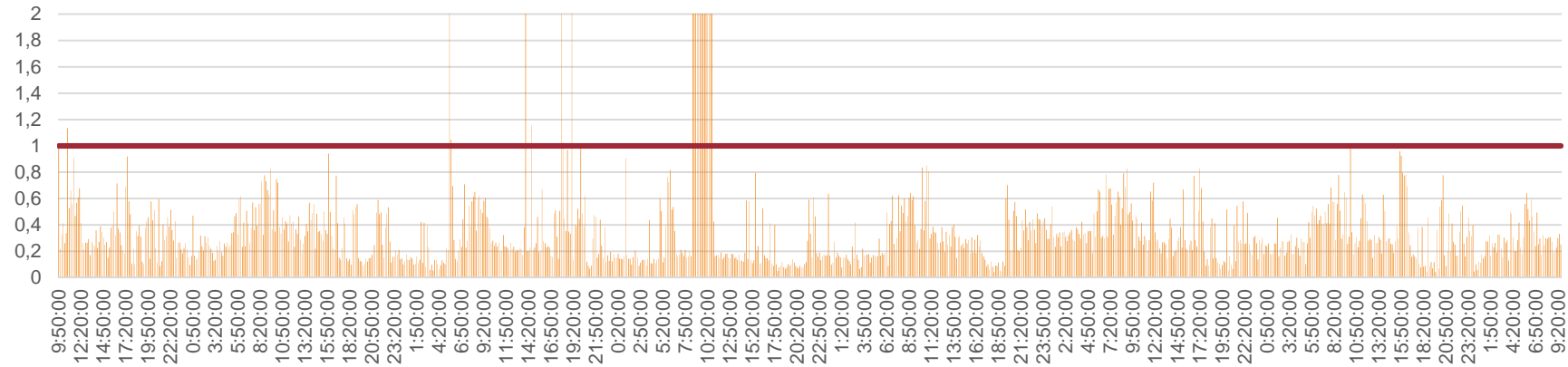
Resumen de los resultados obtenidos para el Transformador 0304701

	Antes		Después	
	Fase 1	Fase 2	Fase 1	Fase 2
<b>Pst máx.</b>	693,942	693,943	6,272	6,244
<b>Pst mín.</b>	0,054	0,053	0,084	0,084
<b>Pst promedio</b>	9,953	9,95	0,263	0,263
<b>Valores &gt;1</b>	103	105	5	5
<b>%</b>	89,24	89,03	99,5	99,5

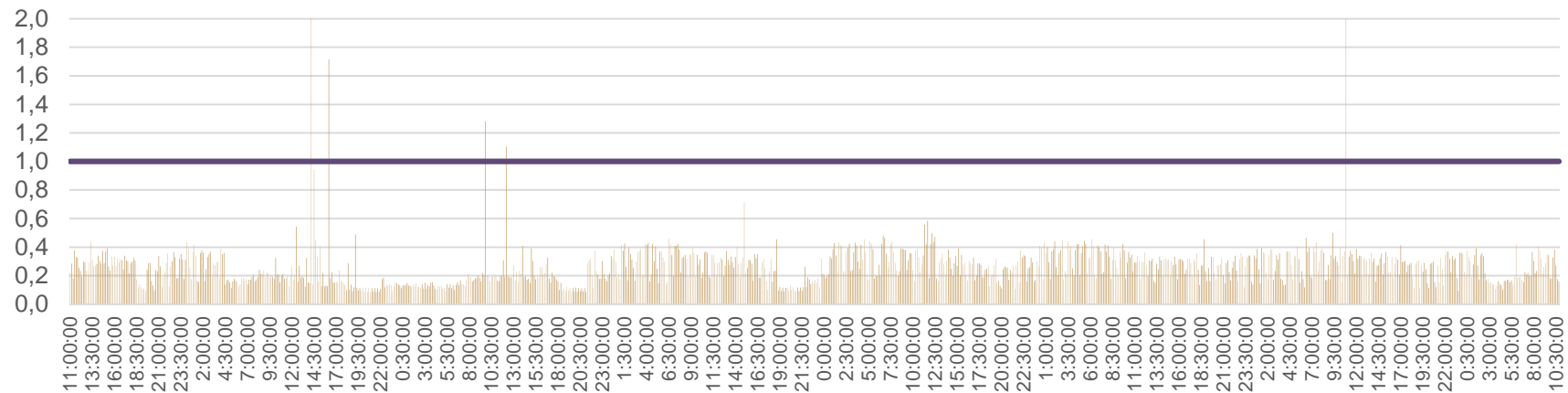


# Implementación de la Propuesta

Pst Antes - Fase 1

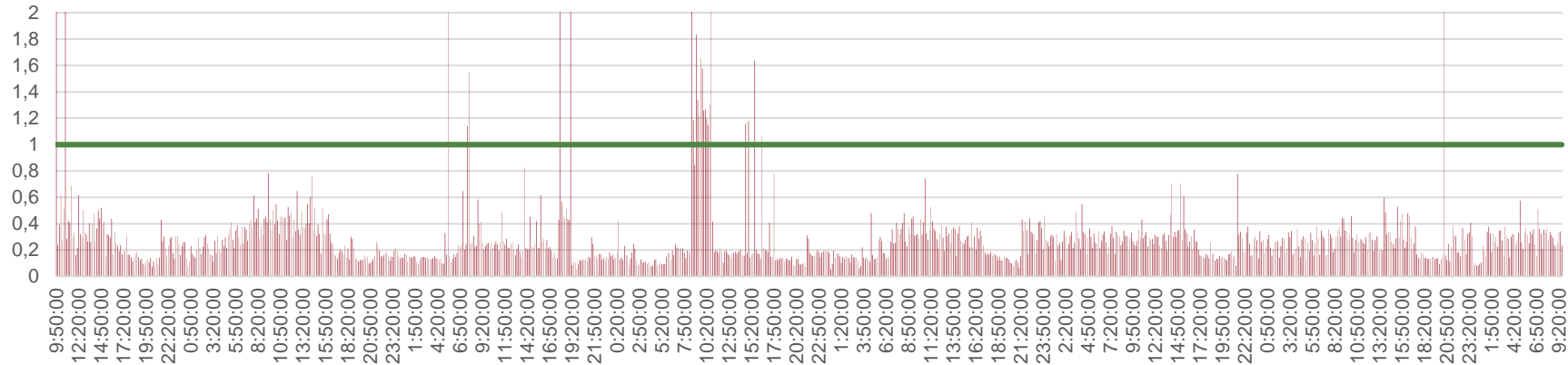


Pst Después - Fase 1

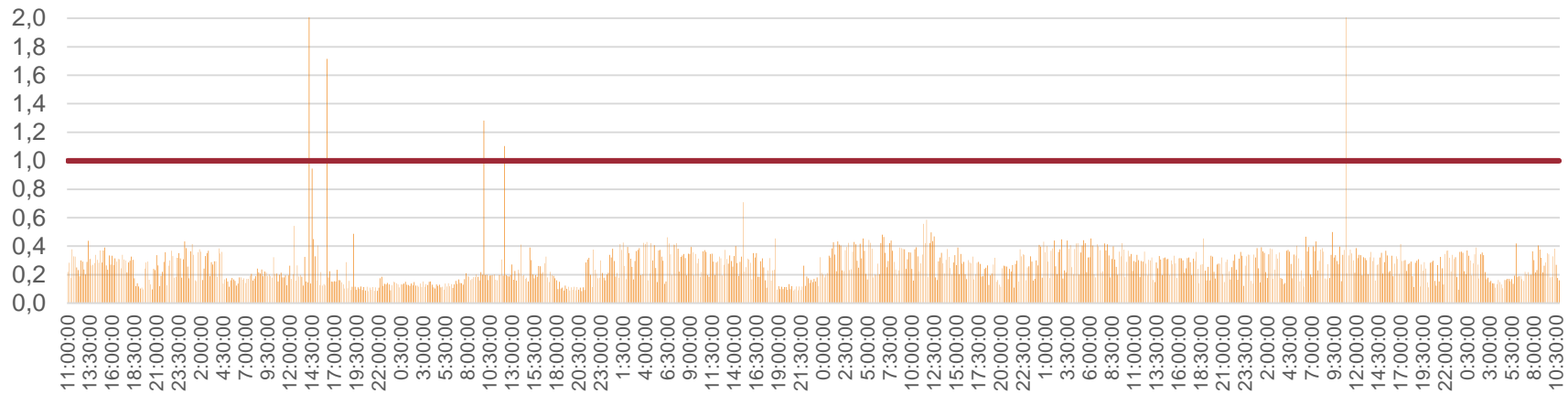


# Implementación de la Propuesta

Pst Antes - Fase 2



Pst Después - Fase 2





# Conclusiones

- Con los datos adquiridos a través de los equipos de monitoreo se determinó el comportamiento de los transformadores de distribución y se evaluó si estos cumplen con los índices de calidad de producto expuestos en la Regulación No. ARCONEL 005/18, en base a los resultados obtenidos se planteó una alternativa para mitigar el fenómeno eléctrico conocido como Flicker, esta se compone de tres etapas a manera de diagrama de flujo como se detalló en los capítulos anteriores y de esta forma la CNEL EP Bolívar podrá elegir la opción que le conviene más, de esta forma la CNEL EP Bolívar podrá elegir la opción que le conviene más acorde al comportamiento operativo de su área de concesión eléctrica.

# Conclusiones

- De acuerdo con lo expuesto en la Regulación del ARCONEL se requiere una muestra para evaluar la calidad de producto que se está brindado a cada uno de los consumidores, la CNEC EP Bolívar posee 5691 transformadores de distribución y se debe presentar un muestreo del 0,15% de estos, dándonos un total de 8 transformadores por mes. Con respecto a los usuarios de medio voltaje se tiene un total de 8 y se debe presentar un muestreo del 0,5% de estos, pero dicha cantidad no satisface los requerimientos establecidos así que se presenta 5 por mes.

# Conclusiones

- Las mediciones de las variables eléctricas fueron realizadas en base a la campaña de medición; en este formato consta todas las mediciones que realizara la CNEL EP Bolívar durante un año con la finalidad de evaluar la calidad de producto que ofrece a sus usuarios, para seleccionar los puntos de medición se debe considerar los criterios expuestos en la Regulación No. ARCONEL 005/18.



# Conclusiones

- Los resultados obtenidos por los analizadores de energía muestran que los transformadores de distribución presentan un incumplimiento del índice de flicker, ya que los valores registrados no superan el 95% del valor límite establecido por la Regulación del ARCONEL. Dentro de los datos obtenidos el valor del  $P_{st}$  supera la unidad en diversas ocasiones, esto nos indica que el parpadeo en elementos electrónicos y principalmente en fuentes luminosas es muy notorio.



# Conclusiones

- El software CYME ayudo en el modelamiento del fenómeno flicker, para el análisis se utilizó los transformadores de distribución del alimentador Balsapamba. En donde aplicando la herramienta de Evaluación de las perturbaciones en la red se obtiene que en la red de MV no existe la presencia de flicker, pero en el lado de BV si existe dicho fenómeno. Para el análisis del punto de acoplamiento común de la red de BV se utilizó la herramienta Simulink, en donde se realizó la modelación de un Flickermeter para evaluar el índice  $P_{st}$ , comparando dicho valor con la curva de emisión límite de flicker estandarizada (IEC 61000-4-15), obteniendo un rango de error menor del  $\pm 5\%$  recomendado por el protocolo IEC.



# Conclusiones

- Para mitigar la presencia de flicker en los transformadores de distribución se evaluó las condiciones de cada transformador, observando principalmente el estado físico del mismo y los usuarios que están conectados. En base a dicha inspección se optó por implementar un mantenimiento conductivo para mejorar las condiciones de operación de los transformadores, obteniendo resultados favorables, para la Fase 1 mejoro en un 10,26% y para la Fase 2 mejoro un 10,47%, llegando así al cumplimiento de la Regulación del ARCONEL.



***GRACIAS POR SU ATENCIÓN***



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA