



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE VIBRACIONES MECÁNICAS EN EL SISTEMA SCADA DE LOS GRUPOS DE GENERACIÓN HIDROELÉCTRICA EN LA CENTRAL ILLUCHI II DE LA EMPRESA ELÉCTRICA COTOPAXI ELEPCO S.A.”**

**AUTORES:** - CARLOS ANDRÉS MAIGUA LÓPEZ  
- CRISTIAN OMAR RODRÍGUEZ VILLARROEL

**DIRECTOR:** ING. WASHINGTON FREIRE

**JULIO, 2018**





# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

## TEMA DEL PROYECTO

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE VIBRACIONES MECÁNICAS EN EL SISTEMA SCADA DE LOS GRUPOS DE GENERACIÓN HIDROELÉCTRICA EN LA CENTRAL ILLUCHI II DE LA EMPRESA ELÉCTRICA COTOPAXI ELEPCO S.A.”**





# ***Empresa Eléctrica Cotopaxi ELEPCO S.A.***



La Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi ELEPCO S.A. apegada a su objeto social, tiene como finalidad primordial la prestación del servicio público eléctrico correspondiente a su área de concesión, a través de la generación, distribución y comercialización de energía eléctrica; su fin es brindar el suministro de energía eléctrica a sus clientes, cumpliendo con parámetros de calidad, ofreciendo un servicio confiable y continuo, convirtiéndola en una empresa encaminada a la innovación e impulsadora del desarrollo socio-económico de la Provincia de Cotopaxi.



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



# Central de Generación Hidroeléctrica Illuchi II



La central de generación hidroeléctrica Illuchi II fue construida en el año 1984, esta se encuentran funcionando de una manera adecuada y permanente, hoy en día la central hidráulica opera como parte de la Empresa Eléctrica Cotopaxi (ELEPCO S.A.).

La central consta de dos unidades turbogeneradoras de 2.6 (MVA) de capacidad cada uno, que funcionan a un voltaje de 2400 voltios.





La central de generación hidroeléctrica Iluchi II tiene operando 31 años, por lo que está expuesta a sufrir posibles fallas de operación. La central carece de un sistema de monitoreo continuo de vibraciones mecánicas que permita alertar posibles fallas presentes en los generadores, proporcionando información en tiempo real y oportuno con el fin de facilitar el manejo y análisis de situaciones que alteren el normal funcionamiento de la máquina y la continuidad del proceso.





## Grupos de Generación de la Central Illuchi II

Medir y analizar en tiempo real todas las señales de vibración mecánica de los grupos de generación.

Control oportuno de situaciones que alteren el normal funcionamiento de la máquina y la continuidad del proceso.

Reducción de costos por:

- Mantenimiento
- Reparaciones mayores
- Paros de producción

Aumentó de:

- Seguridad tanto del personal, equipos y de la planta en general.





# OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar un sistema de monitoreo de vibraciones mecánicas en el sistema SCADA para los grupos de generación hidroeléctrica en la central Illuchi II de la Empresa Eléctrica Cotopaxi ELEPCO S.A.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el estado de funcionamiento actual de la central Illuchi II, a través de la determinación de una muestra representativa del personal operador de la central mediante el uso de encuestas.
- Construir el equipo analizador de vibraciones mecánicas e implementar al sistema SCADA que permita el monitoreo y registro de datos en tiempo real para los grupos de generación hidroeléctrica en la central Illuchi II.





- Analizar las señales de vibraciones mecánicas obtenidas en tiempo real y compararla con la señal estándar mediante la norma ISO 10816 para el funcionamiento adecuado del elemento rotativo en los grupos de generación.
- Proporcionar una base de datos obtenidos a partir del estudio de las vibraciones mecánicas, el mismo que será usado como referencia para la aplicación del mantenimiento predictivo a ser aplicado en los grupos de generación de la central.







Mediante la construcción e implementación del sistema de monitoreo de vibraciones mecánicas y el análisis de las señales obtenidas, se podrá visualizar en tiempo real las curvas que presentan los componentes de los generadores, permitiendo alertar cuando exista una posible falla y su causa.

## Variable independiente

Diseño de un sistema de monitoreo continuo de señales de vibraciones mecánicas.

## Variable dependiente

Análisis y comparación de las señales de vibraciones mecánicas para detectar las fallas y sus posibles causas presentes en los grupos de generación, según la norma ISO 10816.





# MANTENIMIENTO PREDICTIVO

Ayuda a detectar el comienzo de un futuro daño, avería y la causa del problema que se esté desarrollando, para finalmente corregirlos de una manera puntual y segura la falla detectada.





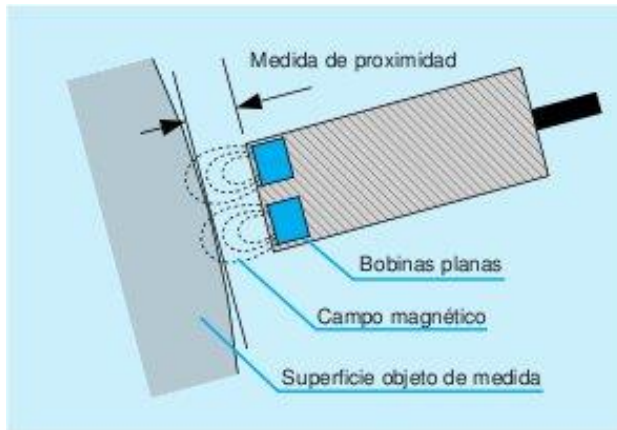
# VIBRACIONES MECÁNICAS

Las vibraciones en máquinas y estructuras en su mayor parte son consideradas indeseables, ya que incrementan los esfuerzos y las tensiones debido a las pérdidas de energía presentes. Esto se debe a las características propias que poseen los sistemas haciendo que vibren cada vez que se presente una perturbación.

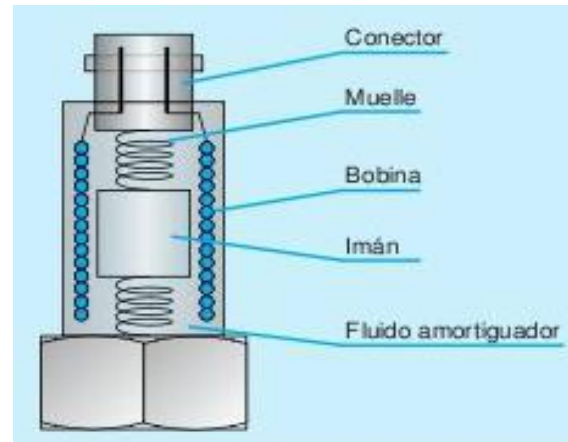




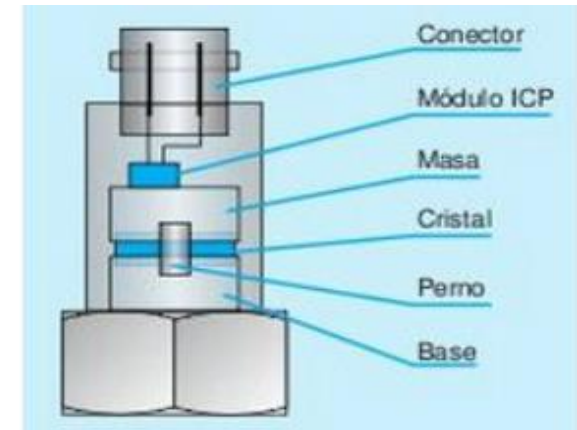
## Sensores de Desplazamiento



## Sensores de Velocidad



## Sensores de Aceleración



La evaluación de vibraciones mecánicas en equipos rotatorios presenta una gran ventaja respecto a otras técnicas de inspección. Esto se debe a que la evaluación es la realiza en línea.

## Parámetros de medición y análisis de vibración

- **Desplazamiento** [m]
- **Velocidad** [mm/seg]
- **Aceleración** [mm/seg<sup>2</sup>]





# VENTAJAS DEL ANÁLISIS DE VIBRACIONES

## Reducción de costos de mantenimiento

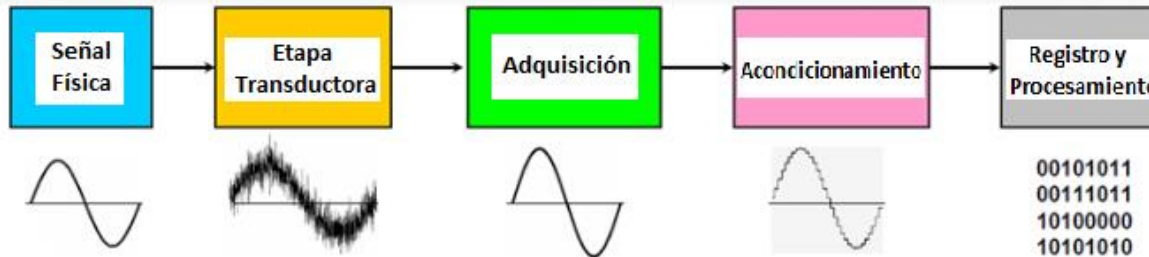
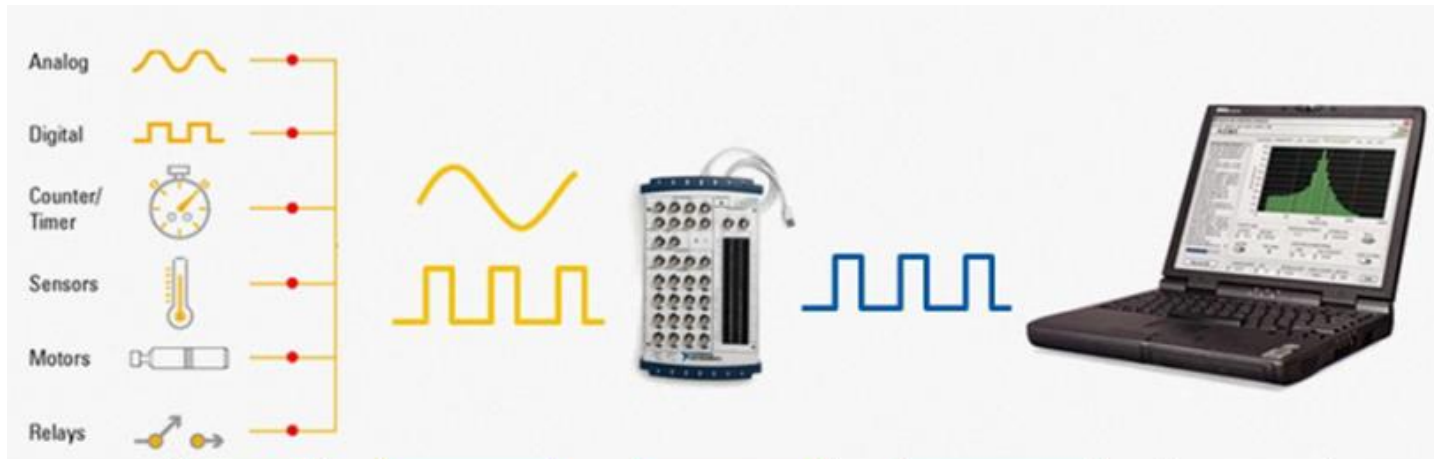
- Localiza y corrige los problemas existentes o que se estén desarrollando en las máquinas.
- Identifica y reemplaza prácticas pobres de mantenimiento.
- Mejora la planeación y los programas de mantenimiento.
- Reduce el costo de horas laborales extras, del personal de mantenimiento.

## Incremento de la producción

- Mejora las condiciones de seguridad
- Reduce los tiempos perdidos ocasionados por fallos inesperados en el equipo.
- Extensión de la vida útil del equipo, manteniendo una calidad constante durante el proceso.
- Reducción de pérdida de la materia prima.



# SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS



1. Etapa Transductora

2. Etapa de Adquisición

3. Etapa de Procesamiento

4. Etapa de Visualización

5. Etapa de Registro



Establece las condiciones y procedimientos para la medición y evaluación de la vibración mecánica, utilizando mediciones realizadas sobre partes **NO** rotativas de las máquinas

Velocidad 10 - 1000 Hz r > 600 rpm	Velocidad 2 - 1000 Hz r > 120 rpm	in/s rms	mm/s rms						
		0,43	11						
		0,28	7,1			D			
		0,18	4,5			C			
		0,14	3,5			B			
		0,11	2,8			A			
		0,09	2,3			A			
		0,06	1,4			A			
		0,03	0,71			A			
		BASE		Rígida	Flexible	Rígida	Flexible	Rígida	Flexible
Tipo de máquina		Bombas > 15 KW Flujo radial, axial o mixto				Tamaño medio 15 KW < P ≤ 300 KW		Máquinas grandes 300 KW < P < 50 MW	
		Motor integrado		Motor separado		Motores 160 mm ≤ H < 315 mm		Motores 315 mm ≤ H	
Grupo		Grupo 4		Grupo 3		Grupo 2		Grupo 1	

**A** Máquina nueva o reacondicionada

**C** La máquina no puede operar un tiempo prolongado

**B** La máquina puede operar indefinidamente

**D** La vibración está provocando daños







# FORMULACIÓN DE ENCUESTA

## Pregunta 1

¿Años que operan los generadores hidroeléctricos de la Central Hidroeléctrica Iluchi II?

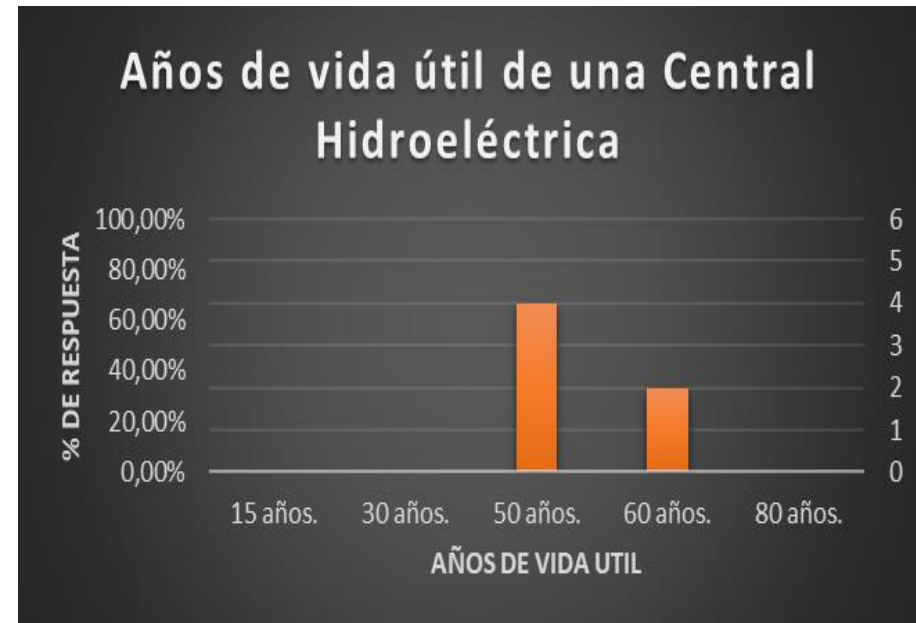
AÑOS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
De 1 a 5 años.	0	0,0%
De 5 a 10 años.	0	0,0%
De 10 a 20 años.	0	0,0%
De 20 a 30 años.	0	0,0%
De 30 a 40 años.	6	100,0%
De 40 a 50 años.	0	0,0%
TOTAL	6	100,0%



## Pregunta 2

¿Conoce usted el tiempo de vida útil de una central de generación hidroeléctrica Illuchi II?

AÑOS	FRECUENCIA	PORCETAJE
15 años.	0	0,00%
30 años.	0	0,00%
50 años.	4	66,67%
60 años.	2	33,33%
80 años.	0	0,00%
<b>TOTAL</b>	<b>6</b>	<b>100,00%</b>





## Pregunta 3

¿Se ha realizado algún tipo de monitoreo o mantenimiento de vibraciones mecánicas a los grupos de generación de la central hidroeléctrica Illuchi II durante su tiempo de operación?

OPCION	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	1	16,7%
NO	5	83,3%
TOTAL	6	100,0%





# FORMULACIÓN DE ENCUESTA

## Pregunta 4

¿La central hidroeléctrica Illuchi II actualmente cuenta con un sistema de monitoreo de vibraciones mecánicas para los grupos de generación?

OPCION	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	0	0,0%
NO	6	100,0%
TOTAL	6	100,0%





## Pregunta 5

¿Actualmente se efectúa algún tipo de control de vibraciones mecánicas a los grupos de generación de la central hidroeléctrica Illuchi II?

OPCION	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	0	0,0%
NO	6	100,0%
TOTAL	6	100,0%



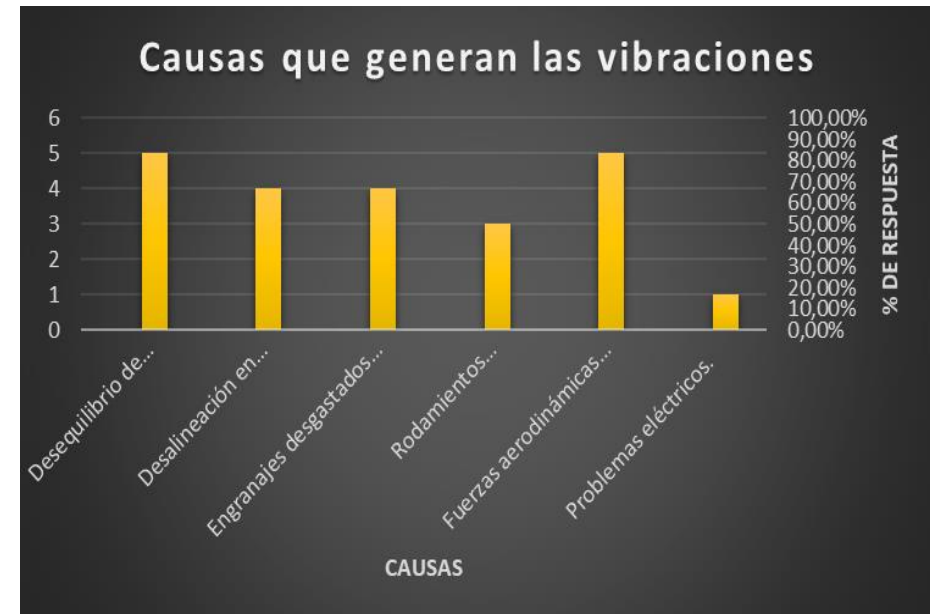


# FORMULACIÓN DE ENCUESTA

## Pregunta 6

¿Qué tipo de causas conoce usted que ocasionen vibraciones en una máquina rotativa?

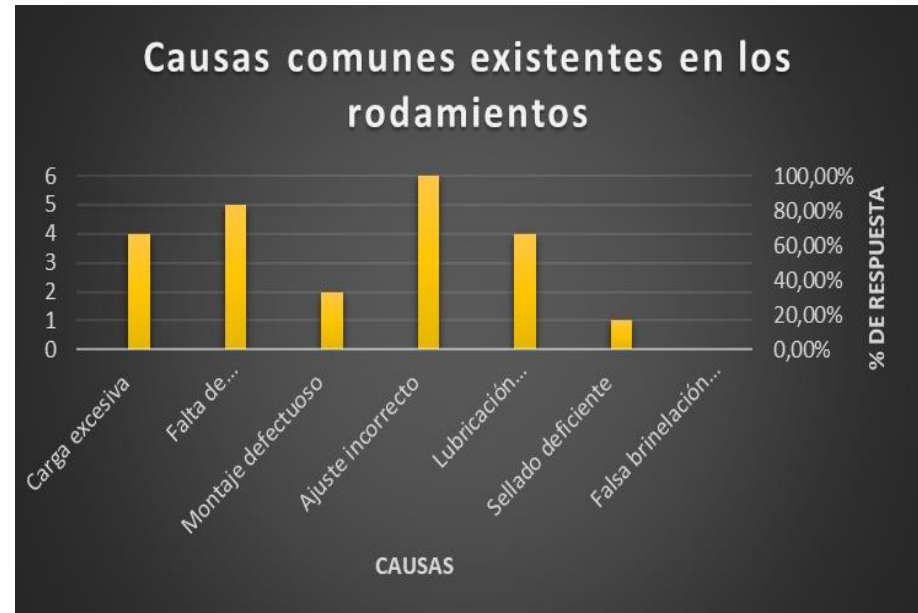
CAUSAS	FRECU	%
Desequilibrio de elementos rotativos.	5	83,3%
Desalineación en acoplamientos.	4	66,7%
Engranajes desgastados o dañados.	4	66,7%
Rodamientos deteriorados.	3	50,0%
Fuerzas aerodinámicas o hidráulicas.	5	83,3%
Problemas eléctricos.	1	16,7%
TOTAL	6	100,0%



## Pregunta 7

¿Qué causas más comunes pueden existir de fallas en los rodamientos para los grupos de generación?

CAUSAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Carga excesiva	4	66,67%
Falta de alineamiento	5	83,33%
Montaje defectuoso	2	33,33%
Ajuste incorrecto	6	100,00
Lubricación inadecuada o incorrecta	4	66,67%
Sellado deficiente	1	16,67%
Falsa brinelación (Deformación bajo carga)	0	0,00%
TOTAL	6	100,00



## Pregunta 8

¿Cómo determina usted una falla de vibración en los grupos de generación de la central hidroeléctrica Illuchi II?

DETERMINACION DE FALLAS	FRECU	%
Pruebas visuales	5	83%
Analizador de vibraciones	0	0%
Cuando se produjo la falla	6	100%
TOTAL	6	100%





## Pregunta 9

¿Qué tipo de mantenimiento se ha realizado a los grupos de generación?

TIPOS DE MANTENIMIENTO	FRECU	%
Mantenimiento predictivo	4	67%
Mantenimiento preventivo	6	100%
Mantenimiento correctivo	6	100%
TOTAL	6	100%



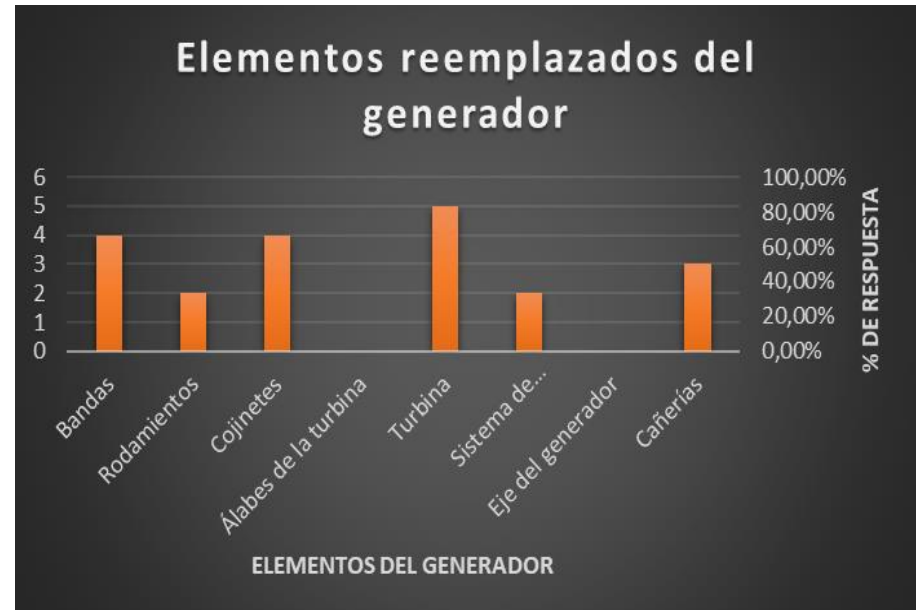


# FORMULACIÓN DE ENCUESTA

## Pregunta 10

¿Durante el mantenimiento realizado a los grupos de generación. ¿Qué elementos se ha reemplazado?

ELEMENTOS DEL GENERADOR	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Bandas	4	67%
Rodamientos	2	33%
Cojinetes	4	67%
Álabes de la turbina	0	0%
Turbina	5	83%
Sistema de lubricación	2	33%
Eje del generador	0	0%
Cañerías	3	50%
TOTAL	6	100%



# SELECCIÓN DEL SENSOR DE VIBRACIÓN

¿Qué tipo de acelerómetro otorga mayor precisión y rango de operación para la medición de las señales generadas?



Señal de salida	4 – 20 mA
Unidad de medida	IPS – mm/seg
Elemento de diseño	Piezoeléctrico
Rango de escala yy	1.0 IPS – 25.4 mm/seg
Respuesta de frecuencia	± 10% 10Hz – 1.0 kHz ± 3dB 4.0Hz – 2.0 kHz
Salida del conector	2 pines, MIL – C – 5015
Orientación del conector	salida superior
Rango de temperatura	-40°C a +85°C
Peso	162 gr
Precio	\$ 254,23



Señal de salida	IEPE
Unidad de medida	mV/g – mV/m/seg <sup>2</sup>
Elemento de diseño	Piezoeléctrico
Rango de escala	80 g pico – 784 m/seg <sup>2</sup>
Respuesta frecuencia	± 5% 180 – 300,000 RPM ± 10% 60 – 540,000 RPM ± 3dB 30 – 840,000 RPM
Salida del conector	2 pines, MIL – C – 5015
Orientación del conector	Salida superior
Rango de temperatura	-50°C a +120°C
Peso	62 gr
Precio	\$ 992,57



¿Qué tipo de acelerómetro otorga mayor precisión y rango de operación para la medición de las señales generadas?

## PLC CONTROLLINO MAXI



Alimentación	12 – 24 V
Rango de temperatura	0 ° C a 55° C
Señal IEPE	NO
Altitud	2000 msnm
Grado de contaminación	2
Respuesta de choque	15 g, 11 ms
Precio	\$ 327.63



Alimentación	30 V
Rango de temperatura	-40° C a 70° C
Señal IEPE	SI
Altitud	5000 msnm
Grado de contaminación	2
Respuesta de choque	30 g, 11 ms
Precio	\$ 3890,66

## Tarjeta de adquisición de datos NI-9234 Series C





# Criterio de selección CONVERTIDOR DE CORRIENTE A VOLTAJE

## CONVERTIDOR DE CORRIENTE A VOLTAJE

### CARACTERÍSTICAS:

Soporta entradas de corriente de 4-20 mA, 0-20mA

Soporta salidas de voltaje 0-3.3 V 0-5 V 0-10 V

Amplio rango de tensión de alimentación y salida para soportar múltiples rangos

Alta estabilidad, buena linealidad, grado industrial

Muestreo de alta precisión

### RANGOS DE TRABAJO:

Para el rango 4-20ma: 0-2.5 V: J1 corto entre los pines 1,2, y corto entre los pines 3,4

Para el rango 0-3.3 V: J1 corto entre los pines 1,2, y 3,4 abierto

Para el rango 0-5.0 V: J1 corto entre los pines 1,2, y corto entre los pines 3,4

Para el rango 0-10.0V: J1 corto entre los pines 1,2, y 3,4 abierto

Para el rango 0-20ma: 0--3.3V: J1 1,2 pies cortos, 3,4 pies en corto


Para el rango 0-5.0 V: J1 corto entre los pines 1,2, y corto entre los pines 3,4

### ELEMENTO





# Criterio de selección STEP DOWN

STEP DOWN ARDUINO		ELEMENTO
<b>CARACTERÍSTICAS</b>		
Modulo	LM2596 tipo Buck + Voltímetro	
Medidas	66mm x 35mm	
Voltaje de entrada	DC 4.0~40V	
Output Voltaje	1.25V~37V (ajustable, la tensión de entrada debe ser superior a 3V respecto de la tensión de entrada)	
Corriente máxima	2A (normal y estable), 3A Max	
Ripple	150Khz	
Ripple Peak	100mV	
Color del display	Rojo	
Error del medidos de voltaje	±0.1V	
Rango de medición	4~40V (Para mediciones precisas la tensión de entrada debe ser de 4V o más)	
IN+	Entrada Positiva	
IN-	Entrada Negativa	
Out+	Salida Positiva	
Out-	Salida Negativa	





# Criterio de selección fuente AC/DC

FUENTE FIJA AC/DC DE 12V 5 <sup>a</sup>		ELEMENTO
CARACTERISTICAS		
DIMENSIONES DEL EMPAQUE	20.7 cm x 10.2 cm x 4.7 cm	
PESO DEL EMPAQUE	483 Gramos	
VOLTAJE DE ALIMENTACIÓN	110/220 Vca50/60 Hz	
CONSUMO DE POTENCIA	120 Watts	
SALIDA DE VOLTAJE	11.5 – 12.5 V	
SALIDA DE CORRIENTE	10 Amperios Máximo	
TIPO DE PROTECCIÓN	IP60	
DIMENSIONES	145 mm x 62 mm x 43 mm	
PESO	255 Gramos	
MATERIAL	Carcasa Metálica	
TEMPERATURA DE TRABAJO	-10° – 50° Celsius	
DESCRIPCIÓN DE SALIDAS	V+ / 12Vcc V+ / 12 Vcc V- / GND V- / GND	
DESCRIPCIÓN DE ENTRADAS	L / Entrada de línea “Viva” N / Entrada de Neutro W / Entrada Tierra Física	
DIMENSIONES DEL EMPAQUE	20.7 cm x 10.2 cm x 4.7 cm	
PESO DEL EMPAQUE	483 Gramos	



# Categorización según la NORMA ISO 10816



## CENTRAL HIDROELECTRICA ILLUCHI II

### DATOS TECNICOS GRUPOS DE GENERACION 1 Y 2

#### CARACTERISTICAS

Año	1.979
No. De fábrica	2.080
Potencia	2.848 kW
Velocidad	720 rpm
Velocidad de embalam.	1.320 rpm
Altura piso – eje “H”	530 mm
Diámetro eje	320 mm

#### GENERADOR

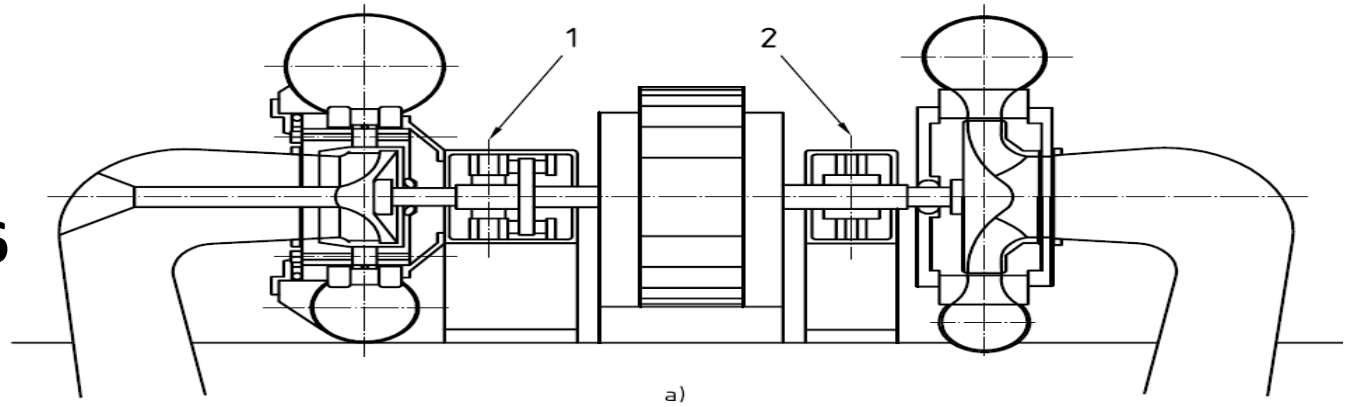




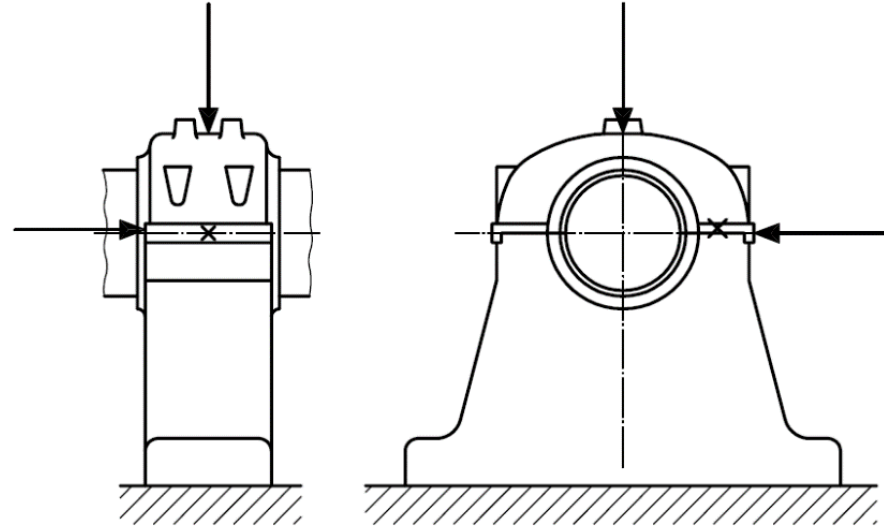


# PUNTOS DE MEDICIÓN

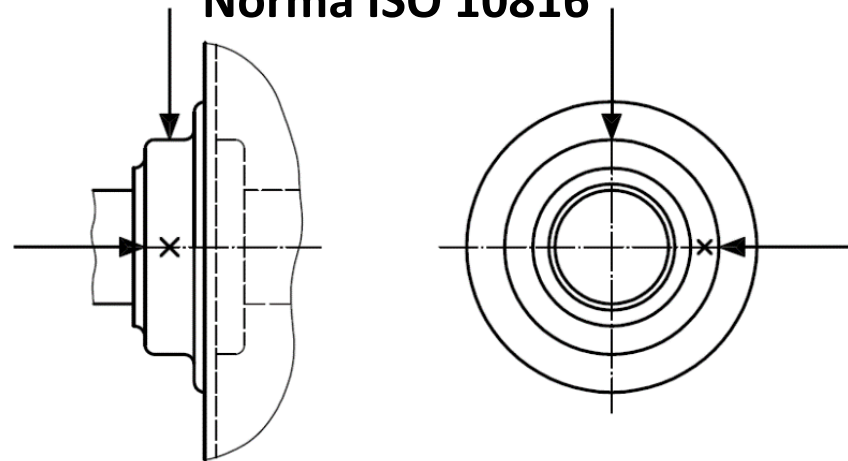
Norma ISO 10816



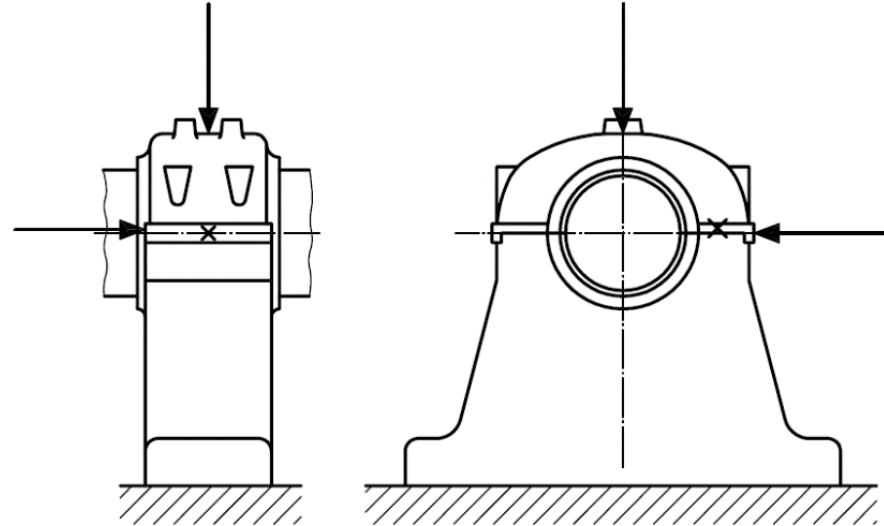
# UBICACIÓN DE LOS EJES EN EL COJINETE



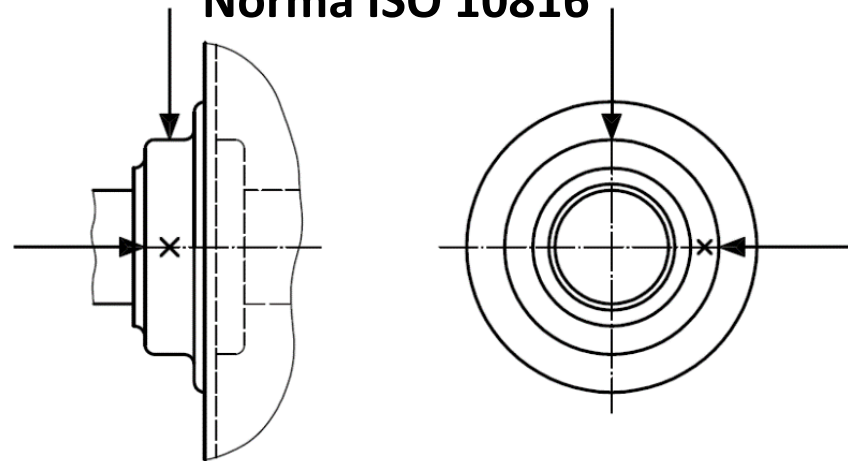
**Norma ISO 10816**



# UBICACIÓN DE LOS EJES EN EL COJINETE



**Norma ISO 10816**



# Calibración del sensor PC420VR P-10 serie 61405



Output, mA	
0 mm/sec (4 mA)	25,4 mm/sec (20 mA)
3,9	19,4

Output, V	
0 mm/sec (4 mA)	25,4 mm/sec (20 mA)
11	230

$$m = \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1}$$

$$m = \frac{25.4 - 0}{230 - 11}$$

$$m = 0.1159$$

$$Y - Y_1 = m(X - X_1)$$

$$Y - 0 = 0.1159(X - 11)$$

$$Y = mX - b$$

$$Y = 0.1159X - 1.2749$$



# Calibración del sensor PC420VR P-10 serie 61404



Output, mA	
0 mm/sec (4 mA)	25,4 mm/sec (20 mA)
3,9	19,8

Output, V	
0 mm/sec (4 mA)	25,4 mm/sec (20 mA)
14	240

$$m = \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1}$$

$$m = \frac{25.4 - 0}{240 - 14}$$

$$m = 0.11238$$

$$Y - Y_1 = m(X - X_1)$$

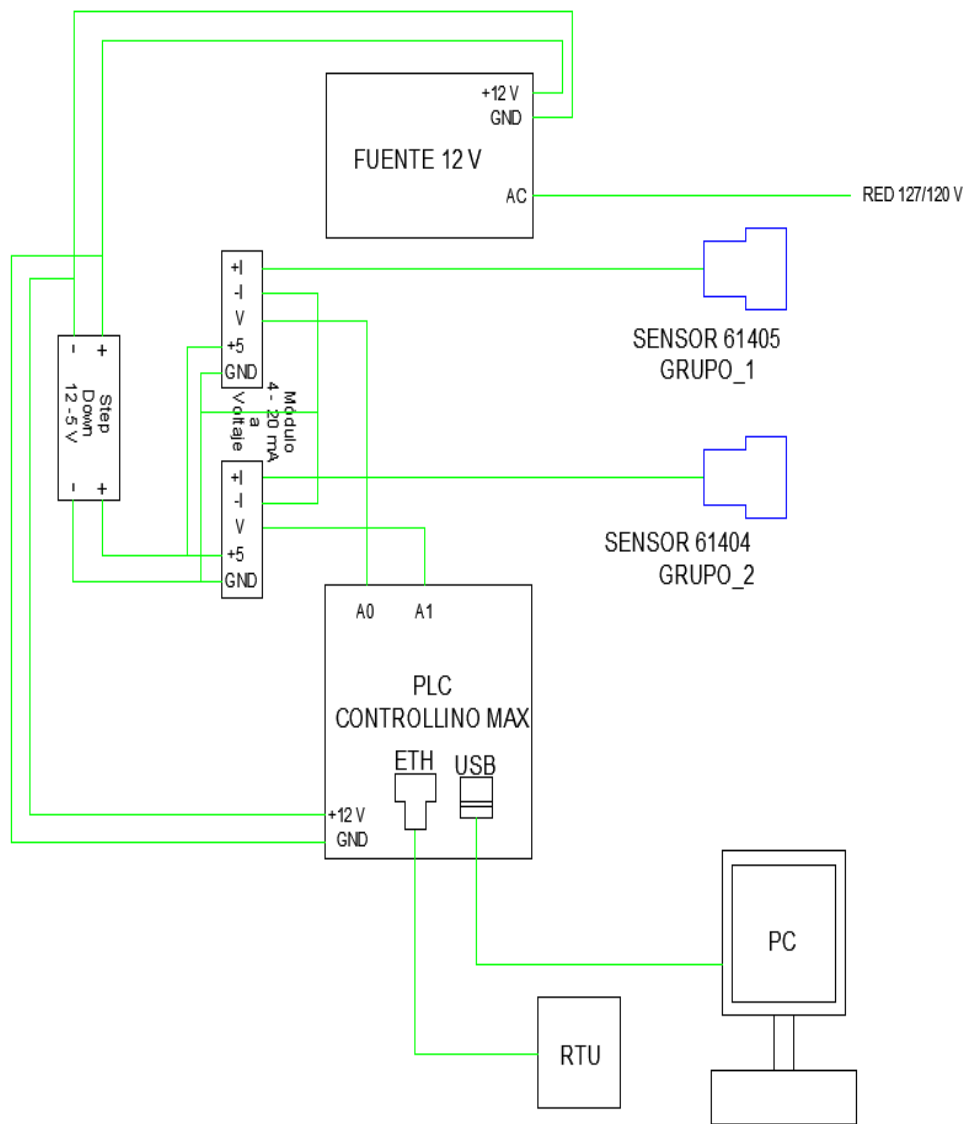
$$Y - 0 = 0.11238(X - 14)$$

$$Y = mX - b$$

$$Y = 0.11238X - 1.57332$$



# Descripción del DIAGRAMA DE CONEXIÓN

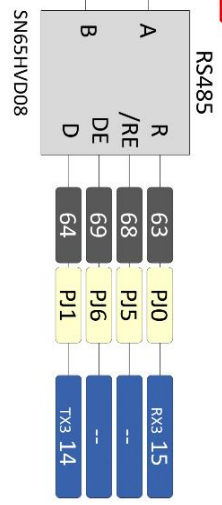


# CONEXIONES ANÁLOGAS DEL PLC

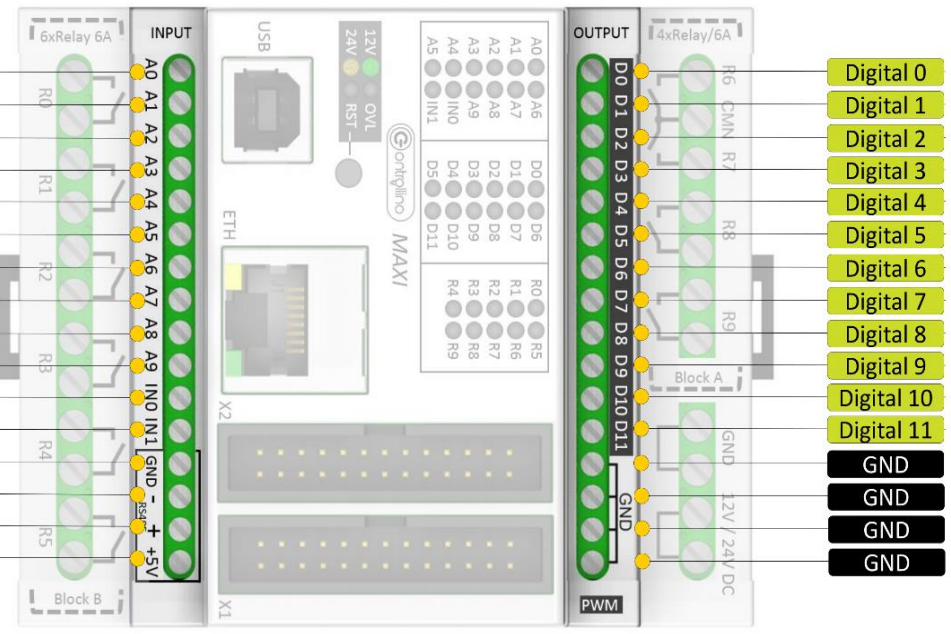


serie 61405 instalado en el G1  
 serie 61404 instalado en el G2

A0	PF0	97	Analog 0
A1	PF1	96	Analog 1
A2	PF2	95	Analog 2
A3	PF3	94	Analog 3
A4	PF4	93	Analog 4
A5	PF5	92	Analog 5
A6	PF6	91	Analog 6
A7	PF7	90	Analog 7
A8	PK0	89	Analog 8
A9	PK1	88	Analog 9
TX1 18	PD3	46	Interrupt 0
RX1 19	PD2	45	Interrupt 1
			GND
			RS485 B
			RS485 A
			+5V



**Attention to current limit!**



# Programación del PLC CONTROLLINO MAXI



```
analogRead Arduino 1.8.5
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
analogRead$
/*****
Arduino basic serial read analog input with LabVIEW
How to read analog input with Arduino board and communicate data via
serial to your PC using labVIEW
author Physics Light
date 03 December 2014
license Creative Commons 4.0 share alike
*****/
String datos;

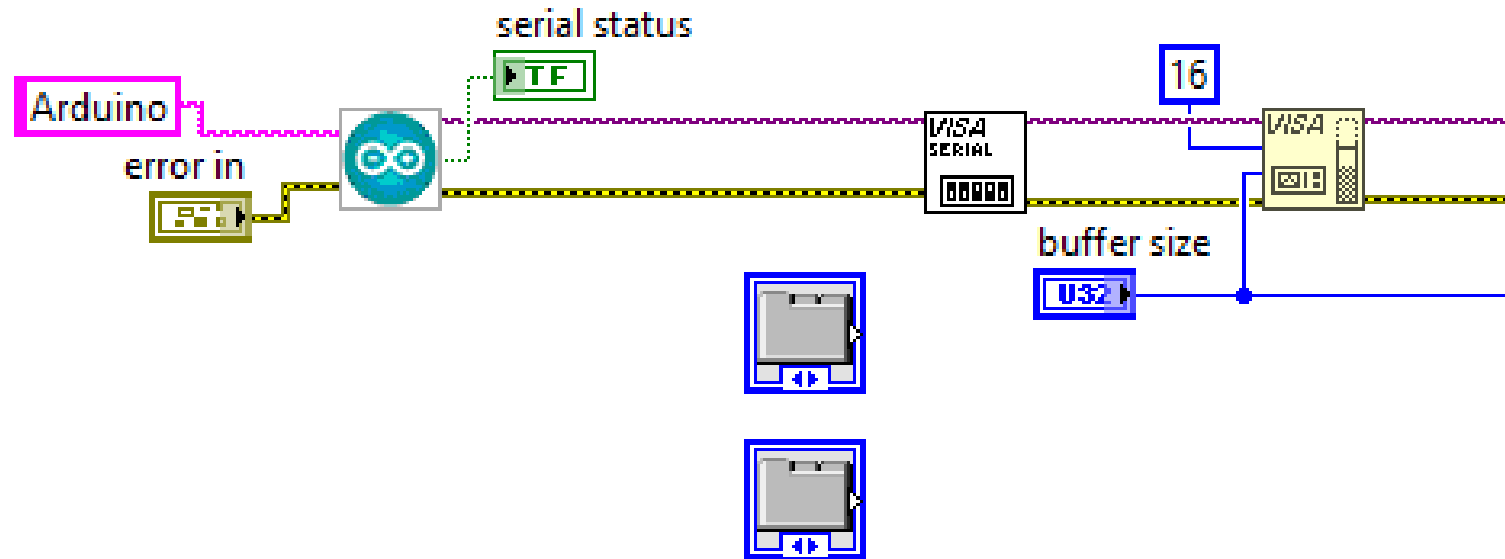
void setup(){
  // init serial baudrate
  Serial.begin(9600);
}

void loop(){
  // read data analog pin A0
  int data2 = analogRead(0);
  int data1 = analogRead(1);
  datos = data1;
  datos += 'A';
  datos += data2;
  // write data to serial port
  Serial.println(datos);
  // take a coffee
  delay (50);
}
```

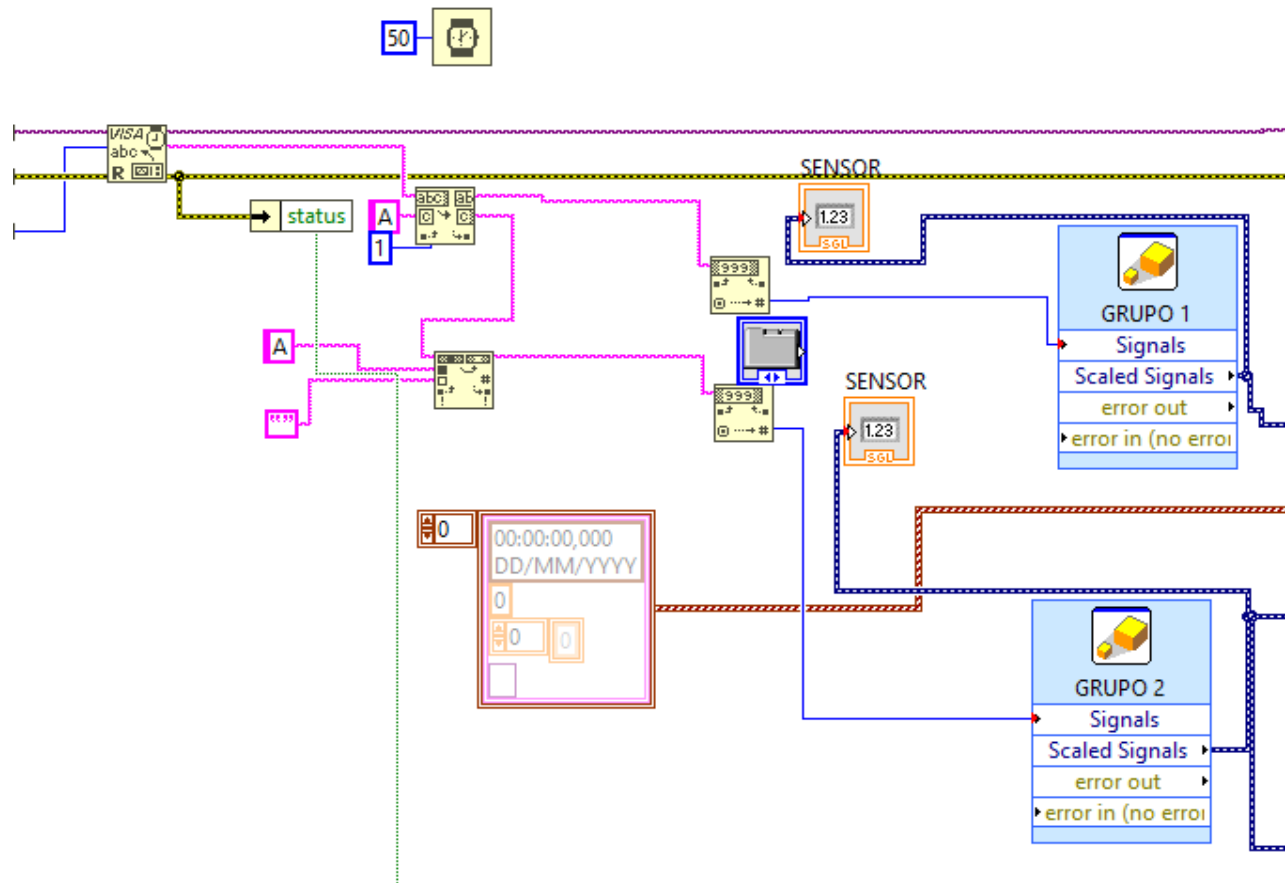




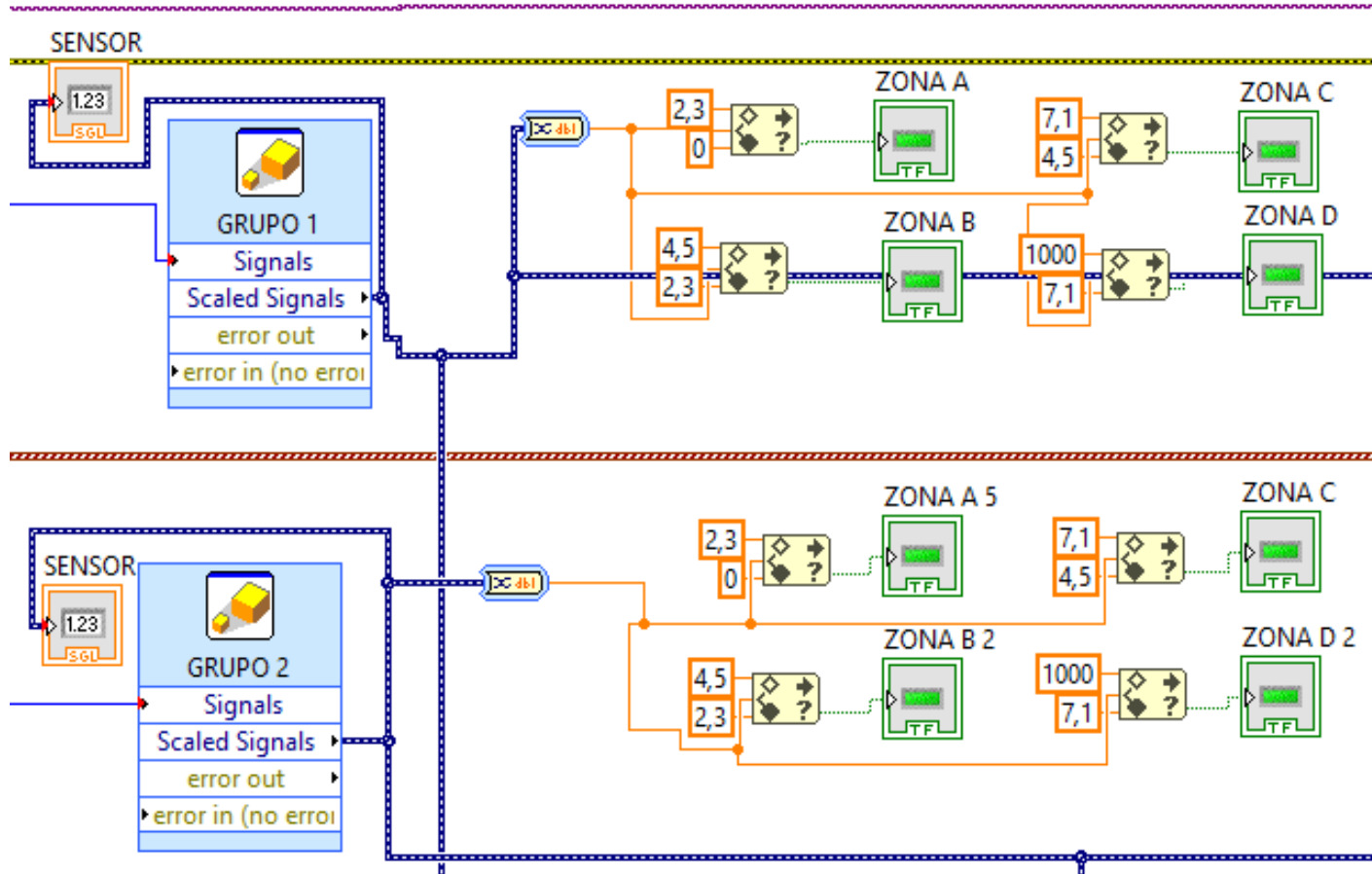
## Reconocimiento de PLC CONTROLLINO MAXI



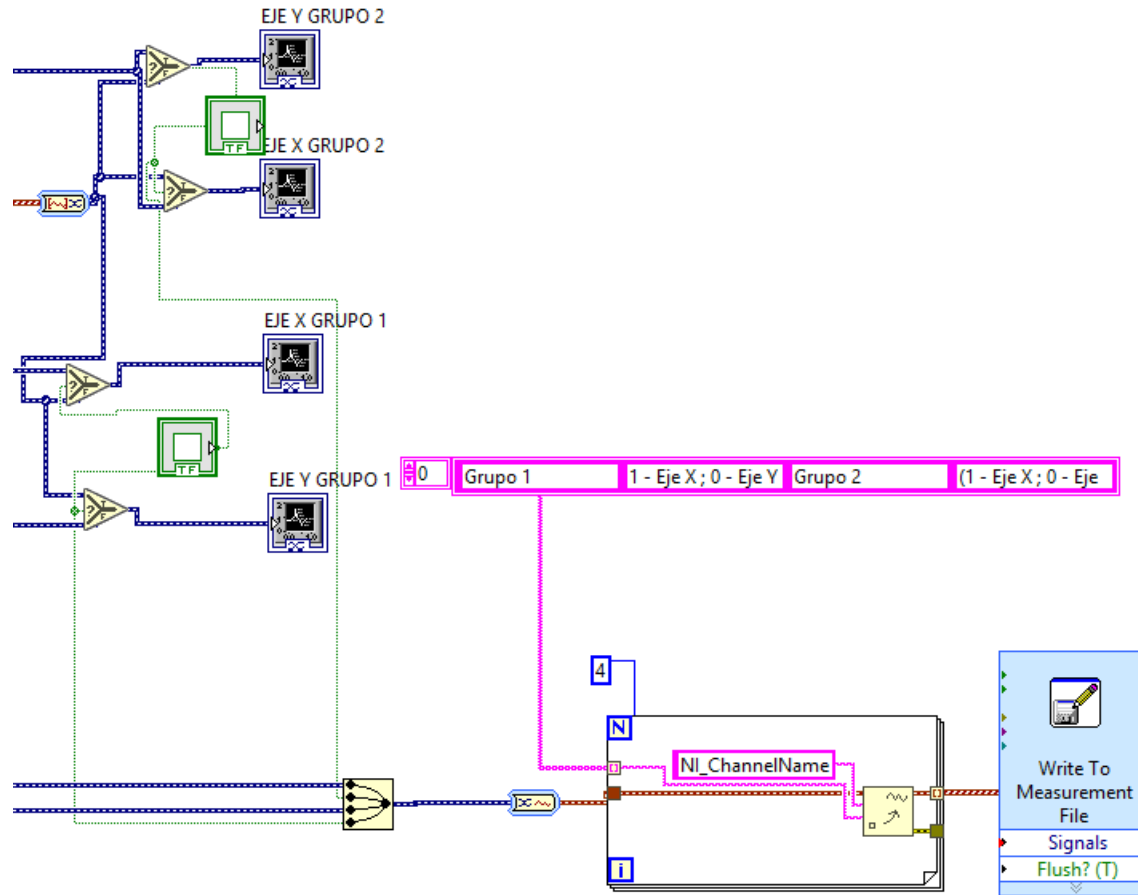
## Divisor de cadena de bits para grupo 1 y 2



## Lectura de señal de los acelerómetros a los grupos 1 y 2



## Base de datos de vibración registrados



# PROGRAMA PRINCIPAL



**(1)** Botones RUN-STOP, **(2)** Selector de grupo 1, 2 y norma ISO 10816, **(3)** Selector de ejes "X", "Y", **(4)** Indicador de eje de medición actual, **(5)** Información de eje de medición, **(6)** Visor de señal de vibración mecánica, **(7)** Visor digital de vibración mecánica, **(8)** Zonas de criticidad de vibración mecánica, **(9)** Fecha y hora, **(10)** Barra de desplazamiento

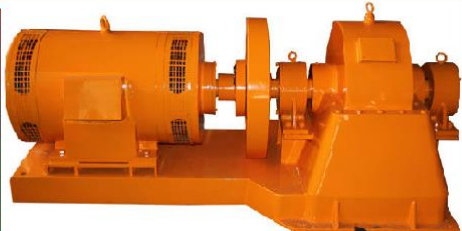




# PROGRAMA PRINCIPAL

Grupo 1
Grupo 2
ISO 10816

Velocidad 10 - 1000 Hz $f > 600$ rpm	Velocidad 2 - 1000 Hz $f > 120$ rpm	in/s	FMS	mm/s	FMS					
		0,43	11							
0,28	7,1					D				
0,18	4,5					C				
0,14	3,5									
0,11	2,8									
0,09	2,3									
0,06	1,4									
0,03	0,71									
BASE		Rígida	Flexible	Rígida	Flexible	Rígida	Flexible	Rígida	Flexible	
Tipo de máquina		Bombas > 15 KW Flujo radial, axial o mixto				Tamaño medio 15 KW < P ≤ 300 KW		Máquinas grandes 300 KW < P < 50 MW		
		Motor integrado		Motor separado		Motores 160 mm ≤ H < 315 mm		Motores 315 mm ≤ H		
Grupo		Grupo 4		Grupo 3		Grupo 2		Grupo 1		



**CENTRAL HIDROELÉCTRICA ILLUCHI II**  
**DATOS TÉCNICOS GRUPOS 1 y 2**

**Año 1.979**                      **No. de Fabr. 2.080**

**Potencia 2.848 kW**


**Velocidad 720 Rpm**

**Velocidad Embalam. 1.320 Rpm**

**Altura Piso-Eje "H" 530 mm**

**Diámetro Eje 320 mm**

<b>A</b> Máquina nueva o reacondicionada	<b>C</b> La máquina no puede operar un tiempo prolongado
<b>B</b> La máquina puede operar indefinidamente	<b>D</b> La vibración está provocando daños



STOP

HMI implementado para visualizar la norma ISO 10816, y los datos técnicos correspondientes a los grupos de generación 1 y 2 de la central hidroeléctrica Illuchi II.

# Pruebas y registro de vibración mecánica



## Grupo 1, ejes "X"



# Pruebas y registro de vibración mecánica



Grupo 1, ejes "Y"





# Pruebas y registro de vibración mecánica



Grupo 2, ejes "X"



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

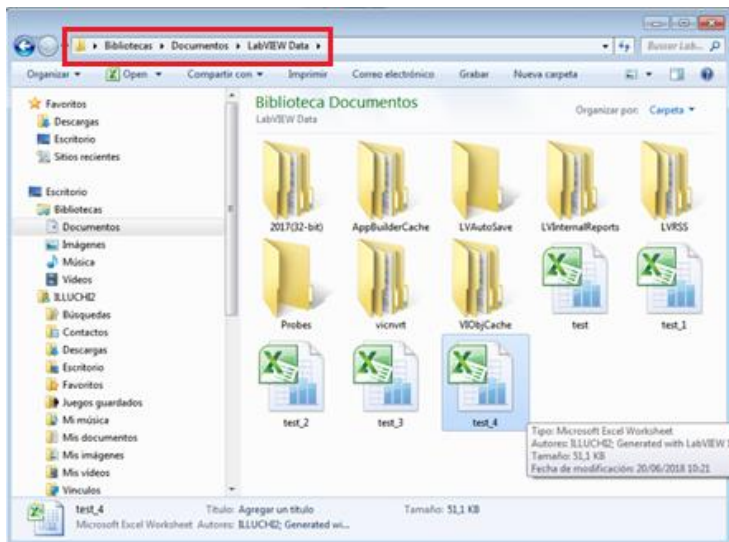
# Pruebas y registro de vibración mecánica



Grupo 2, ejes "Y"



# GENERACIÓN DE LA BASE DE DATOS



Bibliotecas>Documentos>LadVIEWData>test

	A	B	C	D	E	F
1	Time	Grupo 1	1 - Eje X ; 0 - Eje Y	Grupo 2	(1 - Eje X ; 0 - Eje Y)	
2	20/6/2018 10:12:13,846	0,56182	0,56182	0,56182	0,56182	
3	20/6/2018 10:12:14,345	-0,33722	-0,33722	-0,33722	-0,33722	
4	20/6/2018 10:12:14,846	0,33706	0,33706	0,33706	0,33706	
5	20/6/2018 10:12:15,344	-0,11246	-0,11246	-0,11246	-0,11246	
6	20/6/2018 10:12:15,845	0,33706	0,33706	0,33706	0,33706	
7	20/6/2018 10:12:16,344	0,33706	0,33706	0,33706	0,33706	
8	20/6/2018 10:12:16,847	0,56182	0,56182	0,56182	0,56182	
9	20/6/2018 10:12:17,349	1,2361	1,2361	1,2361	1,2361	
10	20/6/2018 10:12:17,848	1,01134	1,01134	1,01134	1,01134	
11	20/6/2018 10:12:18,348	0,44944	0,44944	0,44944	0,44944	
12	20/6/2018 10:12:18,847	0,56182	0,56182	0,56182	0,56182	
13	20/6/2018 10:12:19,348	-0,00008	-0,00008	-0,00008	-0,00008	
14	20/6/2018 10:12:19,851	0,6742	0,6742	0,6742	0,6742	
15	20/6/2018 10:12:20,350	0,22468	0,22468	0,22468	0,22468	



**Se diseñó e implementó un sistema de monitoreo de vibraciones mecánicas en el sistema SCADA para los grupos de generación hidroeléctrica en la central Illuchi II de la Empresa Eléctrica Cotopaxi ELEPCO S.A.**

**Mediante el uso de encuestas realizadas al personal operador de la central hidroeléctrica Illuchi II, se determinó una muestra representativa sobre el estado de funcionamiento de la central; los resultados recopilados fueron contrastados permitiendo tener una idea clara sobre los procesos de mantenimiento a lo que los grupos de generación 1 y 2 fueron sometidos y su método de operación a lo largo de este tiempo.**



Para la construcción del equipo analizador de vibraciones mecánicas y su implementación al sistema SCADA, fue necesario realizar la selección adecuada de los componentes que intervinieron en el diseño, se empleó cuadros comparativos según características técnicas, para la selección del acelerómetro y ADC, arrojando como resultados el sensor de 4 – 20 mA PC420VR P-10 y el PLC CONTROLLINO MAXI.

En el ajuste de escala de la señal de los sensores se empleó cálculos matemáticos, para el diseño de circuito electrónico se tomó en cuenta la selección del ADC como punto de partida de los demás componentes, obteniendo como resultados la selección de convertidores de corriente a voltaje, step down arduino y una fuente fija ac/dc de 12V-5A, descritos en las tablas (22-24) respectivamente.





Para la visualización, y validación en tiempo real de las señales de vibración mecánica, se usó herramientas como AnalogRead arduino y LabVIEW para la programación del PLC CONTROLLINO MAXI, la interfaz de comunicación y HM, implementado en un programa ejecutable de fácil acceso para el usuario, con un indicador de las zonas críticas (A, B, C, D) según lo establece la norma ISO 10816.

Mediante la programación realizada en LabVIEW permitió generar una base de datos con los registros de las señales proporcionales al nivel de vibración de velocidad general, compatible con cualquier versión de Excel, se puede visualizar todos los registros generados cada 0.5 segundos por los grupos.



**Se elaboró un manual de operación del programa ejecutable para la medición de vibraciones mecánicas de los grupos de generación 1 y 2.**

**Se capacitó a los operadores de la central hidroeléctrica Illuchi II en el manejo del software para el monitoreo de vibraciones mecánicas, además se orientó sobre la correcta manipulación y colocación de los acelerómetros según los tiempos recomendamos para el cambio de posición entre los ejes “X”, “Y”.**



**Verificar que la zona donde se va a ubicar el sensor, se encuentre libre de impurezas, fluidos, etc., para que este quede totalmente fijo y adherido al cojinete.**

**Colocar él acelerómetro lo más cercano posible a los rodamientos permitiendo obtener una lectura adecuada, asegurándose que el equipo de adquisición de datos reciba la información correcta sobre la dirección y sentido en la que está actuando el sensor.**

**Para obtener tendencias precisas, es necesario marcar las ubicaciones de medición asegurando que las lecturas se tomen en la misma posición durante rangos de tiempo similares.**







**Al momento de realizar la conexión del bus de datos del PLC CONTROLLINO MAXI al computador, esperar un momento hasta el reconocimiento NIVISA y después arrancar el programa.**

**Antes empezar a visualizar la señal de vibración, luego de haber realizado el cambio de posición del sensor de un eje a otro verifique que el indicador en la pantalla este seleccionado con el nombre y color que identifican a la posición donde acaba colocar el sensor (Azul para eje “X”, y Negro para eje “Y”)**

**Antes de salir de la aplicación para poder visualizar el archivo generado como base de datos, asegúrese primero presionar el botón STOP y posteriormente cierre el programa.**



**Hacer una implementación a futuro de un sistema de monitoreo en línea de la temperatura en los cojinetes, ya que existe una elevación notoria cuando el grupo de generación trabaja a plena carga.**

**Ampliar el sistema de monitoreo de vibraciones mecánicas con la ubicación de nuevos sensores en el eje de acople excitatriz – generador.**





**GRACIAS POR SU  
ATENCIÓN**



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