 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01- 27


# MODELAMIENTO DE LOS REGULADORES DE VELOCIDAD, TENSIÓN Y PSS PARA LAS PLANTAS DE GENERACIÓN ELÉCTRICA CON TURBINA FRANCIS

CRISTIAN CAMILO GUZMÁN VIEIRA

Ingeniería Electrónica

Tutor: Alexander Arias Londoño  
IEo. MSc.

Instituto Tecnológico Metropolitano  
Medellín  
2015

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

## RESUMEN

---


Los sistemas de control ligados a las unidades de generación están conformados por gobernadores de velocidad, que proveen un medio para controlar la frecuencia y potencia activa del sistema por medio del control de velocidad en la turbina; en conjunto con este gobernador se encuentra el regulador de tensión que provee la corriente de excitación necesaria al generador síncrono y así controlar el voltaje en terminales de la máquina y por tanto la potencia reactiva del sistema. Con el estudio de estos sistemas de control se desarrollo un modelo general con el fin de tener un plantilla que simule estos sistemas en las plantas de generación eléctrica con turbinas Francis.

El desarrollo de estos modelos están basados en estándares de la IEEE y el modelo de la central hidroeléctrica Playas de EPM (Se escogió esta central por cercanía y por qué hace uso de turbinas Francis) en la cual se realizaran pruebas en agua muerta, vacío y carga con el fin de obtener datos de estos reguladores.

Para el analizar la respuesta de estos modelos se tomaron datos de las pruebas de campo por medio de un equipo de adquisición de datos con altas frecuencias de muestreo (100Hz-1000kHz) de la empresa National Instruments, los cuales estos datos son procesados en un programa desarrollado en Matlab para el análisis y filtraje de las señales.

Una técnica que permite determinar los parámetros del modelo es utilizar los registros de los ensayos de campo en el programa de simulación como señales de entrada de un bloque o conjunto de bloques y luego comparar las señales de salida del modelo simulado con los obtenidos en las pruebas.


*Palabras clave: Distribuidor, parámetros, regulador de velocidad, regulador de tensión, modelamiento, validación.*

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

## RECONOCIMIENTOS

---

Agradecer a la empresa EPM por contar con un excelente equipo de trabajo, donde puse en práctica la formación académica que obtuve en la universidad a través de proyectos de ingeniería que fortalecieron mis conocimientos en el área de control y desarrollar habilidades en aplicativos especializados, como también agradecer a la unidad operación y mantenimiento generación energía por poder tener nuevos conocimientos en esta dependencia y el apoyo brindado en el desarrollo del proyecto igualmente agradecer al tutor del instituto tecnológico metropolitano por la orientación y formación en el desarrollo del presente proyecto.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

## ACRONIMOS

---

*CNO* Concejo nacional de operación.

*SIN* Sistema interconectado nacional.

*RV* regulador de velocidad.

*RT* regulador de tensión.


*PSS* Sistema estabilizador de potencia

*VF* Valor final

*SI* Sobre impulso


*TR* tiempo retardo

*NSSE* suma normalizada de errores cuadráticos

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

## TABLA CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN .....	6
1.1.	GENERALIDADES.....	6
1.2.	OBJETIVO .....	6
1.2.1.	OBJETIVO ESPECÍFICOS .....	7
2.	MARCO TEORICO.....	8
3.	METODOLOGÍA .....	11
4.	RESULTADOS Y DISCUSION .....	23
5.	CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO .....	33
	REFERENCIAS.....	34
	ANEXOS .....	36

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

# 1.INTRODUCCIÓN

---

## 1.1. GENERALIDADES


El análisis de las diversas etapas de control presentes en los sistemas de generación eléctrica, comprende un estudio amplio debido a la cantidad de variables que se presentan en estos tipos de proceso; para esto se debe identificar y estudiar los parámetros que componen cada etapa de control asociados a estas unidades de generación como lo son los reguladores de velocidad, tensión y PSS.

El estudio de estos sistemas de control en las unidades de generación eléctrica está basado en características y parámetros específicos de cada central hidroeléctrica dependiendo del tipo de turbina y generador empleado.

Por acuerdos planteados por empresas reguladoras de energía, el Consejo Nacional de Operación (CNO) planteó el acuerdo 640 el 4 de julio del 2013, el cual se establecen los requerimientos para la obtención y validación de parámetros del generador y los modelos del sistema de excitación, control de velocidad/potencia y estabilizadores de sistemas de potencia de las unidades de generación del SIN, con el fin de analizar la respuesta de estos sistemas ante ciertos parámetros establecidos en el acuerdo. Se debe tener un estudio del comportamiento de los sistemas de control de las unidades de generación y como están regidos los modelos de estos sistemas con estándares de la IEEE.

## 1.2. OBJETIVO

Desarrollar y estandarizar un modelo de control de los reguladores de velocidad, tensión y PSS para las unidades de generación hidroeléctrica que hacen uso de turbinas Francis.


	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

### 1.2.1. OBJETIVO ESPECÍFICOS

- Simular los modelos de control de los reguladores de velocidad, tensión y PSS establecidos en estándares de la IEEE.
- Implementar y validar los modelos de control de los reguladores de velocidad, tensión y PSS en una central hidroeléctrica con turbina Francis.
- Evaluar la respuesta de los modelos de control con el fin de obtener un error menor al 5%.

Teniendo en cuenta las pruebas de validación planteadas en el acuerdo 640 del CNO se analizará los modelos de control del regulador de tensión, velocidad y PSS empleadas en las centrales hidroeléctricas que hacen uso de turbinas Francis, con el fin de implementar una plantilla con un modelo general, que describa el funcionamiento de estos sistemas ante cambios de parámetros del generador y regulador y así validar las pruebas establecidas en el acuerdo a todas las centrales hidroeléctricas que hagan uso de este tipo de turbina.

Se describirá como se obtuvo el modelo del servomotor en una central hidroeléctrica con turbina Francis y como, partiendo de este distribuidor se implementa el modelo del regulador de velocidad basado en estándares IEEE, para el regulador de tensión se tomara como referente el modelo de la empresa REIVAX implementado en la central hidroeléctrica Playas y así analizar que parámetros son necesarios para la estandarización de este modelo.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

## 2.MARCO TEORICO


---

En (IEEE Std1207, 2011) exponen que el gobernador de la turbina puede incluir funciones que no están directamente relacionados con el control del regulador de velocidad de la turbina o la potencia de salida por tanto se deben identificar en las plantas de generación que parámetros tiene asociado cada regulador de velocidad para la realización de un modelo óptimo de este gobernador.

En (IEEE Std 125, 2007) dan los principios que se deben tener presente en el modelo del regulador de velocidad, el cual dicen que el control en la turbina dependerá de los puntos de ajuste que son entregados por el regulador de velocidad a los servomotores electrohidráulicos, los cuales tendrán unas características y funcionalidades que influirán en el modelo de control a implementar. En la posición de los servomotores hay una no linealidad mecánica entre la posición del servomotor y el parámetro controlado, apertura o ángulo de los alabes (IEEE Std1207, 2011), algunos fabricantes emplean dispositivos de calibración en la realimentación para tener una salida lineal y así convertir la posición del servomotor en la apertura o ángulo de los alabes.

Uno de los beneficios de la linealización por realimentación es hacer que los parámetros del regulador coinciden más estrechamente con los datos del modelo de la turbina (IEEE Std1207, 2011). Se debe tener presente que el tiempo que determina la posición del servomotor tanto en apertura y cierre se ve afectado por diversos factores, como la carga mecánica del servomotor que consta de la fricción que tenga en el desplazamiento y el cual puede variar a partir de una lubricación en las partes móviles; como también se puede ver afectado por la carga dinámica del agua que pasa a través del dispositivo de control de la turbina (IEEE Std1207, 2011).



	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

El cálculo del tiempo de apertura y cierre del servomotor se establece inicialmente con la unidad sin agua (IEEE Std1207, 2011); otro parámetro importante son las velocidades de apertura y cierre estos deben ser ajustables independientemente en el control, asegurando que el dispositivo auxiliar o automático, sea capaz de mover el accionador de control de la turbina a una velocidad no mayor que la fijada por estos ajustes (IEEE Std 125, 2007) .

Es importante tener en cuenta para coordinar la respuesta de las unidades a cambios de frecuencia las caídas permanentes en la velocidad y la regulación de velocidad o caída de potencia, donde las caídas permanentes de velocidad determinan la cantidad de cambio en la posición del servomotor que una unidad produce en respuesta a un cambio en la velocidad de la unidad, el modelo que expone el (IEEE Std1207, 2011) sobre la caídas permanentes de velocidad se expone en la Fig. 1 el cual La medición de la caída de velocidad depende de la precisión que exista en la medición de la velocidad (SCHLEIF & WILBOR, 1966) y deberá ser ajustado en la realimentación del actuador o en términos de realimentación de potencia activa con un valor típicamente en el rango de 0 a 10% (IEEE Std 125, 2007)

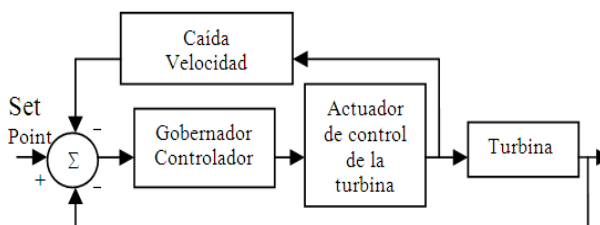



Fig. 1 . Sistema de gobierno con caída de velocidad permanente (IEEE Std1207, 2011)

En la regulación de velocidad o caída de potencia, el sistema de gobierno es similar al de caída de velocidad, con la diferencia que la realimentación en este caso será la salida de potencia activa del sistema y una constante de regulación de velocidad, como se observa en el modelo expuesto en la Fig. 2, por tanto la consigna del regulador puede ser calibrado en términos de potencia de salida deseada (IEEE Std1207, 2011)

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

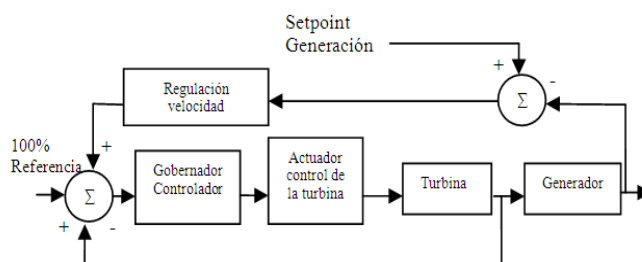



Fig. 2. Sistema de gobierno para la regulación de velocidad. (IEEE Std1207, 2011)

Un parámetro que se debe tener en cuenta en el servomotor es el control de la banda muerta en las aspas de la turbina ya que es una medida que determina el cambio más pequeño en valor de consigna de la posición de las aspas que puede ser detectada para que el sistema de posicionamiento aspas servomotor puede responder (IEEE Std1207, 2011), las turbinas de álabes ajustable, la banda muerta de control de las aspas no debe exceder de 1,0%. (IEEE Std 125, 2007)

En el modelo del regulador de tensión se deben tener en cuenta los parámetros de la máquina y las curvas de cargabilidad que presentan los generadores ya que determinan las condiciones térmicas en que trabaja el generador.

En (Hunt, 1967) exponen que las curvas de cargabilidad de un generador síncrono proporcionan un modelo sobre las condiciones de operación útil que tiene una máquina síncrona en todo su rango de sobreexcitación y subexcitación sin exceder las limitaciones térmicas, estas curvas de cargabilidad son representadas por un plano PQ donde se pueden analizar aspectos importantes como: límites de corriente de rotor y estator, estabilidad dinámica de la máquina, estabilidad en estado estacionario y restricciones térmicas (Moghadam, Shiri, Sadr, & Khaburi, 2014), en el cual diferentes parámetros afectan las regiones y los límites determinados por las curvas de cargabilidad (Moghadam, Shiri, Sadr, & Khaburi, 2014)

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

## 3. METODOLOGÍA


---

El proyecto a desarrollar se centra en las centrales de generación hidroeléctrica con turbina Francis, con el fin de estandarizar un modelo de control general que determine el comportamiento del sistema de excitación, velocidad y PSS, y así manejar una plantilla que permita la parametrización y ejecución de las pruebas acordadas en el acuerdo 640 del CNO. Se plantea una metodología para modelar el servomotor, el regulador de velocidad y tensión bajo estándares de la IEEE.

Los servomotores en las centrales de generación eléctrica son dispositivos electro-hidráulicos que varía la posición de los alabes de la turbina controlando la cantidad de caudal que entra al rodete de la turbina, por tanto a estos dispositivos les llega la señal de control proporcionada por el regulador de velocidad controlando la velocidad y frecuencia del sistema.

En esta sección se determina el modelo del servomotor cuando no se tienen parámetros del cilindro actuador, se deben realizar pruebas con la unidad en agua muerta (sin agua) y así encontrar parámetros como tiempos, velocidad en apertura y cierre de estos actuadores. Se contó con un equipo de adquisición de datos para obtener la respuesta en apertura del servo del 0% al 100% de su posición como lo muestra en Fig. 3.



	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

De igual forma se analiza  $\Delta t$  donde  $t_1$  es tiempo cuando alcanza el valor máximo de apertura y  $t_0$  el inicio de la prueba, la ecuación (4) muestra la diferencia de estos dos tiempos y así establecer el tiempo en que se abrió completamente el servomotor estudiado.

$$t_1 - t_0 = \Delta t = \text{Tiempo de apertura} \quad (4)$$

Reemplazando los valores de  $y_1 - y_0$  y  $t_1 - t_0$  en la ecuación (2) se obtiene la ecuación (5) que es la velocidad del actuador con los parámetros hallados en la prueba.

$$\text{Velocidad} = \frac{1}{\text{Tiempo de apertura}} \quad (5)$$

Donde la posición del servomotor desde un punto inicial ( $t_0, y_0$ ) a un punto final ( $t_1, y_1$ ) de apertura 100% está determinado por:

$$\frac{dx}{dt} = \frac{1}{\text{Tiempo de apertura}} \quad (6)$$

En el cierre del servomotor se debe tener en cuenta que el mecanismo al llegar a su punto de cierre produce un fenómeno característico en los servomotores que es una amortiguación mecánica (cushioning) que suaviza el impacto mecánico cuando el dispositivo alcanza el recorrido final, este tiempo es determinado por una válvula de control que posee cada servomecanismo. En la Fig. 4 se observan los tiempos de cierre sin cushioning (T) y tiempos de amortiguación (Th) expuestos en (IEEE Std 125, 2007) los cuales se deben tener en cuenta para el cierre de un servomecanismo de una turbina Francis.

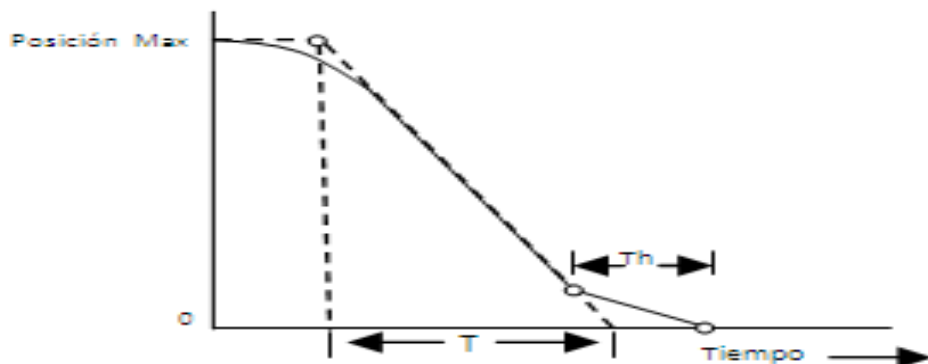



Fig. 4 . Tiempos servomotor y tiempos de amortiguación. (IEEE Std 125, 2007)

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

Se obtuvo la respuesta de la posición del servomotor de la central hidroeléctrica Playas de EPM por medio del equipo de adquisición de datos cuando este dispositivo cierra del 100% de su posición al 0% como se muestra en la Fig. 5.

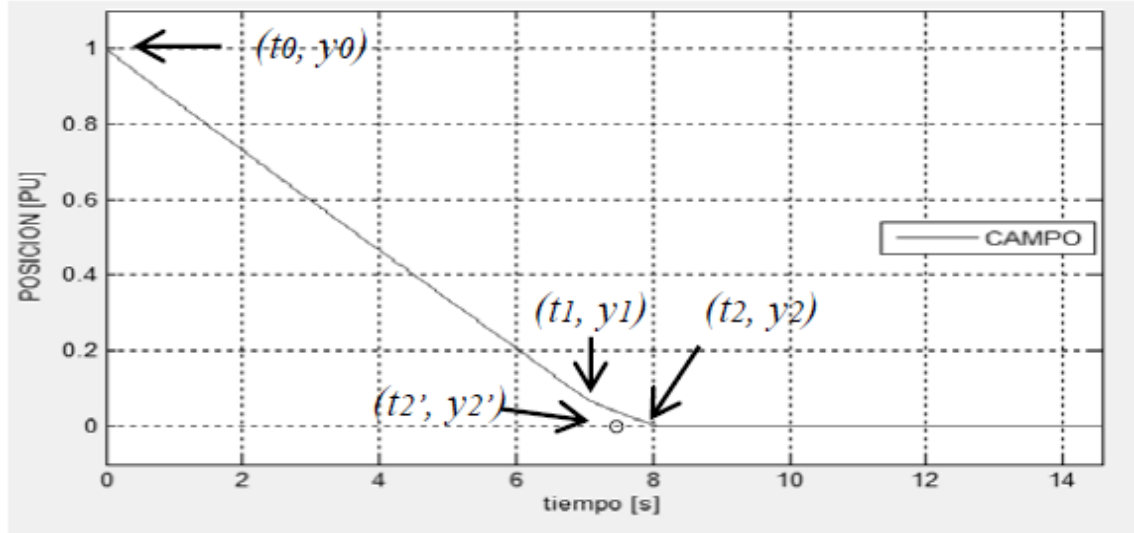


Fig. 5. Prueba cierre servomotor de una central hidroeléctrica y sus respectivos tiempos


El cual se muestra un punto  $(t_0, y_0)$  que indica el inicio del cierre del servomotor después de tener una apertura del 100%, un punto  $(t_1, y_1)$  que es el inicio de la amortiguación de este servomecanismo, por último se tienen dos puntos  $(t_2, y_2)$  y  $(t_2', y_2')$  donde el primero especifica la finalización del recorrido del servomotor y el segundo la finalización del servomecanismo si no existiera un tiempo de amortiguación. En el cierre del servomotor se parte de la condición inicial de la posición igual a 1 P.U.

De igual forma como en la apertura del servomecanismo se tiene un  $\Delta t$  que determina cuanto se demora el mecanismo al cerrar sin tener en cuenta el efecto de amortiguación en estos dispositivos mecánicos, por tanto la ecuación (7) muestra la diferencia entre  $t_2' - t_0$ .

$$t_2' - t_0 = \Delta t = \text{Tiempo de cierre} \quad (7)$$

Como la posición inicial de la prueba en su apertura total es igual a 1 PU menos la posición final cuando el dispositivo está cerrado totalmente es igual a 0 la velocidad por la ecuación (2) es negativa, obteniendo como resultado la ecuación (8).

$$\text{Velocidad} = -\frac{1}{\text{Tiempo de cierre}} \quad (8)$$

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

Donde la posición del servomotor desde un punto inicial  $(t_0, y_0)$  a un punto final  $(t_2', y_2')$  de su cierre al 0% de su posición está determinado por:

$$\frac{dx}{dt} = -\frac{1}{\text{Tiempo de cierre}} \quad (9)$$

Se debe tener presente que en la ecuación anterior no se tuvo en cuenta el fenómeno de amortiguación que sucede en estos dispositivos mecánicos por tanto cuando la posición del servomotor sea menor al punto de amortiguación, la pendiente para el cierre del mecanismo es más prolongada, donde se puede realizar una relación entre las dos pendientes para así determinar el comportamiento de la amortiguación.

$$\text{Relacion Pendiente} = \frac{\text{Velocidad cierre}}{\text{Velocidad amortiguacion}} \quad (10)$$


Como la velocidad de cierre es una pendiente se escoge un valor dependiendo de las pruebas realizadas que determina que tan prolongada es la pendiente de amortiguación con respecto a la pendiente de la velocidad de cierre.

$$\text{Velocidad amortiguacion} = \frac{\text{Velocidad cierre}}{\text{Relacion Pendiente}} \quad (11)$$

La posición del distribuidor después del inicio de la amortiguación está determinada por la ecuación (12).

$$\frac{dx}{dt} \text{ amortiguacion} = \text{Velocidad amortiguacion} \quad (12)$$

Por medio de Simulink ya que la empresa EPM cuenta con la licencia del software se implementa el diagrama de bloques del servomotor para validar el modelo con los datos de apertura y cierre obtenidos en una central hidroeléctrica Playas que emplea generadores con turbina Francis. En el cual la Fig. 6. muestra el diagrama de bloques ante una entrada de escalón positivo al modelo del servomotor.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

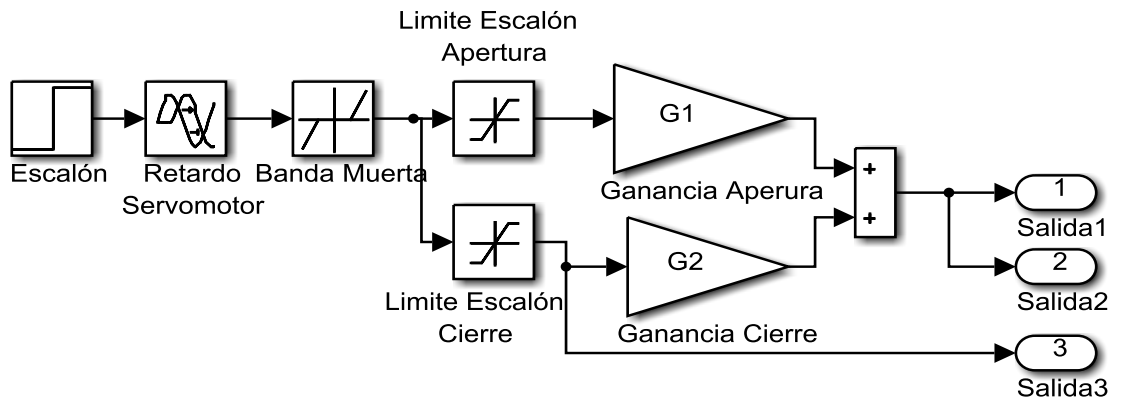


Fig. 6. Escalones de control al servomotor para apertura y cierre

En la Fig. 7 se expone el diagrama de bloques con los parámetros del servomotor identificados en las pruebas de agua muerta como velocidad de apertura y cierre mostrados en la Fig. 18, inicio de amortiguación entre otros.

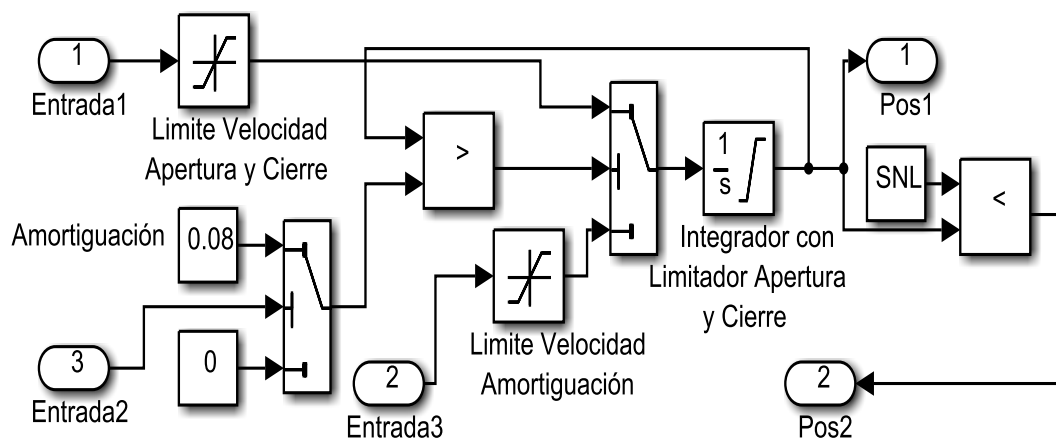



Fig. 7. Modelo del servomotor con límites de velocidad y apertura.



 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

El regulador de velocidad está compuesto por un sistema de control retroalimentado que controla la salida de velocidad y potencia de un motor primario, como lo es la turbina hidroeléctrica, cuenta con un punto de ajuste y retroalimentación a la velocidad del motor primario (IEEE Std1207, 2011). Este estándar expone en la Fig. 8. El sistema básico de un regulador de velocidad el cual se tomara como base para el estudio de este regulador.

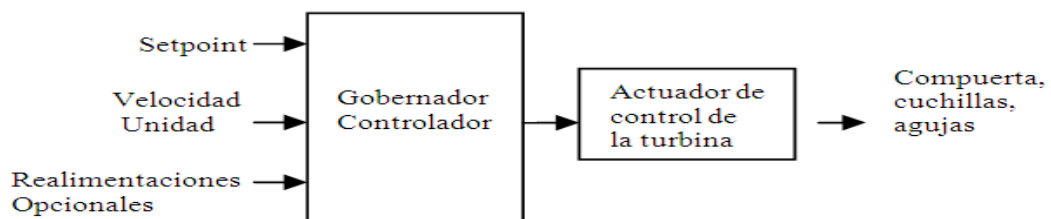



Fig. 8. Diagrama de bloques de un sistema básico de control del regulador (IEEE Std1207, 2011)

En las centrales hidroeléctricas modernas, la ley convencional de control PID se aplica para controlar la velocidad de la turbina hidráulica (Fang, Chen, Dlakavu, & Shen, 2008) como lo muestra la Fig. 9. El controlador PID se encargara de corregir la señal de error donde las ganancias proporcionales, integrales y derivativas se definen a partir de la entrada de velocidad del regulador.

La referencia de velocidad debe ser ajustable en el rango especificado dependiendo la aplicación. Típicamente, el rango especificado es del 85% de la velocidad nominal en vacío con caída de velocidad cero hasta 110% la velocidad nominal (IEEE Std1207, 2011) en máxima posición del actuador de control / potencia y la máxima caída de velocidad (IEEE Std 125, 2007).

El control de retroalimentación de la posición del actuador es un requisito básico de un gobernador de velocidad. El sistema de retroalimentación de posición se emplea para transmitir la posición de los actuadores de control de la turbina al sistema de control del regulador.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

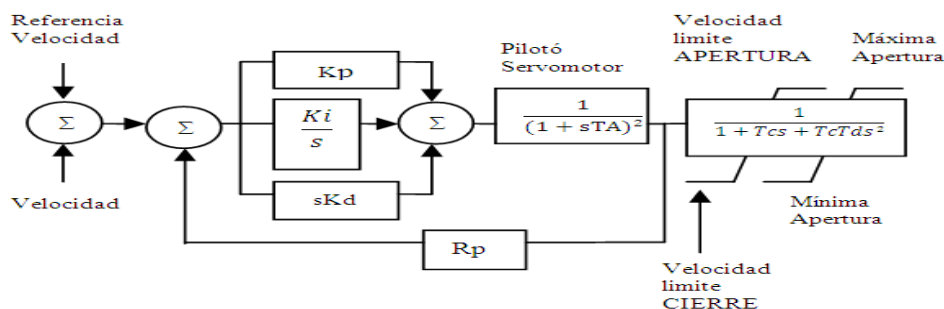


Fig. 9. Diagrama de bloques PID con piloto y servo dinámico (SCHLEIF & WILBOR, 1966)

El controlador del gobernador de velocidad dependerá de los modos de control al que este programado dicho dispositivo, se puede presentar control por variable de velocidad, control por potencia activa o control por ambas variables, dependiendo del tipo de acción que se programe el regulador determina la acción de control que este realizara al sistema, si es un PI, P o PID.

En el modelo del regulador de tensión se deben tener en cuenta los límites térmicos de la maquina síncrona, ya que estos determinan los puntos óptimos de operación que tiene el generador cuando tiene baja o alta corriente DC de excitación. Los limitadores de las maquinas síncronas están compuestos por limitador de V/Hz, limitador de sobreexcitación y el limitador de subexcitación

Para el limitador de V/Hz se tomó como base el modelo expuesto en la Fig. 10. por la empresa Reivax donde este limitador tiene como función limitar la tensión en los terminales del generador en función de variaciones de la relación Volts/Hertz (V/Hz). Es analizado tomando las medidas de la tensión terminal y frecuencia, disminuyendo la tensión del generador tanto en sobretensiones cuanto en sobre velocidades<sup>1</sup>.

**Diagrama de bloques**

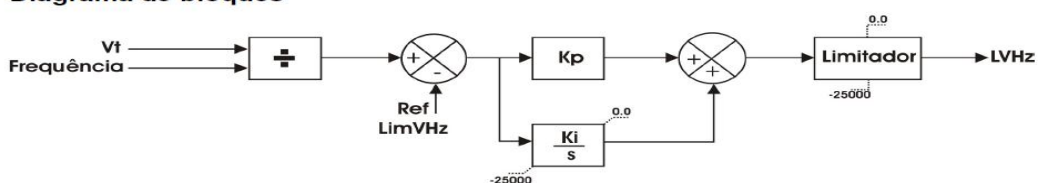



Fig. 10. Modelo de control a implementar de limitador V/Hz expuesto por la empresa REIVAX de una central hidroeléctrica.

<sup>1,2</sup> Manual reguladores de tensión empresa REIVAX, RTX Sistema de Regulación de Tensión

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

Debido a la baja magnetización del campo y a las altas corrientes de armadura puede aparecer un calentamiento localizado en los extremos del núcleo del estator ocasionado por el flujo de dispersión de los cabezales de las bobinas (Granada, 2007), el limitador de subexcitación utiliza la información de la tensión terminal, de la corriente activa y de la corriente reactiva y así generar una línea límite de actuación<sup>2</sup>, el cual este limitador busca proteger los extremos del núcleo del generador ante calentamientos que se presente; para este limitador se tomó como base el modelo expuesto en la Fig. 11 por el fabricante de reguladores de tensión Reivax.

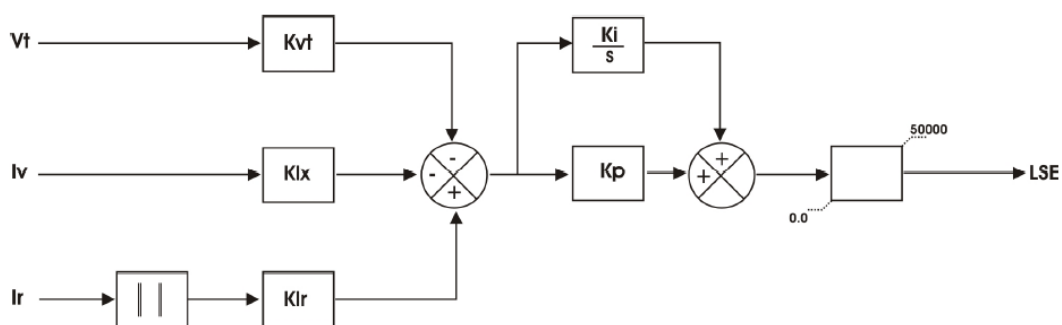



Fig. 11 1. Modelo de control a implementar de limitador de subexcitación expuesto por la empresa REIVAX de una central hidroeléctrica.

El limitador de sobreexcitación tiene la finalidad proteger el rotor ante variaciones en la corriente de excitación muy elevadas a las permitidas por el generador, es decir busca mantener la corriente de excitación en los rangos permitidos. El modelo de referencia de este limitador es el de la Fig. 12. Implementado por la empresa Reivax.

El limitador de Corriente de Campo es construido a través de un regulador no lineal de corriente. Este regulador consiste básicamente en un comparador lineal de la corriente con la referencia de máxima corriente, un dispositivo no lineal que amplifica apenas señales de error de comparación negativos, un estadio de compensación y un sumador con la señal de regulación<sup>3</sup>.

<sup>3</sup> Manual reguladores de tensión empresa REIVAX, RTX Sistema de Regulación de Tensión



	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

Teniendo un modelo del regulador de tensión y velocidad se desarrolló una plantilla en Matlab ilustrada en la Fig. 14 con el fin de estandarizar las pruebas de validación con solo cambiar parámetros de control en cada central hidroeléctrica con turbina Francis, parámetros como tiempos de apertura, constantes PID, tiempos de cierre del distribuidor, escalones y referencias de control igualmente cambiar parámetros del generador como la inercia, reactancias eje directo y cuadratura entre otros.

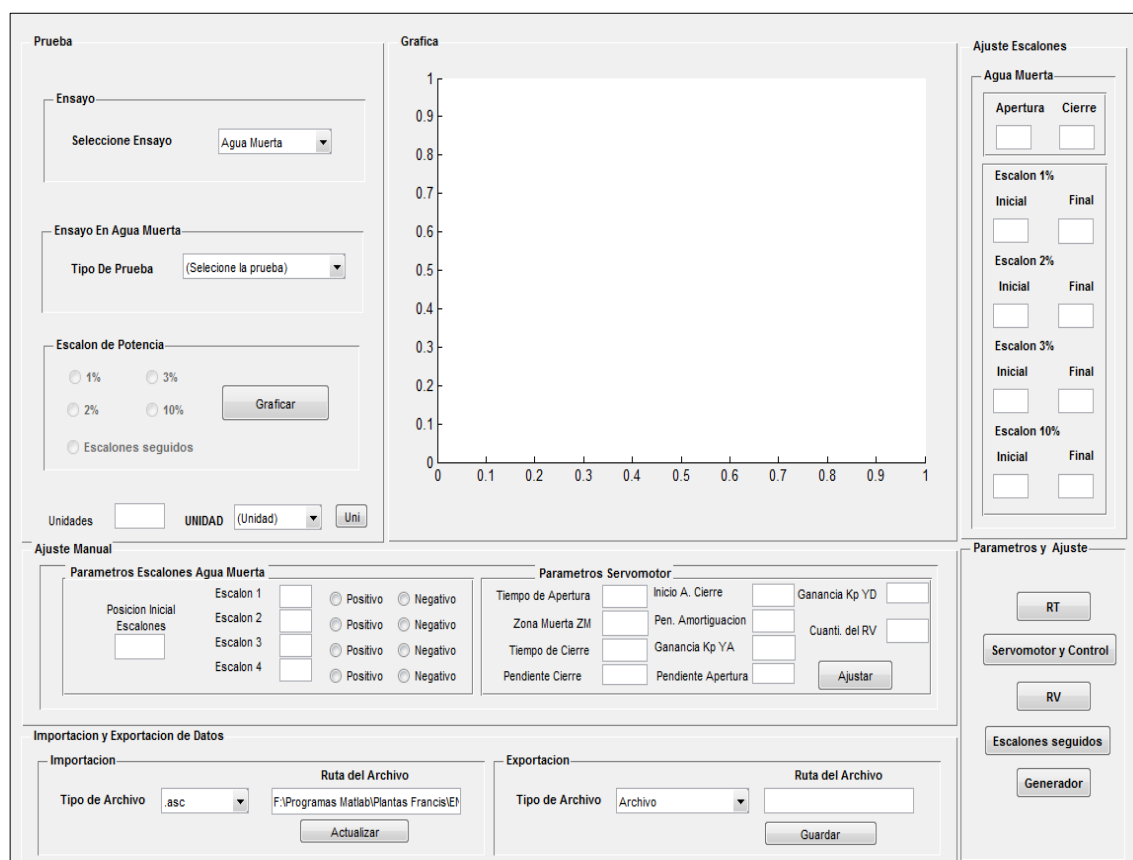



Fig. 14 Plantilla para estandarización de pruebas y modelos de control.

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

Se tuvo que desarrollar un programa previo mostrado en la Fig. 15 para el análisis de datos obtenidos en las pruebas de campo, ya que los datos entregados por el equipo de adquisición de datos (MODEL-DAQ), son procesados en un archivo de Excel (.xls) o texto (.txt) por tanto se realizó un programa que pudiera recortar los datos, modificar escalas de medición a unidades de ingeniería y cambiar el formato a .asc ya que el código que maneja el programa de la plantilla importa datos en este formato.

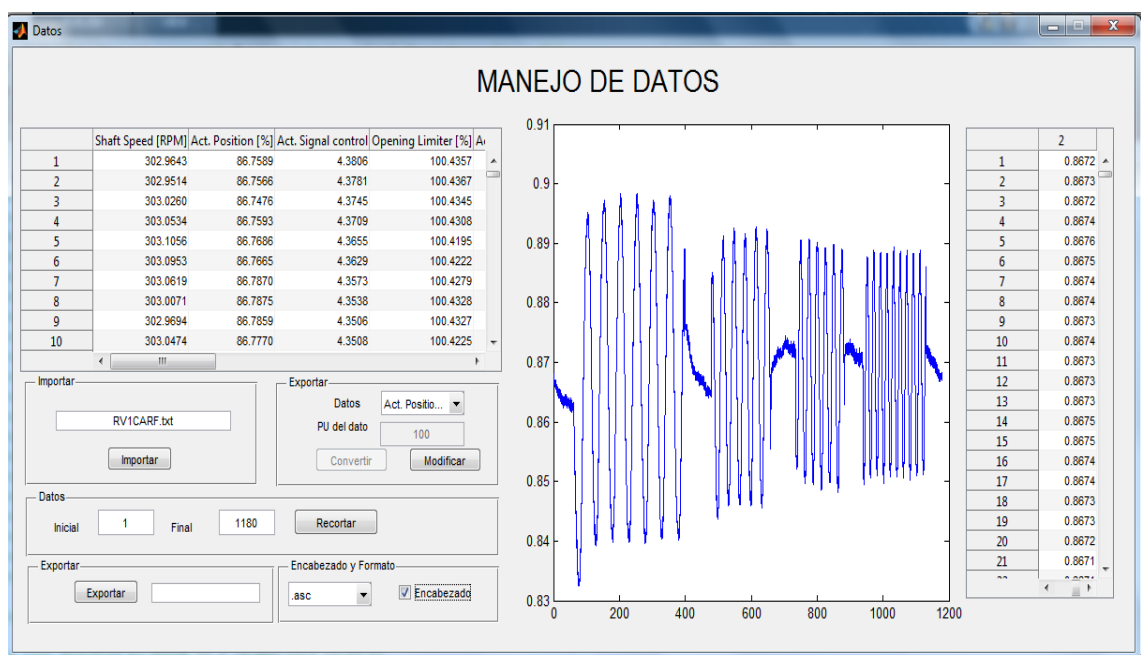



Fig. 15 . Programa para el análisis de pruebas de campo en el software de Matlab.

Con este programa se importan los archivos de las pruebas de campo y se exportan los tiempos adecuados de cada prueba para analizar la respuesta de los sistemas de control.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

## 4. RESULTADOS Y DISCUSION

Para la simulación del modelo del servomotor de la Fig.6 y Fig.7 se inyecta un escalón positivo que simula la respuesta a una apertura del 100% obteniéndose la respuesta de la Fig. 16 e igualmente un escalón negativo que simula el cierre a un 0% de su posición teniendo la respuesta de la Fig. 17, en ambas respuestas se tienen los datos de campo de prueba.

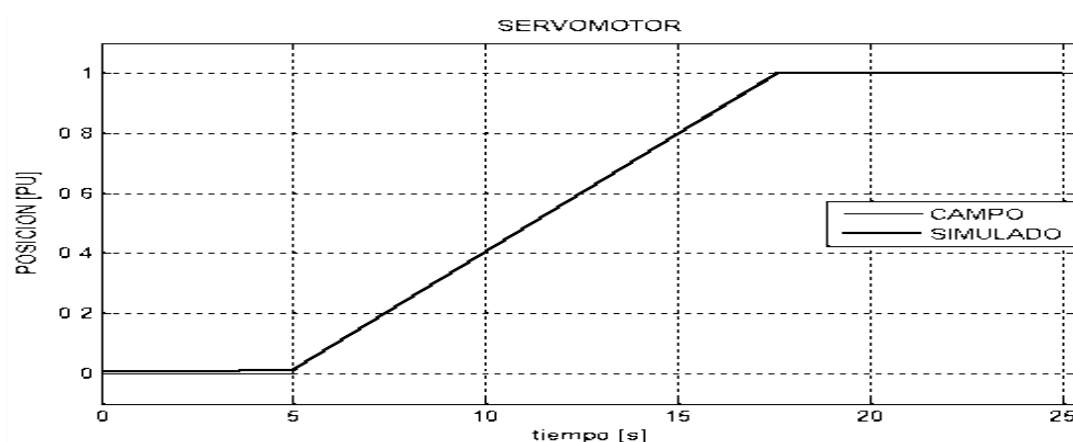


Fig. 16. Respuesta del servomotor ante un escalón positivo; tiempo de apertura de 12.76 segundos

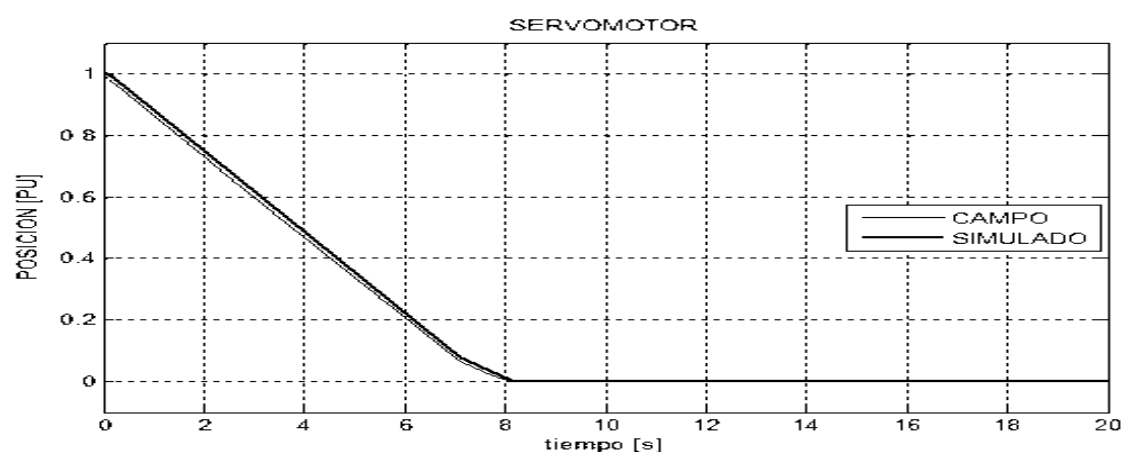



Fig. 17. Respuesta del servomotor ante un escalón negativo; tiempo de cierre sin amortiguación 7.6 segundos, amortiguación a los 0.08 P.U. de la posición.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

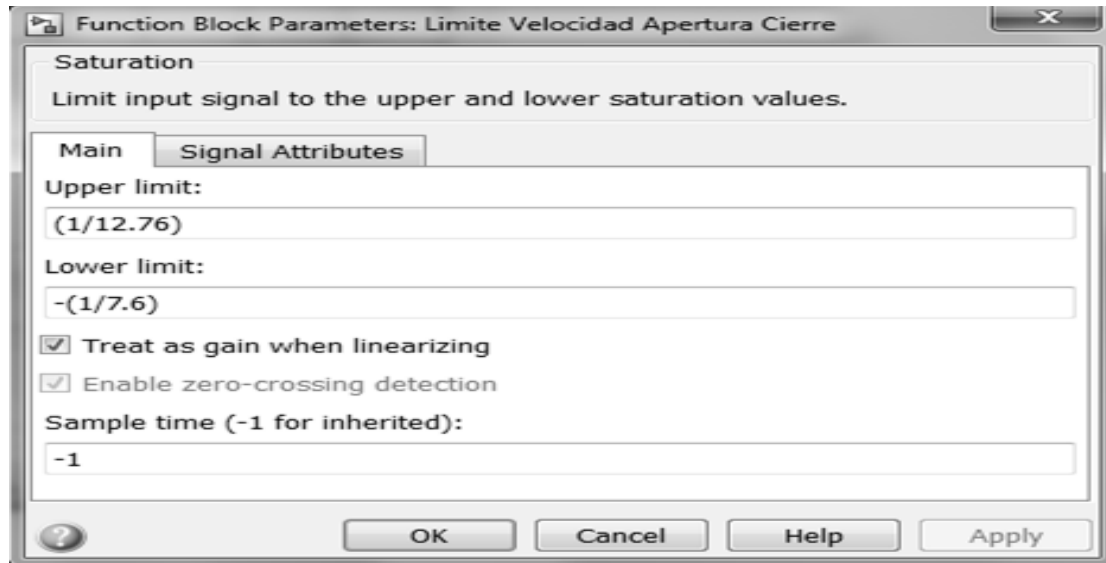


Fig. 18. Parámetros de tiempos de apertura y cierre en el limitador de velocidad del modelo de Simulink

El regulador de velocidad se encargara de posicionar el servomotor en un punto donde la diferencia de la medición con la referencia dada en velocidad o potencia sea cero. El controlador PID se encargara de corregir el error en estado estable de la variable a controlar. Para observar la respuesta del modelo del regulador de velocidad se toman los datos con el equipo de adquisición de datos de la velocidad de la turbina inyectándole en la referencia escalones para analizar su estabilidad. En la Fig. 19. Se muestra la velocidad de la máquina donde se realizó la prueba con un escalón del 3% de su referencia y en la Fig.20. La respuesta del modelo implementado.

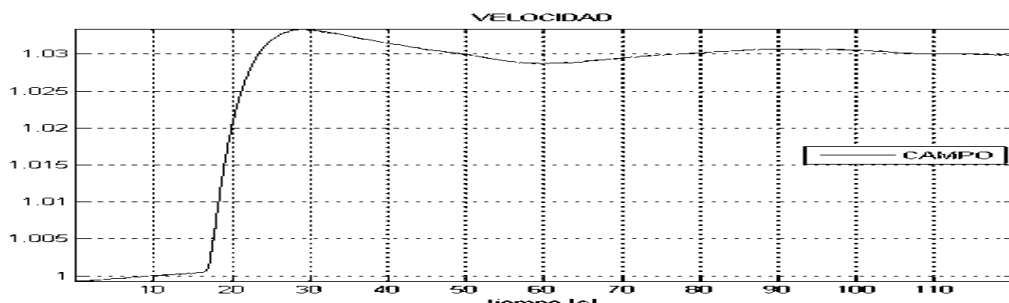



Fig. 19. Respuesta medida velocidad de una central hidroeléctrica ante un escalón 3% a la referencia de velocidad.



	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

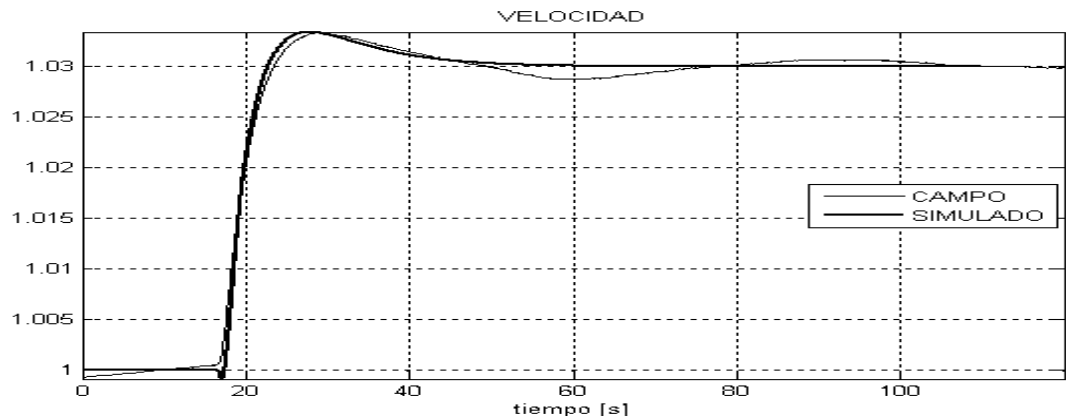


Fig.20 Respuesta simulada y medida velocidad de una central hidroeléctrica ante un escalón 3% a la referencia de velocidad

El regulador de velocidad de esta central está conformado por un gobernador de velocidad donde el controlador PID está compuesto por la cascada de un PI con un PD donde el PI esta realimentado por una acción derivativa que depende del estatismo transitorio; el PD procesa sólo la variable de desvío de la frecuencia, este tipo de regulador posee un controlador para el distribuidor formado por un PI. Con los valores PD Y PI expuestos en la Tabla 1 se analizaron los parámetros de la Fig. 21. Y así determinar qué tan estable es la respuesta de velocidad de la máquina.

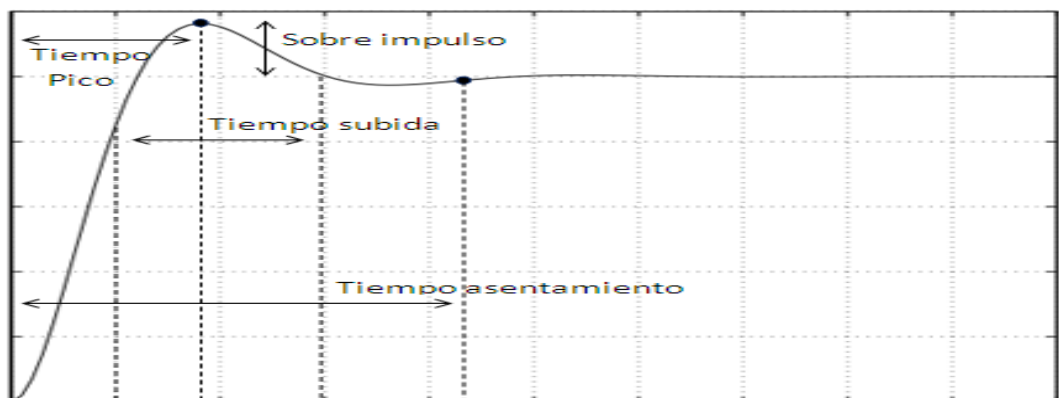



Fig. 21. . Parámetros de respuesta ante un escalón.


 <b>Institución Universitaria</b>	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	<b>Código</b>	<b>FDE 089</b>
		<b>Versión</b>	<b>03</b>
		<b>Fecha</b>	<b>2015-01-27</b>

Los datos del sistema son presentados en la Tabla 1. Los cuales exponen los parámetros implementados en el modelo de control del regulador de velocidad y los parámetros obtenidos en la respuesta de la velocidad.

**TABLA DATOS DE CENTRAL HIDROELÉCTRICA PLAYAS**

<b>PI velocidad</b>	80
<b>Estatismo Transitorio</b>	0.35
<b>T. D. Realimentación</b>	10
<b>PD velocidad</b>	10
<b>P distribuidor</b>	35
<b>I distribuidor</b>	7.5
<b>Caída Permanente</b>	0.02
<b>Banda Muerta</b>	0.005
<b>Tiempo Apertura</b>	12.76s
<b>Tiempo Cierre</b>	7.6s
<b>Amortiguación</b>	0.08 pu
<b>Retardo Servomotor</b>	0.1s
<b>Sobre impulso</b>	0.005 pu
<b>Tiempo de subida</b>	20s
<b>Tiempo de asentamiento</b>	72s
<b>Pico Máximo</b>	1.035 pu
<b>Tiempo Pico Máximo</b>	10s
<b>Escalón</b>	3%

Tabla 1. Tabla con los parámetros del sistema a validar, central hidroeléctrica con turbina Francis

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

Se debe tener en cuenta que los cambios de voltaje en la maquina síncrona depende de la corriente de excitación DC que provee este regulador, para la simulación de este modelo se le inyecta un escalón que modifique su salida en un porcentaje que no exceda los limites térmicos de la máquina, la Fig. 22 muestra el resultado del modelo del regulador de tensión de la Fig. 13 ante un escalón del 1%.

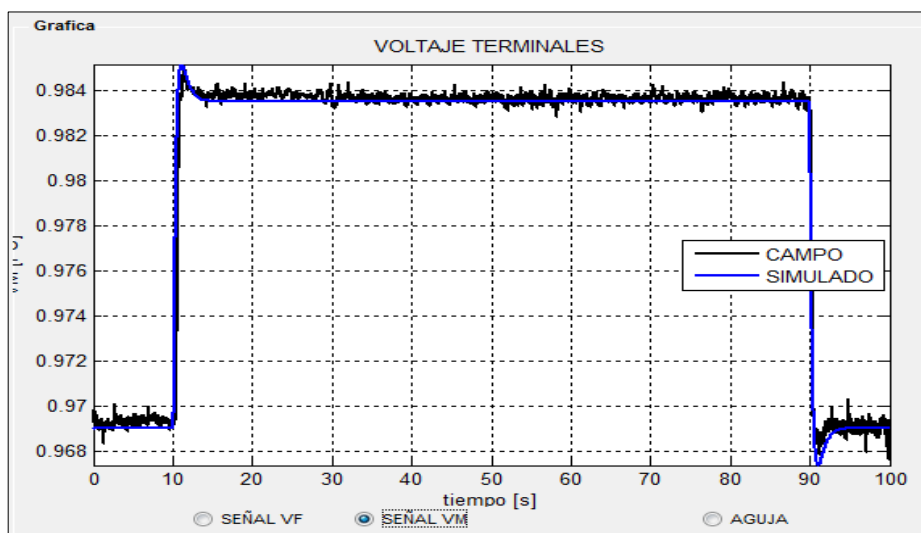


Fig. 22. Voltaje en terminales de un maquina síncrona.

En la ejecución de la plantilla de control se tomaran las pruebas de campo de la central hidroeléctrica Playas que cuenta con tres máquinas con turbina Francis, el cual se analizaron los parámetros de la plantilla expuestos en la Tabla 3 en dos máquinas de esta central. La Fig. 23 ilustra un escalón negativo al servomotor que modifica su posición en un 3% de su referencia a la unidad 1 de la central analizada, en la Fig. 24 se identifica la respuesta del limitador V/hz ante un escalón del 3% de su referencia con un set point de 1.03 PU del voltaje en terminales de la máquina de la unidad 3, en la Fig. 25. Se ilustra un escalón al regulador de tensión con la unidad con carga y finalmente en la Fig. 26. se tiene el escalón de velocidad con el que se determinaron los parámetros del regulador de velocidad.

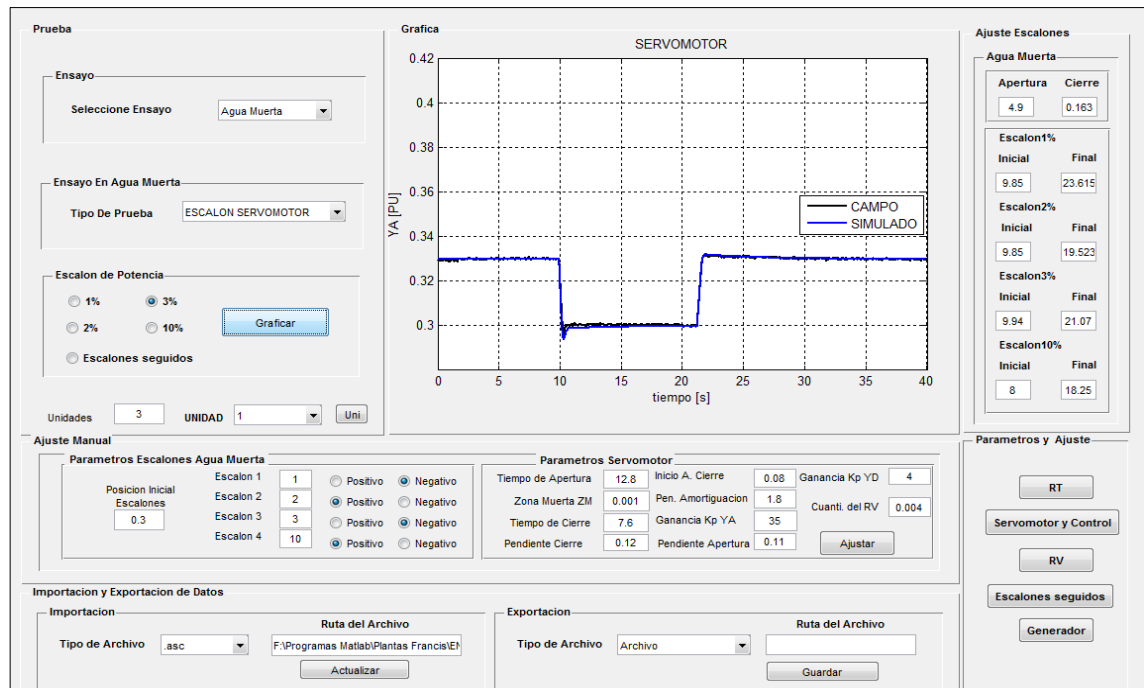


Fig. 23 . Prueba al distribuidor de la turbina Francis para la maquina 1 de la central hidroeléctrica.

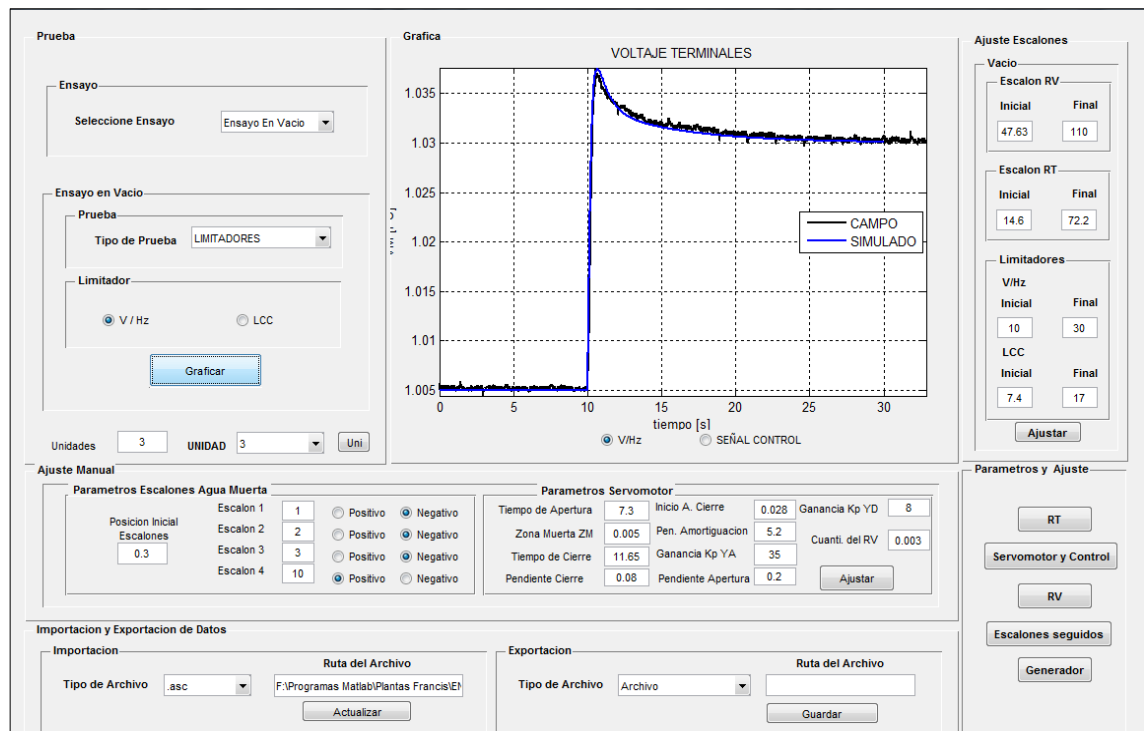
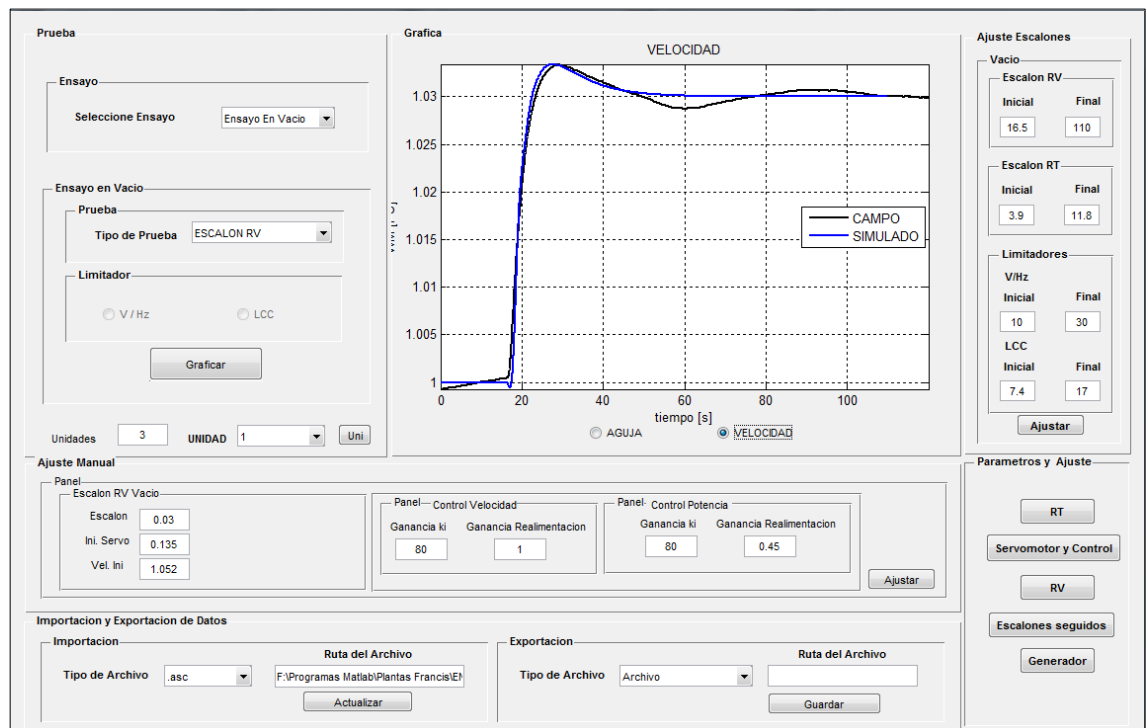
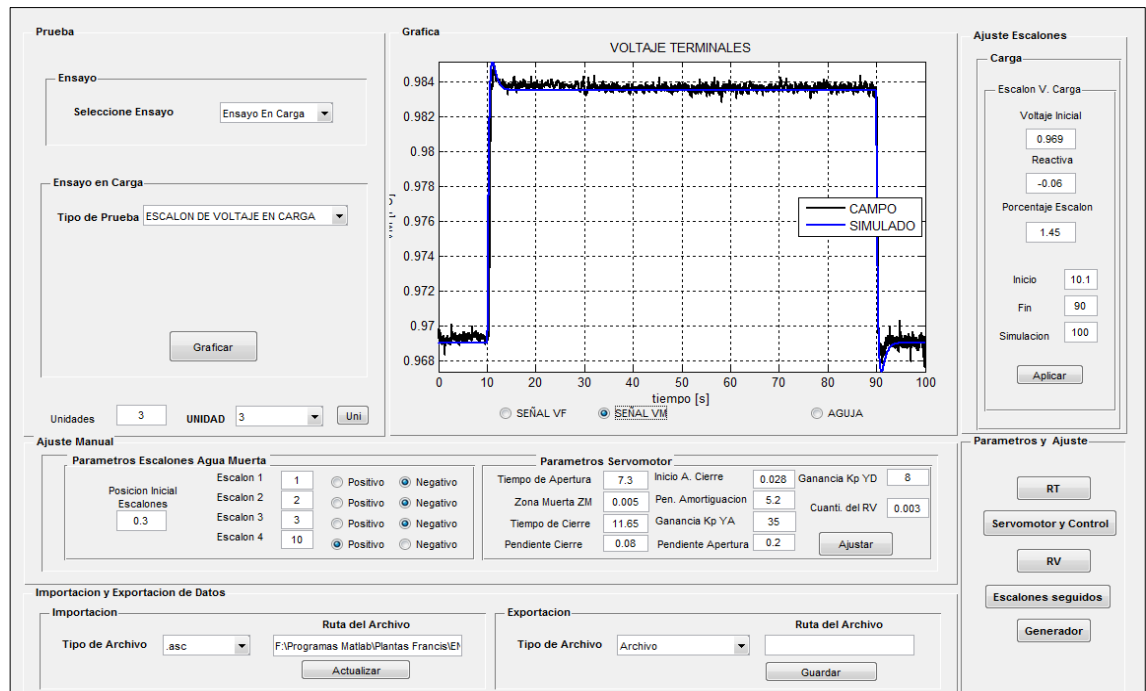



Fig. 24 . Escalón al limitador Voltios Hertz para la maquina 3 de la central hidroeléctrica



 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

Las pruebas que se pueden realizar en la plantilla de control están expuestas en la Tabla. 2.

TABLA CON PRUEBAS A IMPLEMENTAR EN LA PLANTILLA

AGUA MUERTA	VACIO	CARGA
Apertura distribuidor	Escalón RV	Escalones de Potencia
Cierre distribuidor	Escalón RT	Escalón de Voltaje
Escalones distribuidor	Escalón Limitador Vhz	Rechazos de Carga
	Escalón Limitador LCC	Ensayo Red Aislada
		Respuesta Frecuencia
		Escalón Limitador UEL

Tabla. 2. Pruebas a validar en la plantilla de control clasificado según el sistema de operación

Algunos parámetros que se pueden encontrar en la plantilla de control con el fin de modelar la respuesta de los sistemas de control en cada central están expuestos en la Tabla 3.



 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

TABLA CON PARAMETROS EXPUESTOS EN LA PLANTILLA DE CONTROL.

<b>PARAMETROS PLANTILLA DE CONTROL</b>		
SISTEMA	PARÁMETROS	
GENERADOR	Reactancia síncrono de eje directo, Reactancia Transitoria de eje directo, Reactancia de dispersión, Inercia máquina, Reactancia síncrono de eje cuadratura, Autorregulación turbina, Cte transitorio de eje directo, Cte de saturación de la máquina.	
SERVOMOTOR	Tiempos de apertura, Cierres del distribuidor, Cushioning o amortiguación, Zona muerta de respuesta del distribuidor, Ganancias proporcionales para lazo cerrado, Pendiente amortiguación, tiempos de escalones de prueba	
REGULADOR DE VELOCIDAD	Vacío	Constantes PID, Escalones, posición inicial servo y referencias prueba
	Carga	Constantes PID, Escalones, posición inicial servo y referencias prueba
REGULADOR DE TENSIÓN	Voltios Hertz	Contantes PI del limitador y referencias de la prueba
	UEL Y OEL	Referencias térmicas en el OEL y referencias en reactiva en el UEL
	En las pruebas del regulador en general se tienen los tiempos de los escalones, referencias de cada prueba con porcentajes del escalón y set point	

Tabla 3. . Parámetros que se encuentra en la plantilla de los modelos de control.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

Se hizo uso de un aplicativo desarrollado por la empresa XM para determinar qué tan óptimo fueron los modelo empleados en la plantilla; este aplicativo halla el error de sobre impulso SI, el error de valor final VF, el error relativo en tiempo de retardo TR Y la suma normalizada de errores cuadráticos NSSE entre la señal medida con la simulada, estos parámetros son expuestos en el acuerdo CNO 640, la Fig. 27. muestra que tan óptimo fue la respuesta del modelo del servomotor de la Fig.6 y Fig. 7 con los datos de campo de la central hidroeléctrica Playas; en el cual se obtuvo un error menor al 3% en los parámetros que exige el acuerdo 640 del concejo nacional de operación.

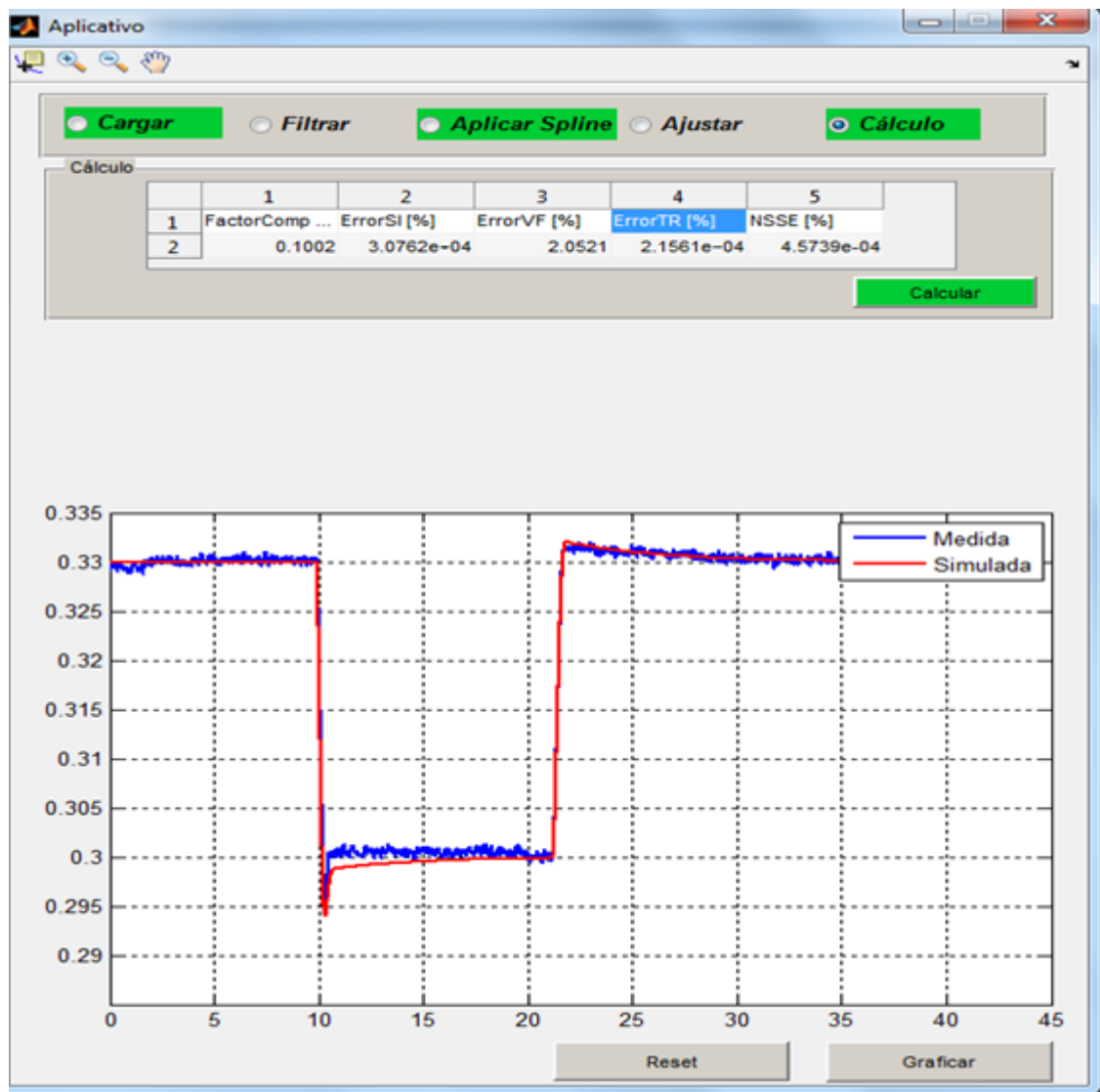



Fig. 27. Análisis de datos de la respuesta al servomotor



 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27


## 5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

---

Se presentan los fundamentos básicos del modelo del gobernador de velocidad, tensión y el actuador servomotor de las plantas generadoras con turbina Francis, desarrollando una plantilla con un modelo general de estos sistemas de control que permite simular la respuesta que tienen estos gobernadores en las centrales de generación eléctrica con turbina Francis, en el cual solo se cambian parámetros dependiendo de la prueba a realizar y se obtiene como respuesta un modelo con errores menores al 5% como lo muestra la Fig. 27

Se presenta una metodología para modelar los actuadores a partir de pruebas en agua muerta de apertura y cierre, en el que se determinan parámetros como tiempos de desplazamiento y velocidad de recorrido del dispositivo; con este modelo se validan los datos obtenidos de un servomotor en una central hidroeléctrica con turbina Francis, obteniéndose una respuesta con un error menor al 3% , infiriendo un modelo aproximado y adecuado del comportamiento del servomecanismo en estos tipos de sistemas.

Basados en el modelo del actuador de la Fig. 6. y Fig. 7. se describe el modelo del regulador de velocidad empleando diagramas de bloques propuestos por estándares de la IEEE, en el cual se analiza la respuesta del modelo del actuador ante una señal de control PID proporcionado por el gobernador de velocidad. Se realizaron pruebas con la unidad en vacío inyectándole en la referencia escalones que provoquen cambios de velocidad y así analizar la estabilidad del sistema y respuesta de los modelos de control.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

## REFERENCIAS

---

IEEE Recommended Practice for Preparation of Equipment Specifications for Speed-Governing of Hydraulic Turbines Intended to Drive Electric Generators. (1988). *ANSIIEEE*, 0-28.

IEEE Guide for the Application of Turbine Governing Systems for Hydroelectric Generating Units. (2011). *IEEE Explore*, 0-131.

Fang, H., Chen, L., Dlakavu, N., & Shen, Z. (2008). Basic Modeling and Simulation Tool for Analysis of Hydraulic Transients in Hydroelectric Power Plants. *IEEE TRANSACTIONS ON ENERGY CONVERSION*, 834-841.

Granada, J. (2007). *Metodología para la obtención práctica de las curvas de cargabilidad en las centrales de generación de EPM*. Medellín: EPM.

Hunt, J. (1967). Capability Curves and Excitation Requirements of Saturated Cylindrical Rotor Synchronous Machines. *IEEE TRANSACTIONS ON POWER APPARATUS AND SYSTEMS*, 855-859.


Moghadam, D., Shiri, A., Sadr, S., & Khaburi, D. (2014). A practical method for calculation of over-excited region in the synchronous generator capability curves. *IEEE 23rd International Symposium on Industrial Electronics (ISIE)*, 727-732.

SCHLEIF, F. R., & WILBOR, A. B. (1966). The Coordination of Hydraulic Turbine Governors for Power System Operation. *IEEE transactions on power apparatus and systems*, 750-758.


Y. C. Choo, K. M. Muttaqi, and M. Negnevitsky, "Stability of a hydraulic governor turbine system for isolated operation," in Power Engineering Conference, 2007. AUPEC 2007. Australasian Universities, 2007, pp. 1–6.

B. Ji-zhong, Ai-guo Xie, Y. Xin-Hua, and Li-kun Zhou, "Simulation Model of Hydraulic Turbine Speed Control System and Its Parameters Identification Based on Resilient Adaptive Particle Swarm Optimization Algorithm," in Power and Energy Engineering Conference (APPEEC), 2010 Asia-Pacific, 2010, pp. 1–4.

I. C. Report, "Dynamic Models for Steam and Hydro Turbines in Power System Studies," *IEEE Trans. Power Appar. Syst.*, vol. PAS-92, no. 6, pp. 1904–1915, Nov. 1973.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01- 27

“Hydraulic turbine and turbine control models for system dynamic studies,” IEEE Trans. Power Syst., vol. 7, no. 1, pp. 167–179, Feb. 1992.

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

## ANEXOS

---

### ALGORITMO PARA EL MANEJO DE DATOS

El algoritmo utilizado para el procesamiento de datos de las pruebas de control en las centrales de generación fue implementado en el Matlab ya que la empresa cuenta con la licencia de este software, el código desarrollado es el siguiente:

```

global c nombr time da dir valorini valorfin
[archivo,dir]=uigetfile('*.txt','Escoger Archivo')
name=get(handles.ruta,'string');
dir=fullfile(dir,archivo);
set(handles.ruta,'String',36ombre36);
c=dlmread(dir,'\t',1,1);
set(handles.uitable1,'Data',c);
k=importdata(dir);
datos=length(c(1,(1:end)));
for i=2:datos+1
tt{i-1}=k.textdata{1,i}
end
datoss=length(c((1:end),1));
time=1:1:datoss;
time=(time*10)/1000;
dat=1:1:datos;
set(handles.datos,'string',tt);
set(handles.uitable1,'ColumnName',tt);
valorini=1
valorfin=36ombr;
for i=2:datos
tt{i-1}=k.textdata{1,i}
end


```

Al exportar los datos del programa se debe tener en cuenta que el archivo fuente de la plantilla debe llevar un encabezado con el fin de utilizar el mismo archivo de la plantilla en otros aplicativos que exigen un encabezado.

```

Global variable nombre enca archivo
if archivo==1
errordlg('Escoja formato','Formato invalido')
else
format short g
get(handles.datos,'string')


```

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

```
[nombre,37ombre37ón] = uiputfile(archivo, 'Guardar')
format short g
Carpeta=fullfile(37ombre37ón,nombre)
id=fopen(Carpeta,'w')
variablex=variable(:,1)
variablex=variablex-variablex(1);
variabley=variable(:,2)
format short g
variable=[variablex;variabley]
if enca==1
fprintf(id,'%s\r\n:s\r\n:pu\r\n:2012 11 18 23 37 7 14\r\n:0\r\n:16711935\r\n;Variável associada ao canal: IF EA.S Y1_pu.S',37ombre)
fprintf(id,'\r\n')
fprintf(id,'%5.5f\t%5.5f\r\n',variable)
fclose(id)
else
fprintf(id,'%5.5f\t%5.5f\r\n',variable)
fclose(id)
end
variable=[variablex' variabley']
end
```

Cuando se grafican los datos en la tabla se debe tener en cuenta que la primera columna de los datos obtenidos por el equipo de adquisición de datos son las muestras tomadas por el equipo por tanto no se debe tener en cuenta esa columna.

```
Global c nombr time da dir variable valorini valorfin nombre opri Muestra
opri=0
valorini=1
valorfin=37ombr
set(handles.aplica,'enable','on')
set(handles.edit4,'string','')
set(handles.edit4,'enable','on')
da=get(handles.datos,'value')
format short g
f=c(:,da);
Muestra=time' ;
length(time)
length(f)
variable=[Muestra((valorini:valorfin),1) f((valorini:valorfin),1)];
set(handles.uitable2,'Data',variable);
plot(variable(:,1),variable(:,2));
nombres=get(handles.datos,'string')
opri==0
nombre=nombres(da)
nombre=char(37ombre)
```


 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

Es importante tener en cuenta que los datos que se obtienen del equipo de adquisición de datos en la escala de tiempo no son en segundos si no por muestras a una frecuencia de 100 Hz, por tanto al realizar la conversión en la gráfica para el corte de datos se debe tener presente este cambio de unidad.


```

Global valorini valorfin Muestra f da time c variable puu opri varipu
valorini=(str2num(get(handles.ini,'string'))*1000)/10
valorfin=(str2num(get(handles.fin,'string'))*1000)/10
format short g
% variable=[Muestra((valorini:valorfin),1) f((valorini:valorfin),1)]
% plot(variable(:,1),variable(:,2))
%opri=0
if opri==1
tiem=Muestra;
vari=varipu;
length(tiem)
length(vari)
variable=[tiem((valorini:valorfin),1) vari((valorini:valorfin),1)];
set(handles.uitable2,'Data',variable);
plot(variable(:,1),variable(:,2));
set(handles.aplica,'enable','off')
set(handles.edit4,'enable','off')
else
f=c(:,da)
Muestra=time'
length(time)
length(f)
variable=[Muestra((valorini:valorfin),1) f((valorini:valorfin),1)]
set(handles.uitable2,'Data',variable);
plot(variable(:,1),variable(:,2))
end

```


	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27


SEGUIMIENTO EPM


		<b>Dirección Gestión del Talento Humano Unidad Gestión Ingreso del Talento Humano Reporte de Actividades Practicantes Universitarios</b>	
Nombre del Practicante Universitario		Cristian Camilo Guzman Vieira	
Programa Académico		Ing Electronica	
Nombre del Tutor		Juan David Granada Zapata	
Dependencia		Unidad Planeación Producción Generación Energía	
Fecha (DD/MM/AA)		27/02/2014	
<b>Descripción general de las actividades desarrolladas en el mes</b>			
<p>Documentación sobre los modelos de reguladores de tensión y reguladores de velocidad tanto de EPM como estándares IEEE, análisis de modelos realizados a plantas generadoras de EPM (Playas y la Sierra), desarrollo de aplicativos en Matlab, salida a guatape con objetivo de mirar las pruebas que se realizan para los modelos validados (3 días de salida), lecturas sobre plantas Francis y análisis de modelos para realizar la estructuración general en Matlab</p>			
¿Las actividades desarrolladas son propias a la formación académica?		SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
¿Cuál es la ocupación del tiempo en porcentaje de 1 a 100% en el mes?		100%	
Avance del proyecto		15%	
<b>Evaluación del Practicante Universitario</b>			
<b>Ítem</b>	Excelente	Bueno	Regular
<b>RELACIONES INTERPERSONALES:</b> Integración del practicante universitario en su entorno laboral.	X		
<b>COMUNICACIÓN:</b> Manejo adecuado del lenguaje para expresar ideas y facilitar relaciones con los demás.	X		
<b>RESPONSABILIDAD:</b> Capacidad de respuesta del practicante universitario frente al cumplimiento del cronograma de trabajo y de horarios.	X		
<b>ACTITUD HACIA EL TRABAJO:</b> Disposición del practicante universitario con respecto a las tareas encomendadas.	X		
<b>Evaluación Desempeño Mes</b>			
<p>Trabaja en cooperación con las personas para lograr los objetivos propuestos. Entrega los resultados con calidad dentro del limite establecido. Demuestra interes por las necesidades o requerimientos. Mantiene comunicación permanente y oportuna.</p>			
<b>Comentarios del Tutor</b>		<b>Comentarios del Practicante Universitario</b>	
Excelente Desempeño.			

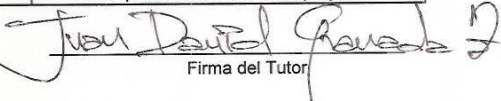
Firma del Practicante Universitario

Firma del Tutor


 <b>Institución Universitaria</b>	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	<b>Código</b>	FDE 089
		<b>Versión</b>	03
		<b>Fecha</b>	2015-01-27


		<b>Dirección Gestión del Talento Humano Unidad Gestión Ingreso del Talento Humano Reporte de Actividades Practicantes Universitarios</b>	
Nombre del Practicante Universitario		Cristian Camilo Guzman Vieira	
Programa Académico		Ing. Electronica	
Nombre del Tutor		Juan David Granada	
Dependencia		Unidad Planeacion Produccion Generación Energía	
Fecha (DD/MM/AA)		28/03/2014	
<b>Descripción general de las actividades desarrolladas en el mes</b>			
<p>Identificación de plantas hidráulicas con turbina Francis. Documentación e identificación de reguladores de velocidad y tensión. Estructuración y desarrollo de plantilla en MATLAB sobre plantas que manejan turbina Francis. Análisis de modelos desarrollados de la central de Playas y análisis de modelos de la sierra para efectos de corrección.</p>			
¿Las actividades desarrolladas son propias a la formación académica?		SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
¿Cuál es la ocupación del tiempo en porcentaje de 1 a 100% en el mes?		95%	
Avance del proyecto		23%	
<b>Evaluación del Practicante Universitario</b>			
<b>Item</b>	<b>Excelente</b>	<b>Bueno</b>	<b>Regular</b>
<b>RELACIONES INTERPERSONALES:</b> Integración del practicante universitario en su entorno laboral.	X		
<b>COMUNICACIÓN:</b> Manejo adecuado del lenguaje para expresar ideas y facilitar relaciones con los demás.	X		
<b>RESPONSABILIDAD:</b> Capacidad de respuesta del practicante universitario frente al cumplimiento del cronograma de trabajo y de horarios.	X		
<b>ACTITUD HACIA EL TRABAJO:</b> Disposición del practicante universitario con respecto a las tareas encomendadas.	X		
<b>Evaluación Desempeño Mes</b>			
<p>Busca y adquiere conocimientos relacionados con las actividades propias de su area de trabajo. Canaliza las necesidades de las personas hacia las instancias que pueden darle solución.</p>			
<b>Comentarios del Tutor</b>		<b>Comentarios del Practicante Universitario</b>	
		<p>He obtenido conocimientos mas claros a medida que pasa el tiempo de practica, excelentes herramientas y apoyo de los trabajadores de EPM para la realizacion del proyecto.</p>	

  
Firma del Practicante Universitario

  
Firma del Tutor




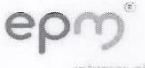
 <b>Institución Universitaria</b>	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	<b>Código</b>	FDE 089
		<b>Versión</b>	03
		<b>Fecha</b>	2015-01-27

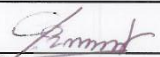
		<b>Dirección Gestión del Talento Humano Unidad Gestión Ingreso del Talento Humano Reporte de Actividades Practicantes Universitarios</b>	
Nombre del Practicante Universitario		Cristian Camilo Guzman Vieira	
Programa Académico		Ing. Electronica	
Nombre del Tutor		Juan David Granada	
Dependencia		Generacion	
Fecha (DD/MM/AA)		30/04/2014	
<b>Descripción general de las actividades desarrolladas en el mes</b>			
<p>Avance del informe a entregar parte 1 del proyecto, salida a pruebas Porce III (3 días), avance proyecto en Matlab plantas Francis, participacion en la metodologia de trabajo para el diseño de los limites de estabilidad de los generadores</p>			
¿Las actividades desarrolladas son propias a la formación académica?		SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
¿Cuál es la ocupación del tiempo en porcentaje de 1 a 100% en el mes?		99%	
Avance del proyecto		35%	
<b>Evaluación del Practicante Universitario</b>			
<b>Item</b>	<b>Excelente</b>	<b>Bueno</b>	<b>Regular</b>
<b>RELACIONES INTERPERSONALES:</b> Integración del practicante universitario en su entorno laboral.	X		
<b>COMUNICACIÓN:</b> Manejo adecuado del lenguaje para expresar ideas y facilitar relaciones con los demás.	X		
<b>RESPONSABILIDAD:</b> Capacidad de respuesta del practicante universitario frente al cumplimiento del cronograma de trabajo y de horarios.	X		
<b>ACTITUD HACIA EL TRABAJO:</b> Disposición del practicante universitario con respecto a las tareas encomendadas.	X		
<b>Evaluación Desempeño Mes</b>			
<b>Comentarios del Tutor</b>		<b>Comentarios del Practicante Universitario</b>	
		<p>Se obtienen mas conocimientos en temas de generacion, excelente apoyo del grupo de trabajo para el aprendizaje de nuevos temas</p>	

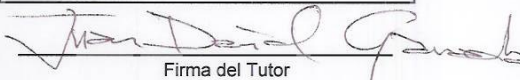
  
 Firma del Practicante Universitario


  
 Firma del Tutor


 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

		<b>Dirección Gestión del Talento Humano Unidad Gestión Ingreso del Talento Humano Reporte de Actividades Practicantes Universitarios</b>		
Nombre del Practicante Universitario		Cristian Camilo Guzman Vieira		
Programa Académico		Ing. Electronica		
Nombre del Tutor		Juan David Granada		
Dependencia		Generacion		
Fecha (DD/MM/AA)		03/06/2014		
<b>Descripción general de las actividades desarrolladas en el mes</b>				
<p>Correccion y desarrollo del informe a entregar de la primera parte del proyecto, participacion en el desarrollo de las curvas de cargabilidad en el software Matlab, desarrollo de plantilla en GUI de Matlab para la graficacion de las curvas de cargabilidad de los generadores, Avanze proyecto en Matlab plantas con turbina Francis</p>				
¿Las actividades desarrolladas son propias a la formación académica?		SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>	
¿Cuál es la ocupación del tiempo en porcentaje de 1 a 100% en el mes?		99%		
Avance del proyecto		47%		
<b>Evaluación del Practicante Universitario</b>				
<b>Item</b>		<b>Excelente</b>	<b>Bueno</b>	<b>Regular</b>
<b>RELACIONES INTERPERSONALES:</b> Integración del practicante universitario en su entorno laboral.		X		
<b>COMUNICACIÓN:</b> Manejo adecuado del lenguaje para expresar ideas y facilitar relaciones con los demás.		X		
<b>RESPONSABILIDAD:</b> Capacidad de respuesta del practicante universitario frente al cumplimiento del cronograma de trabajo y de horarios.		X		
<b>ACTITUD HACIA EL TRABAJO:</b> Disposición del practicante universitario con respecto a las tareas encomendadas.		X		
<b>Evaluación Desempeño Mes</b>				
<b>Comentarios del Tutor</b>		<b>Comentarios del Practicante Universitario</b>		
		Se obtienen nuevos conocimientos sobre curvas de cargabilidad de los generadores		

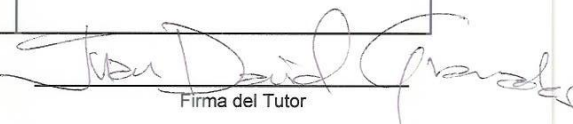
  
Firma del Practicante Universitario


  
Firma del Tutor


 <b>Institución Universitaria</b>	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	<b>Código</b>	FDE 089
		<b>Versión</b>	03
		<b>Fecha</b>	2015-01-27

		<b>Dirección Gestión del Talento Humano Unidad Gestión Ingreso del Talento Humano Reporte de Actividades Practicantes Universitarios</b>		
Nombre del Practicante Universitario		Cristian Camilo Guzman Vieira		
Programa Académico		Ing. Electronica		
Nombre del Tutor		Juan David Granada		
Dependencia		Generacion		
Fecha (DD/MM/AA)		27/06/2014		
<b>Descripción general de las actividades desarrolladas en el mes</b>				
<p>Analisis de de datos tomados en las pruebas de la central guatape y tasajera, reunion XM para revision de curvas de cargabilidad, correccion de curvas de cargabilidad despues de la reunion asistida a XM, analisis y acondicionamiento de señales restantes en la plantilla de Matlab con turbina francis para realizar su estandarizacion, aprender a interpretar los planos de control de los reguladores de tension</p>				
¿Las actividades desarrolladas son propias a la formación académica?		SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>	
¿Cuál es la ocupación del tiempo en porcentaje de 1 a 100% en el mes?		99%		
Avance del proyecto		55%		
<b>Evaluación del Practicante Universitario</b>				
<b>Item</b>	<b>Excelente</b>	<b>Bueno</b>	<b>Regular</b>	
<b>RELACIONES INTERPERSONALES:</b> Integración del practicante universitario en su entorno laboral.	X			
<b>COMUNICACIÓN:</b> Manejo adecuado del lenguaje para expresar ideas y facilitar relaciones con los demás.	X			
<b>RESPONSABILIDAD:</b> Capacidad de respuesta del practicante universitario frente al cumplimiento del cronograma de trabajo y de horarios.	X			
<b>ACTITUD HACIA EL TRABAJO:</b> Disposición del practicante universitario con respecto a las tareas encomendadas.	X			
<b>Evaluación Desempeño Mes</b>				
<b>Comentarios del Tutor</b>		<b>Comentarios del Practicante Universitario</b>		

  
 Firma del Practicante Universitario

  
 Firma del Tutor


 <b>Institución Universitaria</b>	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	<b>Código</b>	FDE 089
		<b>Versión</b>	03
		<b>Fecha</b>	2015-01-27


		<b>Dirección Gestión del Talento Humano Unidad Gestión Ingreso del Talento Humano Reporte de Actividades Practicantes Universitarios</b>	
Nombre del Practicante Universitario	Cristian Camilo Guzman Vieira		
Programa Académico	Ing. Electronica		
Nombre del Tutor	Juan David Granada		
Dependencia	Generacion		
Fecha (DD/MM/AA)	01/08/2014		
<b>Descripción general de las actividades desarrolladas en el mes</b>			
<p>Estuve incapacitado 16 dias por vertigo, toma de ultimas señales para la plantilla de turbinas francis, desarrollo de un programa en Matlab para el analisis de datos obtenidos en las pruebas de cada central, analisis de datos de la central tasajera para implementar en el modelo de control</p>			
¿Las actividades desarrolladas son propias a la formación académica?	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>	
¿Cuál es la ocupación del tiempo en porcentaje de 1 a 100% en el mes?	99%		
Avance del proyecto	58%		
<b>Evaluación del Practicante Universitario</b>			
<b>Item</b>	<b>Excelente</b>	<b>Bueno</b>	<b>Regular</b>
<b>RELACIONES INTERPERSONALES:</b> Integración del practicante universitario en su entorno laboral.	X		
<b>COMUNICACIÓN:</b> Manejo adecuado del lenguaje para expresar ideas y facilitar relaciones con los demás.	X		
<b>RESPONSABILIDAD:</b> Capacidad de respuesta del practicante universitario frente al cumplimiento del cronograma de trabajo y de horarios.	X		
<b>ACTITUD HACIA EL TRABAJO:</b> Disposición del practicante universitario con respecto a las tareas encomendadas.	X		
<b>Evaluación Desempeño Mes</b>			
<b>Comentarios del Tutor</b>		<b>Comentarios del Practicante Universitario</b>	

  
 Firma del Practicante Universitario

  
 Firma del Tutor





 <b>Institución Universitaria</b>	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	<b>Código</b>	FDE 089
		<b>Versión</b>	03
		<b>Fecha</b>	2015-01-27

		<b>Dirección Gestión del Talento Humano Unidad Gestión Ingreso del Talento Humano Reporte de Actividades Practicantes Universitarios</b>	
Nombre del Practicante Universitario		Cristian Camilo Guzman Vieira	
Programa Académico		Ing. Electronica	
Nombre del Tutor		Juan David Granada	
Dependencia		Unidad Planeación Producción Energía	
Fecha (DD/MM/AA)		29/08/2014	
<b>Descripción general de las actividades desarrolladas en el mes</b>			
<p>Finalización de programa para el analisis de datos a las pruebas de modelado, analisis de datos de las pruebas de la central tasajera, desarrollo de informe practicas para la universidad, pruebas y correccion de errores a la plantilla realizada para las plantas con turbina francis</p>			
¿Las actividades desarrolladas son propias a la formación académica?		SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
¿Cuál es la ocupación del tiempo en porcentaje de 1 a 100% en el mes?		99%	
Avance del proyecto		66%	
<b>Evaluación del Practicante Universitario</b>			
<b>Item</b>	<b>Excelente</b>	<b>Bueno</b>	<b>Regular</b>
<b>RELACIONES INTERPERSONALES:</b> Integración del practicante universitario en su entorno laboral.	X		
<b>COMUNICACIÓN:</b> Manejo adecuado del lenguaje para expresar ideas y facilitar relaciones con los demás.	X		
<b>RESPONSABILIDAD:</b> Capacidad de respuesta del practicante universitario frente al cumplimiento del cronograma de trabajo y de horarios.		X	
<b>ACTITUD HACIA EL TRABAJO:</b> Disposición del practicante universitario con respecto a las tareas encomendadas.		X	
<b>Evaluación Desempeño Mes</b>			
<b>Comentarios del Tutor</b>		<b>Comentarios del Practicante Universitario</b>	

Firma del Practicante Universitario


Firma del Tutor


	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

		<b>Dirección Gestión del Talento Humano Unidad Gestión Ingreso del Talento Humano Reporte de Actividades Practicantes Universitarios</b>	
Nombre del Practicante Universitario		Cristian Camilo Guzman Vieira	
Programa Académico		Ing. Electronica	
Nombre del Tutor		Juan David Granada	
Dependencia		Generacion	
Fecha (DD/MM/AA)		29/09/2014	
<b>Descripción general de las actividades desarrolladas en el mes</b>			
<p>Prueba y correccion de plantilla modelado de las plantas con turbina francis usando los datos obtenidos en las pruebas de la central playas, desarrollo en matlab de las curvas UEL y OEL de los reguladores reivax, sepac y ansaldo para agregarlos al programa de diseño de curvas de cargabilidad, avance informe trabajo de practicas para la universidad</p>			
¿Las actividades desarrolladas son propias a la formación académica?		SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
¿Cuál es la ocupación del tiempo en porcentaje de 1 a 100% en el mes?		99%	
Avance del proyecto		74%	
<b>Evaluación del Practicante Universitario</b>			
<b>Ítem</b>	Excelente	Bueno	Regular
<b>RELACIONES INTERPERSONALES:</b> Integración del practicante universitario en su entorno laboral.	X		
<b>COMUNICACIÓN:</b> Manejo adecuado del lenguaje para expresar ideas y facilitar relaciones con los demás.	X		
<b>RESPONSABILIDAD:</b> Capacidad de respuesta del practicante universitario frente al cumplimiento del cronograma de trabajo y de horarios.	X		
<b>ACTITUD HACIA EL TRABAJO:</b> Disposición del practicante universitario con respecto a las tareas encomendadas.	X		
<b>Evaluación Desempeño Mes</b>			
<b>Comentarios del Tutor</b>		<b>Comentarios del Practicante Universitario</b>	

Firma del Practicante Universitario

Firma del Tutor


 <b>Institución Universitaria</b>	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	<b>Código</b>	FDE 089
		<b>Versión</b>	03
		<b>Fecha</b>	2015-01-27

		<b>Dirección Gestión del Talento Humano Unidad Gestión Ingreso del Talento Humano Reporte de Actividades Practicantes Universitarios</b>		
Nombre del Practicante Universitario		Cristian Camilo Guzman Vieira		
Programa Académico		Ing. Electronica		
Nombre del Tutor		Juan David Granada		
Dependencia		Generacion		
Fecha (DD/MM/AA)		28/11/2014		
<b>Descripción general de las actividades desarrolladas en el mes</b>				
<p>Finalizacion de programa de curvas de cargabilidad con sombreado en zona de operacion, avance plantilla de pruebas modelado faltando por desarrollar una manera de importar los datos mas global, desarrollo de informe sobre reguladores de velocidad para informe de la universidad, analisis de pruebas de la central troneras, guadalupe 4 y guatape.</p>				
¿Las actividades desarrolladas son propias a la formación académica?		SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>	
¿Cuál es la ocupación del tiempo en porcentaje de 1 a 100% en el mes?		99%		
Avance del proyecto		84%		
<b>Evaluación del Practicante Universitario</b>				
<b>Item</b>		Excelente	Bueno	Regular
<b>RELACIONES INTERPERSONALES:</b> Integración del practicante universitario en su entorno laboral.		X		
<b>COMUNICACIÓN:</b> Manejo adecuado del lenguaje para expresar ideas y facilitar relaciones con los demás.		X		
<b>RESPONSABILIDAD:</b> Capacidad de respuesta del practicante universitario frente al cumplimiento del cronograma de trabajo y de horarios.		X		
<b>ACTITUD HACIA EL TRABAJO:</b> Disposición del practicante universitario con respecto a las tareas encomendadas.		X		
<b>Evaluación Desempeño Mes</b>				
<b>Comentarios del Tutor</b>		<b>Comentarios del Practicante Universitario</b>		


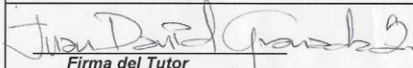
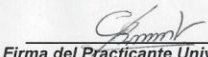
Firma del Practicante Universitario

Firma del Tutor




 <b>Institución Universitaria</b>	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	<b>Código</b>	FDE 089
		<b>Versión</b>	03
		<b>Fecha</b>	2015-01-27


### CONSOLIDADO FINAL PRÁCTICA

 <b>PROGRAMA PRACTICANTES UNIVERSITARIOS CONSOLIDADO FINAL</b>		
<b>Nombre del estudiante:</b> Cristian Camilo Guzman Vieira	<b>Registro:</b> 111941	
<b>Programa Académico:</b> Ingeniería Electronica	<b>Unidad:</b> Operación y Mto Gen Energia.	
<b>Fecha de elaboración:</b> 16/01/2015	<b>Periodo de Práctica:</b> 1 Año	
<b>Nombre del tutor:</b> Juan David Granada		
CALIFICACIÓN VALORACIÓN PROMEDIO		
Marque con una X la calificación que considera pertinente:		
<b>Superior a lo esperado</b>	Realizó el proyecto definido de la forma esperada, con el cumplimiento del cronograma, la elaboración del informe y la presentación del mismo al equipo de trabajo, superando las expectativas de la dependencia (hizo aportes adicionales a los pactados dentro del plan de trabajo).	X
<b>Esperado</b>	Realizó el proyecto definido de la forma esperada, con el cumplimiento del cronograma, la elaboración del informe y la presentación del mismo al equipo de trabajo.	
<b>Menos de lo esperado</b>	Necesita reforzar el cumplimiento de acciones planteadas, dentro del tiempo establecido y con iniciativa para resolver dificultades.	
DESCRIPCIÓN DE LA VALORACIÓN DEL DESARROLLO DE LA PRÁCTICA		
<p>El estudiante dentro de su proyecto prestó apoyo en dos temas importantes para el grupo de controles y protecciones de la Dirección Operaciones Generación Energía. El primer tema está orientado a dar cumplimiento al acuerdo CNO 640 del Consejo Nacional de Operación, que tiene como objetivo validar los modelos de control de los reguladores de velocidad, tensión, PSS y parámetros de los generadores de propiedad del grupo EPM; el segundo tema está orientado a dar cumplimiento al acuerdo CNO 689, cuyo objetivo es la obtención de las curvas de cargabilidad reales de los generadores del grupo. En ambos temas el estudiante desarrollo varias aplicaciones, que facilitan la manipulación de los datos obtenidos durante las pruebas, así como la revisión y evaluación de los modelos derivados de las mismas. El estudiante durante su periodo de practica entrego informes y productos de calidad y con valor agregado, por lo cual se concluye que su desempeño fue superior al esperado, excelente persona y futuro profesional.</p> <p><b>Comentarios del Tutor:</b> El estudiante se destacó por ser ordenado, puntual en los horarios de trabajo. Cumplidor de las normas con una alta orientación al logro y capacidad de respuesta ante los requerimientos que se le solicitaron durante la práctica.</p> <p><b>Comentarios del Practicante Universitario:</b> Un excelente equipo de trabajo, donde puse en práctica la formación académica que obtuve en la universidad a través de proyectos de ingeniería que fortalecieron mis conocimientos en el área de control y desarrollar habilidades aplicativos especializados, como también agradecer a la unidad Operación y Mto Gen Energia y EPM por poder obtener nuevos conocimientos en esta dependencia y tambien agradecer el apoyo brindado en el desarrollo de los proyectos realizados.</p> <p><b>Comentarios Gestión Ingreso del Talento Humano:</b> El practicante supero lo esperado por su tutor y por la empresa, además desarrollo con enteresa todas y cada una de las actividades propuestas.</p> <p>FELICITACIONES</p>		
<b>Cumplimiento del Proyecto:</b>	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	100%
Observaciones		
 Firma del Tutor	 Firma del Practicante Universitario	
<b>Fecha de entrega:</b> 19/01/2015		



 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

CERTIFICADO PRACTICAS



**EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLÍN E.S.P.  
UNIDAD GESTIÓN INGRESO DEL TALENTO HUMANO**

**CERTIFICA:**

Que el señor **CRISTIAN CAMILO GUZMAN VIEIRA** identificado con cédula de ciudadanía **No. 1.036.642.546** del programa **INGENIERIA ELECTRONICA** realizó la práctica en EPM, mediante un contrato de aprendizaje por un período comprendido entre el 20 de Enero de 2014 y el 19 de Enero de 2015.

Esta constancia se expide a los 19 días del mes de Enero del 2015.

Cordialmente,


  
**MARGARITA MARÍA OCHOA POSADA**  
Profesional Gestión Humana y Organizacional

*estamos ahí.*


Empresas Públicas de Medellín E. S. P.  
Carretera 58 TP 42-125 A/A 940  
Commutador: 3808080 - Fax: 3569111  
Medellín-Colombia

[www.epm.com.co](http://www.epm.com.co)

P-113

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

HOJA DE VIDA ITM

 Institución Universitaria	<b>HOJA DE VIDA ESTUDIANTE DE PRÁCTICAS</b>	Código	FDE 071
		Versión	01
		Fecha	2012-05-30

**DATOS PERSONALES**

**Nombre y Apellidos** Cristian Camilo Guzmán Vieira  
**Lugar y Fecha de Nacimiento** 03/11/1992 Montería-Córdoba  
**Estado Civil** Soltero  
**Cédula de Ciudadanía** 1.036.642.546 de Itagüí  
**Dirección y Barrio** Cra 85 # 78b-44 Robledo  
**Teléfonos, celular** 586-22-28 301-470-36-82  
**E-mail** cristianguzman0311@gmail.com



TITULO DE MAGISTER EN INGENIERIA EN ELECTRONICA  
 2015-01-27  
 FIC. 115-000000

**INFORMACIÓN ACADÉMICA**

Terminé Estudios de Secundario en: Colegio Universidad Pontificia Bolivariana  
 Estudiante de Ingeniería Electrónica Nivel 8 Jornada Nocturna  
 Ha firmado Contrato de Aprendizaje anteriormente? Si  No

**EXPERIENCIA LABORAL**

EMPRESA	CARGO	TELEFONO	TIEMPO LABORADO	JEFE INMEDIATO
EIS s.a.s	Técnico Electrónico	3117261677	1 mes	Edwin Gómez

**REFERENCIAS PERSONALES Y/O FAMILIARES**

NOMBRE Y APELLIDOS	DIRECCIÓN	TELÉFONOS	PARENTESCO	LABORA EN
José Wilton Vieira	Calle 76 # 80-85 bloq 4 apto 310	5880880	Tio	Rochem Biocare
Olga Castaño	Calle 42a #82-10 int 201	2500830	Tia	Fiscalia
Rosario Vieira	Cra 77 # 31-40 int 501	3431222	Tia	Asesora de Belleza

**FORMACIÓN Y COMPETENCIAS**

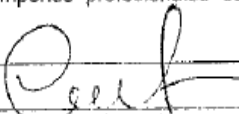
Describa conocimientos y habilidades en los siguientes aspectos. ¿Cuáles?  
 En informática: Herramientas Office, Programación C, Java


Competencias en segunda lengua: (Marque E - excelente, B - bueno, R - regular)  
 Idioma Ingles Lee Bueno Escribe Regular Habla Regular


Otros estudios realizados (Cursos, Seminarios, Diplomados, etc.): Tecnólogo Electrónico, ITM, 2013.

Perfil personal (cualidades y valores) y/o experiencias laborales significativas:  
 Respetuoso, Honesto, Responsable, Comprometido con todas las labores que se me asignan. Quiero salir adelante en mis desempeños profesionales como Ingeniero Electrónico.

  
 Estudiante

  
 Prácticas Profesionales

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

 Institución Universitaria	<b>HOJA DE VIDA ESTUDIANTE DE PRÁCTICAS</b>	Código	FDE 071
		Versión	01
		Fecha	2012-05-30

*Nota: Señor empresario, recuerde que el objeto de las Prácticas es que éstas se conviertan en un espacio de aprendizaje en el que el estudiante pueda realizar actividades que permitan la aplicación de los conocimientos teóricos adquiridos durante el proceso de formación académica*

## FORMACION POR COMPETENCIAS

PROGRAMA: Ingeniería Electrónica

### 1. OBJETO DE FORMACION DEL PROGRAMA ACADÉMICO

El Ingeniero Electrónico del ITM interviene los sistemas que integran la electrónica, la automatización, el control, la informática, las telecomunicaciones y todos los sistemas que operan con variables físicas y químicas en el contexto de los procesos de producción industrial y de servicios, desde la perspectiva de la medición y el control electrónico automático de variables, mediante la incorporación del tratamiento y diseño de señales análogas y digitales y la informática, para la toma de decisiones en la operación eficiente de los procesos, con responsabilidad social, técnica, económica y ambiental.

### 2. Descripción de las competencias del saber o conocimientos básicos del programa:

Desarrollar software para automatizar máquinas y procesos usando controladores lógicos programables, sistemas de cómputo y sistemas embebidos.

Identificar las variables críticas que intervienen en un proceso de producción industrial.

Diseñar el proceso de medición y lectura de variables industriales.

### 3. Descripción de las competencias del hacer profesional o las habilidades para desempeñarse en una empresa:

Diseñar el proceso de medición y lectura de variables en concordancia con la necesidad del proceso demandado por una organización industrial.

Coordinador de área de mantenimiento de equipos electrónicos y de control industrial.

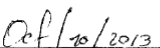
Administrador de departamentos de mantenimiento.


Auxiliar de investigación en áreas de I+D.

Asesor de proyectos de diseño con sistemas embebidos.

*Nota: Certifico que la información contenida en este formato único de Hoja de Vida es cierta.*

  
Firma del Estudiante

  
Fecha de Elaboración

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

CONTRATO EPM



CONTRATO DE APRENDIZAJE  
(ESTUDIANTES DE PRÁCTICA UNIVERSITARIA)

No. 014-2014

RAZÓN SOCIAL EMPRESA: EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLÍN	NIT: 890.904.996-1
NOMBRE REPRESENTANTE LEGAL: CARLOS MARIO MONTOYA DIAZ	CÉDULA: 70.516.305
RAZÓN SOCIAL ENTIDAD EDUCATIVA: INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA ITM	NIT: 800.214.750-7
NOMBRE REPRESENTANTE LEGAL: LUZ MARIELA SORZA ZAPATA	CÉDULA: 32.481.395 DE MEDELLÍN
NOMBRES Y APELLIDOS ALUMNO: CRISTIAN CAMILO GUZMAN VIEIRA	DOCUMENTO: 1.036.642.546
FECHA INICIACIÓN DEL CONTRATO: ENERO 20 DE 2014	
FECHA DE TERMINACIÓN DEL CONTRATO: ENERO 19 DE 2015	

Entre los suscritos a saber: CARLOS MARIO MONTOYA DIAZ, identificado con Cédula de Ciudadanía No. 70.516.305 de ITAGÜÍ, actuando como representante legal de la Empresa: EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLÍN E.S.P., NIT: 890.904.996-1, en calidad de Gerente Desarrollo Humano, por delegación del Gerente General, contenida en el artículo 16 del Decreto 1971 del 18 de noviembre de 2013, quien para los efectos del presente contrato se denominará la EMPRESA, y CRISTIAN CAMILO GUZMAN VIEIRA, identificado (a) con Cédula de Ciudadanía No. 1.036.642.546 expedida en ITAGÜÍ, quien para los efectos del presente Contrato se denominará el APRENDIZ UNIVERSITARIO, se suscribe el presente Contrato de Aprendizaje, conforme a lo preceptuado por la Ley 789 de 2002 y el Decreto reglamentario 933 y 2585 de 2003, de acuerdo a las siguientes cláusulas:

**PRIMERA.- Objeto.** El presente contrato tiene como objeto participar en la formación profesional integral al APRENDIZ UNIVERSITARIO en la especialidad de INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, la cual se viene impartiendo en su etapa lectiva en la INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA ITM, mientras que su etapa práctica se desarrollará en EPM.


**SEGUNDA.- Período de la Formación:** la formación en la Empresa tendrá un término de duración de **(12)** doce meses.

**TERCERA.- Obligaciones:**

1) POR PARTE DE LA EMPRESA.- En virtud del presente contrato se obliga a:

- a) Facilitar al APRENDIZ UNIVERSITARIO los medios para que en la fase práctica reciba Formación Profesional Integral, metódica y completa en la ocupación u oficio materia del presente contrato.
- b) Diligenciar y reportar al respectivo Centro Educativo, las evaluaciones y certificaciones del APRENDIZ UNIVERSITARIO en su fase práctica de aprendizaje.
- c) Pagar mensualmente al APRENDIZ UNIVERSITARIO, por concepto de apoyo de sostenimiento para el aprendizaje, el equivalente al 150% de 1 (un) salario mínimo legal mensual vigente. Este apoyo de sostenimiento no constituye salario en forma alguna, ni podrá ser regulado a través de convenios o contratos colectivos ni fallos arbitrales.
- d) Afiliar al APRENDIZ UNIVERSITARIO, durante la etapa práctica de su formación, a la Aseguradora de Riesgos Laborales.
- e) Efectuar, durante la fase práctica de la formación, el pago mensual del aporte al régimen de Seguridad Social en Salud correspondiente al APRENDIZ UNIVERSITARIO, sobre la base de 1.5 salario mínimo legal mensual vigente.

Empresas Públicas de Medellín S.P.  
Calle 100 No. 42-42 - 11004  
Medellín, Antioquia - Colombia  
Teléfono: 4282811 ext. 2000

 <b>Institución Universitaria</b>	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	<b>Código</b>	<b>FDE 089</b>
		<b>Versión</b>	<b>03</b>
		<b>Fecha</b>	<b>2015-01-27</b>

2). POR PARTE DEL APRENDIZ UNIVERSITARIO.- En virtud del presente contrato se obliga a:

Concurrir puntualmente al lugar asignado por la Empresa para desarrollar su formación en la fase práctica, durante el periodo establecido para la misma, en las actividades que se le encomienden y que guarde relación con la especialidad de su formación, cumpliendo con las indicaciones que le señale la EMPRESA. En todo caso la Intensidad horaria que debe cumplir el APRENDIZ UNIVERSITARIO durante la etapa práctica en la EMPRESA, no podrá exceder de 48 horas de conformidad con el Acuerdo 23 de 2005 del Sena.

**CUARTA.- Supervisión.-** La Empresa podrá supervisar al APRENDIZ UNIVERSITARIO en el respectivo Centro de Formación Educativa. El Centro de Formación Educativa supervisará al APRENDIZ UNIVERSITARIO en la Empresa, para que sus actividades en el periodo práctico corresponden al programa de la especialidad para la cual se esté formando.

**QUINTA.- Cese de Actividades.-** Cuando se presente un cese legal de actividades en la Empresa que no permita desarrollar la formación del APRENDIZ UNIVERSITARIO en su fase práctica, se suspenderá el presente contrato hasta que se termine el cese legal de actividades en la Empresa y se den las condiciones para que el APRENDIZ UNIVERSITARIO continúe con el desarrollo de su actividad en virtud del cumplimiento de la fase práctica de formación.

**SEXTA.- Terminación.** El presente Contrato podrá darse por terminado en los siguientes casos:

- Por mutuo acuerdo entre las partes.
- Por el vencimiento del término de duración del presente contrato.
- Por la cancelación de la matrícula por parte de la Centro de Formación Educativa de acuerdo con el reglamento previsto para los Alumnos.
- Por el bajo rendimiento o las faltas disciplinarias cometidas en los periodos de Formación Profesional Integral en el Centro de Formación Educativa o en la Empresa, cuando a pesar de los requerimientos de la Empresa o del Centro de Formación Educativa, no se corrijan en un plazo razonable. Cuando la decisión la tome la Empresa, informará previamente al Centro de Formación Educativa.
- Por el incumplimiento de las obligaciones previstas para cada una de las partes.

**SEPTIMA. -- Interrupción temporal:** El presente Contrato podrá interrumpirse temporalmente en los siguientes casos:

- Licencia de maternidad.
- Incapacidades debidamente certificadas.
- Caso fortuito o fuerza mayor de conformidad con las definiciones contenidas en el Código Civil.
- Vacaciones por parte del empleador, siempre y cuando el aprendiz se encuentre desarrollando la etapa práctica (acuerdo No. 00015 DE 2003 del Sena).

**OCTAVA- Relación Laboral.** El presente contrato no implica relación laboral alguna entre las partes, y su contenido se regirá por el Artículo 30 y s.s. de la Ley 789 de 2002 y el Decreto reglamentario 933 de 2003 y 2858 de 2003.


**Declaración Juramentada.** El APRENDIZ UNIVERSITARIO declara bajo la gravedad de juramento que no se encuentra ni ha estado vinculada con la empresa o con otras empresas en una relación de aprendizaje. Así mismo, declara que no se encuentra ni ha estado vinculado mediante una relación laboral con la EMPRESA.

Para constancia se firma en Medellín a los 14 días del mes de **ENERO** de dos mil catorce (2014)


\_\_\_\_\_  
LA EMPRESA

  
\_\_\_\_\_  
EL APRENDIZ UNIVERSITARIO

  
\_\_\_\_\_  
EL TESTIGO

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

## SEGUIMIENTO ITM

 Institución Universitaria	<b>GUIA No. 1 FUNCIONES O COMPETENCIAS DE DESEMPEÑO</b>	Código	FDE 074
		Versión	03
		Fecha	2013-09-12

### PRÁCTICA PROFESIONAL Evaluación diligenciada por la empresa

<b>MODALIDAD:</b>			
Práctica Empresarial	<input type="checkbox"/>	Práctica Laboratorio	<input type="checkbox"/>
Contrato de Aprendizaje	<input checked="" type="checkbox"/>	Práctica Social	<input type="checkbox"/>

Nombres y apellidos: <u>Cristian Germán Viera</u>	
Cédula: <u>1.036.842.546</u>	Carné: <u>13117003</u>
Teléfonos: <u>5862223</u> <u>31-49236-92</u>	
Programa: <u>INGENIERIA ELECTRICA</u>	
Inicio del contrato: <u>20 DICIEMBRE 2014</u>	Terminación de contrato: <u>19 ENERO 2015</u>
Empresa: <u>EMPRESA PUBLICAS (QUELLIJA) (EPM)</u> Sector Productivo: _____	
Dirección: <u>CMG S.A #139 - M1</u>	Teléfono: <u>320 81 32</u>
Coordinador en la empresa: <u>JUAN DAVID GRANADA</u>	Cargo: <u>PROFESOR TECNICO ELECTRICIDAD</u>
E-Mail: <u>Juan.Granada@epm.com.co</u>	Fecha: _____
Total horas semanales en la empresa: <u>45</u>	

Diligencie el siguiente campo con una de las dos opciones:

<p><b>A. Información del tecnólogo:</b> Funciones y/o actividades asignadas por la empresa: al estudiante</p> <p><b>B. Información del Ingeniero:</b> Resumen ejecutivo: (Es un breve análisis de los aspectos más importantes del proyecto, describe el producto o servicio y sus beneficiarios, el contexto, los resultados esperados, las necesidades de financiamiento y las conclusiones generales.)</p>
<p><u>ESTANDARIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LOS MODELOS VALIDADOS DE LOS SISTEMAS DE CONTROL ASOCIADOS A LAS UNIDADES DE GENERACIÓN DE EPM, COMO OBJETIVO ES DEFINIR UNA ESTRUCTURA GENERAL PARA LOS MODELOS VALIDADOS EN PLANTAS DE LOS SISTEMAS DE CONTROL DE TENSION Y VELOCIDAD ASOCIADO A LAS UNIDADES DE GENERACIÓN DE EPM, TANTO PARA PLANTAS TÉRMICAS COMO PARA PLANTAS HIDRÁULICAS.</u></p>

Nota: Entregar a los 8 días


Firmas:


Juan David Granada  
Coordinador en la empresa

Cristian German Viera  
Estudiante

RUBEN I. JADALTE  
Prácticas profesionales ITM



 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

 Institución Universitaria	<b>GUIA No.2 SEGUIMIENTO A LOS ESTUDIANTES DE LA PRACTICA PROFESIONAL</b>	Código	FDE 075
		Versión	03
		Fecha	2013-09-12

**Evaluación diligenciada por la empresa**

**MODALIDAD DE PRÁCTICA PROFESIONAL:**

Práctica Empresarial  Práctica Laboratorio  Contrato de Aprendizaje   
 Práctica Social

**Nombres y apellidos:** CRISTIAN CAMILO GUERRA VIEIRA

**Programa:** INGENIERIA ELECTRONICA

**Empresa:** EPI **Fecha:** FEBRERO 2014

Para el ITM es de gran importancia el proceso de formación integral, igualmente la valoración que ustedes como empresa realicen sobre el desempeño de los estudiantes que participan en la dinámica empresarial.

Valore con las siguientes categorías los factores enunciados:


E = EXCELENTE, B = BUENO, A = ACEPTABLE, D = DEFICIENTE, NE = NO EVALUABLE


FACTORES A EVALUAR					
Saber Ser					
	E	B	A	D	NE
Pensamiento crítico		X			
Interés, motivación y compromiso con la práctica	X				
Proactividad y creatividad en su puesto de trabajo	X				
Comunicación asertiva		X			
Puntualidad y cumplimiento	X				
Presentación personal	X				
Adaptabilidad al puesto de trabajo	X				
Respeto por los demás	X				
Saber Disciplinar					
Conocimientos básicos del programa a aplicar	X				
Autonomía		X			
Deseo y capacidad de actualizar sus conocimientos	X				
Capacidad de investigación y aplicación al puesto de trabajo		X			
Manejo de los aplicativos internos de su puesto de trabajo	X				
Diseña estrategias para el mejoramiento de los procesos		X			
Conoce y comprende la normatividad de los procesos empresariales	X				
Saber hacer					
Habilidad y flexibilidad para aceptar los cambios internos de la Organización	X				
Comprende e interpreta las observaciones realizadas por el jefe inmediato para llevar a cabo las funciones	X				
Recursividad		X			
Calidad del trabajo realizado	X				
Capacidad de trabajo en equipo		X			
Responsabilidad en las tareas encomendadas	X				

Juan David Parra  
 Coordinador en la empresa

RUBELI ZABALA  
 Prácticas Profesionales ITM

Entregar al mes

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

 Institución Universitaria	<b>GUIA No.3 EVALUACIÓN DEL ESTUDIANTE EN SU PRACTICA PROFESIONAL</b>	Código	FDE 076
		Versión	02
		Fecha	2012-07-25

**Evaluación diligenciada por el Estudiante**

**MODALIDAD DE PRÁCTICA PROFESIONAL**

Práctica Empresarial  Práctica Laboratorio  Contrato de Aprendizaje   
 Práctica Social

Nombres y apellidos: Cristian Camilo Guerrero Vieira

Teléfonos: 3014473682 586-22-23

Programa: INGENIERIA ELECTRONICA

Nombre de la empresa: EMPRESAS PUBLICAS DE MEDELLIN

Dirección: Carrera 35 # 40b-94 Teléfono: 4412914

Para fortalecer el proceso de aprendizaje interinstitucional (EMPRESA - ITM), le solicitamos a usted como estudiante su aporte sobre los siguientes aspectos:

E = EXCELENTE, B = BUENO, A = ACEPTABLE, D = DEFICIENTE

Como contribuye la práctica profesional a la construcción de su proyecto de vida para:

ITEMS	E	B	A	D
Su desarrollo como persona	X			
Su proyección a futuro	X			
Fortalece sus relaciones interpersonales	X			

Como contribuye la práctica en su formación profesional en cuanto a:

ITEMS	E	B	A	D
Fortalece el desarrollo de sus competencias y el objeto de su formación profesional	X			
Aplica sus conocimientos profesionales durante la realización de la práctica	X			
Las prácticas profesionales fortalecen las actitudes y aptitudes personales para actuar en el entorno laboral	X			
Al finalizar su experiencia empresarial, considera que cumplió los objetivos	X			


FIRMA DEL ESTUDIANTE 


Fecha ABRIL 2014

PDU  
LUIS ZADACHA

Entregar a los 3 meses



 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

 Institución Universitaria	<b>Guía No. 4 EVALUACIÓN FINAL DE LA PRÁCTICA PROFESIONAL</b>	Código	FDE 077
		Versión	03
		Fecha	2013-09-12

**Evaluación diligenciada por la empresa**

**MODALIDAD DE PRÁCTICA PROFESIONAL**

Práctica Empresarial  Práctica Laboratorio  Contrato de Aprendizaje   
 Práctica Social

**Nombres y apellidos:** Cristian Camilo Guzmán Vieira

**Programa:** Ingeniería Electrónica


**Empresa:** EPM **Fecha:** 16/01/2015

Solicitamos a usted evaluar en forma objetiva las funciones y actividades del practicante para determinar su avance en la Empresa

<b>E: Excelente</b> Calificación 5.0	<b>B: Bueno</b> Calificación de 4.0 a 4.9	<b>A: Aceptable</b> Calificación de 3.0 a 3.9	<b>D: Deficiente</b> Calificación de 1.0 a 2.9	<b>NE: No Evaluable</b>
---	--	--	---	-------------------------

Seleccionar con una X

FACTORES A EVALUAR					
Saber Ser					
	E	B	A	D	NE
Pensamiento crítico		X			
Interés, motivación y compromiso con la práctica	X				
Proactividad y creatividad en su puesto de trabajo		X			
Comunicación asertiva		X			
Puntualidad y cumplimiento	X				
Presentación personal	X				
Adaptabilidad al puesto de trabajo	X				
Respeto por los demás	X				
Saber Disciplinar					
Conocimientos básicos del programa a aplicar		X			
Deseo y capacidad de actualizar sus conocimientos	X				
Autonomía		X			
Capacidad de investigación y aplicación al puesto de trabajo		X			
Manejo de los aplicativos internos de su puesto de trabajo	X				
Diseña estrategias para el mejoramiento de los procesos		X			
Conoce y comprende la normatividad de los procesos empresariales	X				
Saber hacer					
Habilidad y flexibilidad para aceptar los cambios internos de la Organización	X				
Comprende e interpreta las observaciones realizadas por el jefe inmediato para llevar a cabo las funciones	X				

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

 Institución Universitaria	<b>Guía No. 4 EVALUACIÓN FINAL DE LA PRÁCTICA PROFESIONAL</b>	Código	FDE 077
		Versión	03
		Fecha	2013-09-12

Recursividad		X		
Calidad del trabajo realizado		X		
Capacidad de trabajo en equipo	X			
Responsabilidad en las tareas encomendadas	X			

**EVALUACION FINAL:** Evalúe de (1 a 5), el desarrollo final de experiencia realizada por el aprendiz durante el período laborado en la empresa. (Véase escala de valoración definida en la parte superior)

CALIFICACIÓN	
NÚMERO	LETRAS
4.5	B

Observaciones y Sugerencias para complementar la formación del programa académico al cual pertenece el estudiante

Desarrollar competencias en la comunicación escrita y verbal, para lograr comunicar las ideas de una forma más clara y precisa.

*Juan David García L.*

Coordinador en la empresa

*LUBELI ZBACER.*

Prácticas Profesionales ITM

### Nota:

Esta evaluación debe ser entregada a la Oficina de Prácticas un mes antes de finalizar la experiencia en la empresa.	Solicite en la empresa una carta con la constancia de la realización de Prácticas indicando fecha de iniciación y finalización.
--	---

**El ITM agradece a la empresa la acogida que les brindaron a nuestros estudiantes en el proceso de formación integral. Además ustedes contribuyeron en la proyección de nuestros jóvenes para actuar con autonomía académica y reconocer la trascendencia de la vida y el trabajo.**