

PASANTÍA EN LA CENTRAL TERMOELÉCTRICA DE PAIPA: APOYO A LA UNIDAD DE
PRODUCCIÓN Y UNIDAD ADMINISTRATIVA

JUAN SEBASTIAN CALDERON PIÑEROS

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS SECCIONAL TUNJA
FAULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
PROYECTO DE PASANTÍA
TUNJA
2015

PASANTÍA EN LA CENTRAL TERMOELÉCTRICA DE PAIPA: APOYO A LA UNIDAD DE
PRODUCCIÓN Y UNIDAD ADMINISTRATIVA

JUAN SEBASTIAN CALDERON PIÑEROS

Informe de trabajo de pasantía para optar al título de
INGENIERO ELECTRÓNICO

Tutor de la práctica:
Ing. W. Fabián Chaparro.

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS SECCIONAL TUNJA
FAULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
PROYECTO DE PASANTÍA
TUNJA
2015

“Las ideas expuestas en este trabajo
Son de autoría del estudiante.
No reflejan la opinión del jurado,
Del tutor ni de los directivos de
La universidad”

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma tutor de la práctica Ing. W. Fabián Chaparro

Firma Ing. Jurado 1

Firma Ing. Jurado 2.

Tunja, mayo de 2015

DEDICATORIA

Cuando hubo tornado los ojos al sol limpiándome el polvo de la guerrera; después de que me hube vendado las heridas y ceñido el cinturón; después que me hube elevado por encima de las copas de los árboles y hube avizorado las mustias cumbres que parecían ya tan pequeñas, comprendí que me había alzado hasta la cúspide de mi vida, y que por tanto debía abrazar la estación del presente y despojarme del viejo plumaje.

No puedo más que dedicar estas modestas líneas, tras un largo periodo de espera, al ser humano sin cuya presencia, fuerza y humanidad en general, jamás hubiera podido llegar hasta este punto: a Stella, mi madre, la que me enseñó a luchar y me instruyó en la estrategia, pero no me entregó las armas, me dejó para que la vida misma lo hiciera, otorgándome un mérito mayor a aquel de simplemente recibir una herramienta. A ella, quién me enseñó a levantarme cuando hubiere caído; a renacer de las cenizas y retirarme el viejo plumaje cuando el de otrora ya estuviera ennegrecido; a ella quién dio su vida, tiempo, recursos, vitalidad a las causas de los menos favorecidos; a ella, quien desde la dimensión suprasensible guía mis pasos y me recuerda el poder de la evolución y el amor. A mi abuela María Teresa, de quien Stella aprendería el bellissimo arte de la política y la ayuda al prójimo; a ella, quien sin importar el cansancio, las dificultades o la enfermedad, ha velado por mi bienestar y enseñanza, cual si fuera uno más de sus hijos; a ella, quien ha prodigado el más entrañable apoyo familiar y no ha dudado un solo segundo para abrir sus brazos a todas mis decisiones. A Laura, aquella mujer que se ha convertido en un sol que ha alumbrado de noche y de día, a quien profeso mi más sincera devoción, respeto y admiración, quien me ha recordado el poder infinito del amor y ha derramado su bálsamo curativo sobre mí. A ella, quien se ha convertido en faro, estandarte y adarga, en los estocásticos avatares de la vida; a ella por ser un tesoro al final del arcoíris; por ser una Euterpe, Talía o Terpsícore; por todo su apoyo, amor y humanidad.

A mis familiares; a mis amigos que considero hermanos, por sus correcciones, cariño, desvaríos, desparpajo, convicciones y apoyo en general; a la familia de Gensa y Sintraelecol.

Al universo, la vida, el porvenir y a los dioses de mis padres, dedico este trabajo de pasantía.

AGRADECIMIENTOS

El autor del presente informe de trabajo de pasantía extiende un fervientemente y sincero agradecimiento a todos y cada uno de los miembros de la familia Gensa S.A E.S.P, en especial, a todos aquellos miembros de la Central Termoeléctrica de Paipa, por su precisa enseñanza, su infalible corrección, su inigualable camaradería, y en general, su incondicional apoyo para que el presente trabajo pudiera llevarse a cabo.

Al Ingeniero W. Fabián Chaparro por su profesional, empero a la vez abnegado acompañamiento y dirección del presente trabajo de pasantía.

Al Presidente de Gensa, Ingeniero Orlando Micolta Gonzalez, por la oportunidad brindada al autor de ingresar y hacer parte de tan maravillosa familia.

Al Director Administrativo, de Talento Humano y Tecnología, Doctor Omar Eliud Nova Henao, a quien considero mi hermano y amigo, por su apoyo incondicional durante todos los momentos de mi presencia en Gensa.

Al ingeniero Gonzalo Araque Pinzón, Líder de División de Generación, por abrirme las puertas de Gensa, por su corrección, enseñanza y confianza.

A todos los compañeros, madres, padres, hermanos y amigos de Gensa y Sintralecol que no escatimaron esfuerzo alguno para abrirme su corazón y recibirme como pasante, compañero de trabajo y amigo.

Ruego al universo que desborde, sobre los límites de su generosidad, las más variadas dádivas sobre la organización, sus directivos y colaboradores, en general, a todos sus hombres y mujeres, su nervio y corazón. ¡Que la vida retribuya a todos ellos, los buenos oficios prodigados a este servidor!

TABLA DE CONTENIDO

GLOSARIO	8
RESUMEN	12
PRÓLOGO	13
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTOS DE LOS PROBLEMAS	18
2.1 FORMULACIÓN DE PREGUNTAS	18
2.2 DEFINICIÓN DE PROBLEMAS	19
3CAPÍTULO II: OBJETIVOS Y MARCO TEÓRICO.....	53
3.1 OBJETIVOS	53
3.2 MARCO TEÓRICO	54
3.2.1 Ciclo de vapor de Rankine	54
3.2.2 COMBUSTIÓN.....	59
3.2.3 PRESIÓN	60
3.2.4 TIPOS DE TRANSMISORES DE PRESIÓN	61
3.2.4.1 Mecánicos	61
3.2.4.2 Neumáticos.	62
3.2.4.3 Electromecánicos	64
3.2.5 SENSORES DE TEMPERATURA	67
3.2.6 SENSORES DE NIVEL	71
3.2.7 MEDIDORES DE CAUDAL	78
3.3 MARCO CONCEPTUAL	85
3.3.1 CICLO DE RANKINE REGENERATIVO DE TERMOPAIPA.	85
3.3.2 INSTRUMENTACIÓN	89
3.3.3 COMBUSTIÓN CALDERA TERMOPAIPA	94
3.3.4 SUBESTACIÓN Y DIAGRAMA UNIFILAR TERMOPAIPA.	100
3.3.5 PROCESO ADMINISTRATIVO DE COMPRAS TERMOPAIPA	103
3 CAP III: METODOLOGÍA	107
4.1 HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN	107
4.2 VARIABLES E INDICADORES.	107
4.3 UNIVERSO DE INVESTIGACIÓN.....	108
4.4 NOMBRES DE LAS PERSONAS QUE PARTICIPAN EN EL PROCESO	108
4.5 FACTIBILIDAD Y RECURSOS DISPONIBLES.....	109
4.5.1 Factibilidad:	109
4.5.2 Recursos disponibles:	109
54. CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y OTROS APORTES DERIVADOS DEL TRABAJO.....	111
5.1 RESULTADOS	111
5.2 APORTES DERIVADOS DEL TRABAJO	117
5. CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	118
6.1 CONCLUSIONES	118
6.2 RECOMENDACIONES.....	120
BIBLIOGRAFÍA	121121

TABLA DE IMÁGENES

Imagen 1	Planilla de operación, caldera, unidad e producción. Termopaipa	19	
Imagen 2	Alimentadores de ceniza Termopaipa.	21	
Imagen 3	Traducción manual silo de ceniza Termopaipa	21	
Imagen 4	Calibración aires secundarios unidad I y III.	22	
Imagen 5	Sistema de transporte de ceniza Termopaipa	23	
Imagen 6	Transmisor Rosemount	24	
Imagen 7	Techo de silo de ceniza Termopaipa.....	28	
Imagen 8	Cotización empresa Automatización S.A.....	29	
Imagen 9	Cotización empresa Instrumatic S.A.....	30	
Imagen 10	Cotización empresa Master Controls LTDA.	31	
Imagen 11	Portada informe siniestro cargador.....	32	
Imagen 12	Llanta de cargador afectada	33	
Imagen 13	Patrón del daño y mediciones llanta de cargador afectada.....	33	
Imagen 14	Conclusión informe siniestro cargador	33	
Imagen 15	Cotización Agroindustriales Cañaveralejo.....	34	
Imagen 16	Solicitud interna de pedido formato FTP-016.....	34	
Imagen 17	Cotización Ivertec.	35	
Imagen 18	Cotización Setefer Ltda.....	36	
Imagen 19	Housing tarjeta electrónica.....	37	
Imagen 20	Tarjeta electrónica D 984 - 0577	37	
Imagen 21	Placa de características Sensor de nivel.	43	
Imagen 22	Cuerpo del sensor magneto restrictivo	44	
Imagen 23	Electroválvula para desalojo de condensado.....	44	
Imagen 24	Electroválvula vista superior	Imagen 25 electroválvula vista lateral	45
Imagen 26	Fotocelda detectora de llama calderas 2 y 3 de Termopaipa.....	46	
Imagen 27	Verificación switch de presión	47	
Imagen 28	Modulo de presión 700PDT	48	
Imagen 29	Switch de presión circular.....	48	
Imagen 30	Manómetro patrón y peso muerto	49	
Imagen 31	Termómetros industriales. Fuente: internet.....	50	
Imagen 32	Calibrador Fluke 754	51	
Imagen 33	Módulo generador de altas presiones Fluke 700HTP1	51	
Imagen 34	Manómetro patrón	Imagen 35 Generador de presión (Max 2 kg/cm²)	52
Imagen 36	Comunicador de campo Hart 754	52	
Imagen 37	Tipos de sello.	62	
Imagen 38	Sistema tobera-obturador.	62	
Imagen 39	Válvula piloto con realimentación.	63	
Imagen 40	Transmisor de equilibrio de movimientos.....	63	
Imagen 41	Transmisor de equilibrio de fuerzas.....	63	
Imagen 42	Transmisor de equilibrio de momentos.....	63	
Imagen 43	Transmisor de presión resistivo	64	
Imagen 44	Transmisor de presión de inductancia variable.	65	
Imagen 45	Transmisor de presión de inductancia variable.	65	
Imagen 46	Transmisor de presión principio capacitivo.	66	
Imagen 47	Transmisor de presión principio extensiométrico.	66	
Imagen 48	Transmisor de presión principio piezoeléctrico.	67	
Imagen 49	Transmisor electrónico basado en principio capacitivo.	67	
Imagen 50	Termómetro de vidrio.....	68	
Imagen 51	Termómetro bimetálico.....	68	

Pasantía en la Central Termoeléctrica de Paipa: apoyo a la unidad de producción y unidad administrativa

Imagen 52	Termómetro de bulbo y capilar..	69
Imagen 53	Termómetro de bulbo y capilar, actuado por gas..	69
Imagen 54	Tipos de sonda de resistencia..	70
Imagen 55	Configuraciones de sondas de resistencia para distintos hilos..	70
Imagen 56	Termopar elemental.....	71
Imagen 57	Elementos para medición de nivel.	72
Imagen 58	Elemento para medición de nivel del tipo flotador..	73
Imagen 59	Elemento para medición de nivel del tipo burbujeo.....	74
Imagen 60	Elemento para medición de nivel de presión diferencial.	75
Imagen 61	Elemento para medición de nivel de presión diferencial.	76
Imagen 62	Elemento para medición de nivel con ultrasonido.	77
Imagen 63	Tipos de placas de orificio..	78
Imagen 64	Tubo Venturi.....	79
Imagen 65	Tubo Pitot.....	79
Imagen 66	Tubo Annubar.....	80
Imagen 67	Transmisor de fuelle.....	80
Imagen 68	Rotámetro.....	81
Imagen 69	Medidor ultrasónico.	82
Imagen 70	Medidor de disco oscilante.	83
Imagen 71	Medidor de fuerza de Coriolis.	84
Imagen 72	Ciclo de Rankine regenerativo Termopaipa.	85
Imagen 73	Condensador unidad 1 Termopaipa.....	88
Imagen 74	Motobomba de condensado unidad 2 Termopaipa.....	88
Imagen 75	Recalentador R2 Termopaipa.....	88
Imagen 76	Motobomba agua de alimentación Termopaipa	88
Imagen 77	Turbina unidad 2 Termopaipa	89
Imagen 78	Manómetro de doble escala. Termopaipa.....	89
Imagen 79	Manómetro diferencial. Estación de bombeo de ACPM. Termopaipa.....	90
Imagen 80	Manómetro. Estación de regulación de ACPM. Termopaipa.....	90
Imagen 81	Termocuplas turbina unidad 1 Termopaipa.	91
Imagen 82	Transmisor de temperatura Termopaipa.....	91
Imagen 83	Termocupla con indicador Termopaipa.	91
Imagen 84	Termómetro de columna de alcohol Termopaipa	92
Imagen 85	Transmisor neumático de nivel Termopaipa	92
Imagen 86	Transmisor de nivel, domo caldera unidad 1 Termopaipa.....	93
Imagen 87	Nivel de electrodos, domo superior caldera unidad 2 Termopaipa.	93
Imagen 88	Transmisor de flujo neumático unidad 1 Termopaipa.	94
Imagen 89	Central Termopaipa con patio de carbón. Fuente: www.gensa.com.co	95
Imagen 90	Triturador de carbón Termopaipa	96
Imagen 91	Triturador de carbón con martillos a la vista Termopaipa.....	96
Imagen 92	Banda transportadora de carbón T24 Termopaipa	96
Imagen 93	Alimentador de carbón Termopaipa	96
Imagen 94	Pulverizador de carbón Termopaipa.....	97
Imagen 95	Apariencia de las llamas en una configuración cilíndrica.	98
Imagen 96	Ventilador de aire primario 2, unidad 3 Termopaipa.....	99
Imagen 97	Quemador e ignitor unidad 2 Termopaipa.....	99
Imagen 98	Bahía de 115.000 V, unidad 3 Termopaipa.....	101
Imagen 99	Diagrama unifilar unidades 1, 2 y 3. Termopaipa	101
Imagen 100	Tres transformadores monofásicos de la unidad 1 Termopaipa	102
Imagen 101	Transmisores de presión para monitoreo sistema de transporte de ceniza	111
Imagen 102	Lugar de instalación de transmisor de presión unidad 3	112

Pasantía en la Central Termoeléctrica de Paipa: apoyo a la unidad de producción y unidad administrativa

Imagen 103	Lugar de instalación de transmisor de presión unidad 3	112
Imagen 104	Ubicación transmisor sistema de transporte de ceniza unidad 1	113
Imagen 105	Transmisor de presión para sistema de transporte de ceniza unidad 1	113
Imagen 106	Facilidad mecánica transmisor de nivel techo silo.....	114
Imagen 107	Selección de equipo infom@nte.	115
Imagen 108	Diligenciamiento de campos de la solicitud de trabajo	115
Imagen 109	Desarme de una válvula tipo Saunders	116
Imagen 110	Reconocimiento y mantenimiento de sensor de opacidad en chimenea de la unidad 2	116
Imagen 111	Posicionador electrónico damper de aire caliente	116
Imagen 112	Formato de requisición virtual	117

GLOSARIO

CDP: Certificado de disponibilidad presupuestal. Erogación especial del presupuesto en las entidades públicas.

DAMPER: restricción mecánica el paso de flujo de aire. Compuertas controlables.

DERRATEAR: disminuir la potencia eléctrica que es capaz de producir un generador, por debajo de su capacidad total.

ENTALPÍA: en física constituye la magnitud termodinámica de un cuerpo físico o material equivalente a la suma de su energía interna más el producto de su volumen por la presión exterior.

ISENTRÓPICO: Conocido también como isoentrópico. Cuya entropía es la misma en todos los puntos.

PPA: Power Purchase Agreement. Tipo de contrato de venta de energía mayorista a largo plazo.

SBT: en Termopaipa, sobrecalentador de baja temperatura.

SIN: Sistema de interconectado nacional. Entramado de todos los circuitos eléctricos de interconexión a nivel nacional.

SHT: en Termopaipa, sobrecalentador de baja temperatura.

RESUMEN

La práctica **“Pasantía en la Central Termoeléctrica de Paipa: apoyo a la unidad de producción y unidad administrativa”** se conforma de tres partes: una familiarización con los equipos y procedimiento de la central desde la perspectiva de la unidad de producción y su oficina de ingenieros de turno. Dentro de esta primera etapa, el pasante tuvo la oportunidad de diseñar metodologías para la implementación de un sistema de monitoreo de presiones en el sistema de transporte de ceniza, así como la medición de nivel del silo de ceniza.

Por otra parte, consta de una pequeña estadía en el taller de instrumentos, donde el pasante reconoció los equipos, procedimientos, variables y demás conceptos propios de la instrumentación industrial. Cabe resaltar que dicha estadía fue voluntaria, programada y fijada por el estudiante de ingeniería electrónica. Dentro de las actividades llevadas a cabo por el pasante, se cuentan las verificaciones de instrumentos, calibración y ajuste, limpieza y mantenimiento general.

Finalmente, la práctica tuvo un componente administrativo en el que se tuvo la oportunidad de incursionar aportar conocimientos, así como aprender lo propio frente a la gestión de requisiciones de bienes y servicios, compras, presupuesto, relación con proveedores, gestión documental y contractual, elaboración y rendición de informes y demás contenidos propios del área administrativa de una empresa de generación.

PRÓLOGO

El presente trabajo de pasantía constituye la opción de grado del estudiante Juan Sebastian Calderón Piñeros, quien cursó la respectiva para optar al título de Ingeniero electrónico. El lugar de pasantía fue seleccionado teniendo en cuenta las expectativas, fortalezas y gustos del estudiante, quien encontró, en un entorno de generación de energía eléctrica basado en la combustión del carbón, un nicho fundamental para el aprendizaje y reforzamiento de los conceptos propios de la malla curricular estudiada.

Por otra parte, la presente práctica gozó de un carácter secuencial y que tuvo por finalidad la interacción con tres departamentos como lo constituyeron el área de instrumentación, la unidad de producción y el área administrativa, en especial, compras.

La suscrita práctica no debe interpretarse como la implementación de uno, o unos proyectos en particular, sino como toda una estructura que de manera interrelacionada permitió que el estudiante de ingeniería electrónica, adquiriera y reforzara conocimientos en distintas áreas del conocimiento, así como competencias humanas, disciplina y reglas laborales de distinta índole.

Por tanto, si no se lee la presente práctica como tal, se caerá en el vicio de evaluar la experiencia únicamente en función de los productos tangibles, cuando lo que se rescata de esta es el aprendizaje y la incursión en las distintas áreas de la empresa.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de pasantía tiene como eje central el apoyo a la Unidad de Producción y la Unidad Administrativa. En este primer aspecto, se intervino en el diseño de un sistema para monitorear y registrar las presiones en el sistema de transporte de ceniza volátil de la Central Termoeléctrica de Paipa en unidades I, II y III; Para esto, se precisa conocer la generalidad, y posteriores minucias, del proceso de combustión (parámetros, variables y problemáticas en caldera) y generación (turbina – generador).

En lo referente a la segunda etapa de la práctica profesional, se considera la familiarización con aspectos administrativos propios de la gestión de requisiciones, materializadas en el apoyo técnico al departamento de compras, suministrando criterios que permitan depurar y optimizar el proceso de contratación de compra de bienes y servicios. Es de resaltar que el presente trabajo de pasantía cuenta con una estructura cronológica secuencial, cuyas etapas se mencionan a continuación:

La primera etapa se caracterizó por la familiarización con los equipos y procedimientos de la central. Durante esta primera etapa, fue preciso profundizar en los pormenores del proceso de generación, comenzando por los sistemas de caldera y sus auxiliares, turbina y sus auxiliares, generador y auxiliares, circuitos de agua, aceite de sellos, manejo de carbón, manejo de cenizas, aspectos ambientales, etc.

En segundo término, posterior a la mencionada familiarización, se tuvo la oportunidad de interactuar con los procedimientos propios de la Unidad de Producción, como lo constituyen, el análisis de parámetros de caldera y gráficas de tendencias de éstos, caracterización y calibración de aires secundarios, diseño de mejoras para el sistema de transporte de ceniza y el silo de almacenaje de este subproducto, apertura de órdenes de trabajo, diligenciamiento de informe de operación, entre otros.

Como tercera etapa, se interactuó de manera directa con el taller de instrumentación, afianzando en este departamento, de la Central Termoeléctrica de Paipa, sus conocimientos en torno a la instrumentación en lo que a caracterización de los tipos de sensores, sus rangos de medida, sus errores, sus procedimientos de calibración respecta. Esta etapa constituye, sin lugar a dudas, el

aporte más significativo, en lo referente a materialización de los contenidos estudiados en la malla curricular. De esta etapa debe mencionarse el hecho de que se intervino en campo directamente y se tuvo contacto de primera mano con los aspectos operativos de Termopaipa.

De manera subsecuente, y tras un periodo de trabajo en el área operativa, el pasante universitario concurrió al área administrativa donde, finalmente, se cursaría la última etapa del trabajo de práctica. Ésta consistió en la indagación acerca de los aspectos administrativos que, indubitadamente, están íntimamente relacionados con los operativos. Ejemplo de lo anterior lo constituye el hecho de contar con necesidades operativas que, en muchos casos, se convierten en requerimientos para contratar el suministro de algún repuesto o servicio.

En razón a lo anterior, se consideró que el presente trabajo de pasantía debía contar con un componente correspondiente a la gestión administrativa que el Ingeniero Electrónico Tomasino, en su formación, está en capacidad de asumir y que puede nutrir de manera técnica y científica.

JUSTIFICACIÓN

La imperiosa necesidad de religar las diferentes disciplinas del conocimiento, en aras de optimizar las operaciones y el funcionamiento de una empresa del estado encargada de abastecer la demanda energética de la región, se materializa por medio del presente trabajo de pasantía. En éste, se pone de manifiesto el rol decisivo que puede llegar desempeñar la ingeniería tanto en el nivel operativo como en el administrativo. La presente pasantía tiene como piedra angular la amalgama que forman el apoyo general a la Unidad de Producción de la Central Termoeléctrica de Paipa y el apoyo a la Unidad Administrativa en lo correspondiente al área de compras.

Como primera medida, en lo concerniente al trabajo de apoyo a la Unidad de Producción, se considera imprescindible el visualizar y monitorear las diferentes variables y parámetros que tienen lugar en la Central. Esto, considerando la interminable tarea con que se cuenta al momento de corregir, prevenir, predecir y operar las etapas y los dispositivos que participan en el complejo proceso de generación eléctrica. Simultaneo a esto, los esfuerzos administrativos y de ingeniería para fortalecer estos aspectos revisten una trascendencia mayúscula. Por demás está decir que refinar los mecanismos empleados para la gestión de emisiones al ambiente constituye una tarea inagotable al momento de diseñar e implementar los sistemas de transporte y almacenamiento de ceniza en las plantas térmicas.

En el caso particular de la Central Eléctrica de Paipa se debe mencionar que los problemas respecto del subproducto ceniza, acaparan la atención de gran parte del personal, en este caso, en lo concerniente a las líneas de transporte de ceniza que frecuentemente sufren atasco y dan lugar a demoras en la secuencia de vaciado y, por consiguiente, en todo el proceso de disposición final del subproducto. Cabe mencionar que igualmente indisponen fuerza de trabajo que bien pudiera estar atendiendo algún tipo de situaciones en otros procesos de la planta.

Por esto, la necesidad - originada en el día a día de la planta - de evidenciar en tiempo real lo ocurrido en este sistema de Termopaipa orientará los esfuerzos del pasante para lograr que en este respecto se puedan encontrar soluciones desde la ingeniería, en especial, la instrumentación. Así mismo, en razón a los quehaceres que el ingeniero de turno tiene a su cargo, surgen igualmente necesidades que el pasante puede encarar apelando a su formación profesional de pregrado, como

lo son, análisis de datos y elaboración de sus respectivas gráficas. Sumado a esto, la recolección diaria de datos, que constituye el insumo principal para el levantamiento del informe diario, ocupó igualmente el tiempo de la pasantía.

Adicionalmente, la formación holística del ingeniero tomasino le faculta, como en el caso particular, para conocer la legislación que rige la contratación pública, en especial, los procesos licitatorios y la generación de órdenes contractuales, sin soslayar el apoyo técnico con el que se pueden nutrir los departamentos con funciones administrativas encargados de esto. Por lo tanto, la presencia de una figura que pueda brindar claridad a las contrataciones de bienes y servicios es, en opinión del presente trabajo, inapelable. Concomitante con esta realidad, se cuenta con un desafío particular que constituye la asesoría técnica al proceso de compra y la gestión de requisiciones.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTOS DE LOS PROBLEMAS

1. PROBLEMA GENERAL

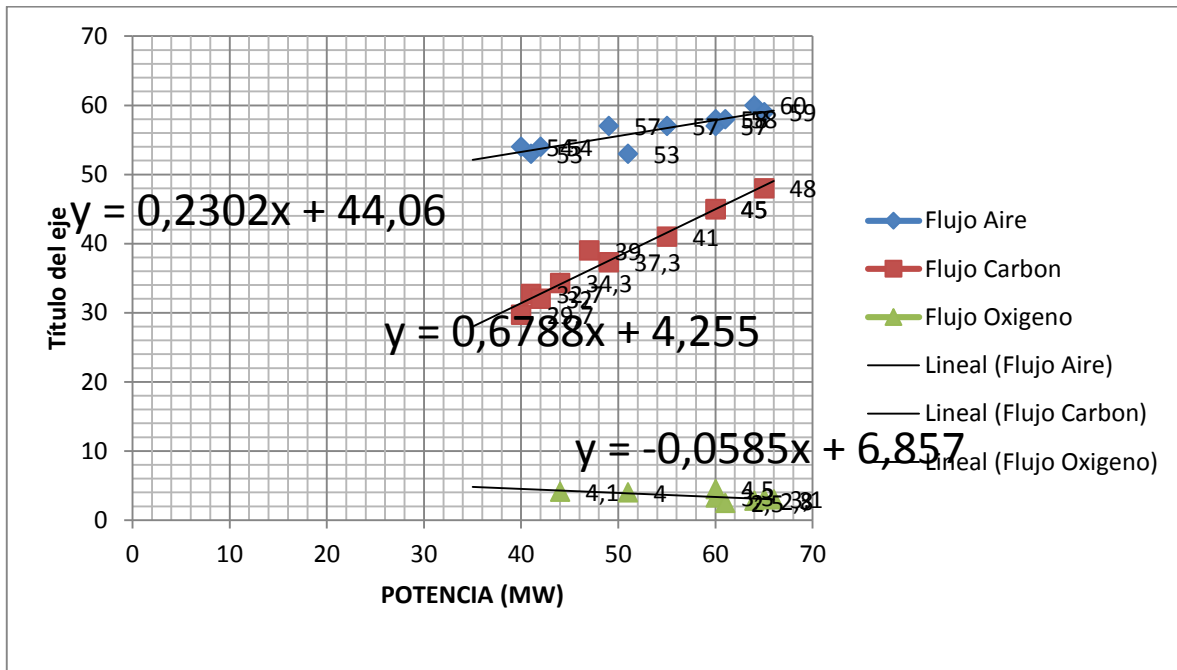
El problema general, que más adelante se desglosará en 4 problemas, de esta investigación se centra en la creación de un modelo de pasantía que abarque aspectos operativos y administrativos, en cuyo primer caso se resalten los temas correspondientes al proceso de producción e instrumentación, y en segundo caso, la aprehensión de conocimientos propios de la gestión administrativa, en especial del área de compras.

- ¿Qué estructura debe tener y de qué acciones debe constar la práctica universitaria para apoyar satisfactoriamente a la Unidades de Producción y Administrativa de la Central Termoeléctrica de Paipa?

3.1 FORMULACIÓN DE PREGUNTAS

- ¿Qué contenidos y conceptos deben abarcarse para conocer los pormenores del proceso de producción de Termopaipa?
- ¿Qué tipo de actividades puede llegar a realizar el pasante con el objetivo de beneficiar a la Unidad de Producción de Termopaipa?
- ¿A través de qué acciones se puede materializar el apoyo a la Unidad Administrativa de la central Termoeléctrica de Paipa, en especial al área de compras?
- ¿Qué actividades debe contemplar la familiarización con el taller de instrumentación en aras de afianzar los conocimientos obtenidos a través del proceso de formación académica?

Esto se llevó a cabo con el objetivo de graficar las curvas de tendencia de potencia (MW) contra parámetros como nivel de oxígeno en el hogar, presión del hogar, combustible consumido. Las curvas correspondientes a los parámetros de flujo de aire, consumo de carbón y nivel de oxígeno se detallan a continuación.



Gráfica 1 Regresión lineal parámetros caldera

Posteriormente, se procedió a realizar la regresión lineal de las mencionadas curvas con el objetivo de conseguir una función matemática que diera luces acerca de los valores indicados para lograr una óptima combustión.

▪ **Traducción de documentos técnicos:** Cabe mencionar que dentro de los documentos técnicos con los que cuenta la Central Termoeléctrica de Paipa se consideran los manuales de operación que los contratistas encargados de los montajes suministran a GENSA S.A una vez finalizado algún proceso contractual.

Uno de estos manuales lo constituye el manual para la construcción, operación y montaje del sistema de transporte de ceniza y construcción del silo, de la empresa United Conveyor Corporation. Del mencionado material, se colaboró con la Unidad de Producción para la traducción del inglés al español.

A continuación se adjuntan imágenes del manual y su correspondiente traducción:

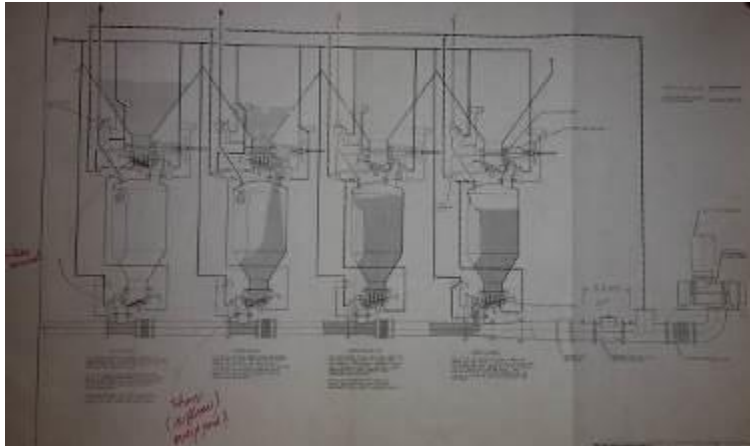


Imagen 2 Alimentadores de ceniza Termopaipa.

a. Reemplazo de platos difusores

Todas las superficies de montaje metálicas deben estar limpias y libres de óxido o escamas. Limpie todas estas superficies con un solvente totalmente evaporable.

- Aísle los difusores de la fuente de aire.
- Para los platos difusores cuadrados (propios de los difusores de silos) tenga en cuenta:
 - Remover el/los platos difusores.
 - Limpie las superficies de montaje metálico de la manera en que se describió anteriormente.
 - Aplique puntos continuos de 3/16" de diámetro de sellador alrededor de la superficie de montaje aproximadamente a 1/2" del borde de plato, limpie el exceso del punto de sellador.

IMPORTANTE: dentro de los 5 primeros minutos de la aplicación ubique los platos difusores en posición sobre los puntos de sellador y ejerza ligera presión sobre estos.

- Apriete firmemente los **dedos** de sujeción de la prensa.

2. MANEJO Y ALMACENAMIENTO

Es esencial que los elementos del silo de ceniza, su estructura de soporte y demás partes, como platos y ventiladores, sean almacenados de manera apropiada. Cualquier manejo inadecuado como colocación de cargas pesadas sobre la superficie de los elementos indicados puede ocasionar que el "encaje" de piezas no sea el más correcto.

3. PIEDRAS DIFUSORAS

Con el objetivo de mejorar el flujo de material fino, aire de baja presión se hace circular al plenum formado debajo de la superficie porosa de un plato difusor. El aire circula a través del plato difusor para airear el material. El índice de flujo del material aireado es normalmente mucho mayor que el de un material no aireado.

Los difusores se emplean en una gran variedad de aplicaciones. Las más comunes aplicaciones, entre otras son: silos y tolvas de ceniza volátil, alimentadores, separadores de operación continua y equipos de descarga en depósitos. Los platos difusores son frágiles, deben manejarse con cuidado para evitar rompimiento.

Imagen 3 Traducción manual silo de ceniza Termopaipa

- **Comparación de lecturas aires secundarios:** Considerando que los registros de aires secundarios y aires de piso de las calderas de la Central Termoeléctrica de Paipa, cuentan con valores de apertura cuyos porcentajes dependen de la lectura real en campo y la lectura del operador de caldera.

Tener certeza de la correspondencia entre la lectura real y la del operador de caldera (visualizada en el monitor del computador) permitiría realizar procedimientos de apertura o cierre de aires secundarios con un grado mayor de asertividad. Para esto, en varias ocasiones, se procedió a realizar el levantamiento del estado de aires secundarios. Una planilla que registrar el producto de tal operación se detalla a continuación:

		CENTRAL TERMOELÉCTRICA DE PAIPA			CODIGO	PTA-GEYSA	
		UNIDAD DE PRODUCCIÓN			VERSIÓN	01	
		CONTROL AIRE SECUNDARIO Y AIRE DE PISO U - I Y III			FECHA	27/07/2019	
		PÁGINA					1 DE 1
UNIDAD III - AIRE SECUNDARIO							
		IZQUIERDA		CENTRO		DERECHA	
PISO 1	CAMPO	48	55	60			
	OPERADOR	73	51	65			
PISO 2	CAMPO	53	58	50			
	OPERADOR	3	8	14			
PISO 3	CAMPO	75	40	60			
	OPERADOR	74	49	50			
PISO 4	CAMPO	40	53	50			
	OPERADOR	44	41	40			
UNIDAD I - AIRE DE PISO							
		M1	M3	IG	M2		
ESQUINA 1	CAMPO	6 1/2	4	2	31/2		
ESQUINA 2	CAMPO	6	4	2	4		
ESQUINA 3	CAMPO	4	4	2	4		
ESQUINA 4	CAMPO	5	4	2	4		
MOLINOS							
		M1	M2	M3			
		7/10	10/14	9/12			
		9	12	11			

Imagen 4 Calibración aires secundarios unidad I y III.

- **Diseño de una metodología para el registro de presiones de la tubería del sistema de transporte de ceniza de las 3 unidades de Termopaipa:** Es preciso considerar en este respecto la solución que se consideró para la problemática que se detalla a continuación:



Imagen 5 Sistema de transporte de ceniza Termopaipa

En este aparte, en particular, se debe considerar que la ceniza almacenada en las tolvas del precipitador electrostático ¹ se distribuye hacia los alimentadores de ceniza, los cuales, posterior a una secuencia de vaciado, vierten el contenido a una red de tubería de 16” que se encuentra presurizada por dos compresores y que finalmente direccionan la ceniza hacia el silo. En este punto en particular cabe resaltar que debido al hecho de que existe material en suspensión, dentro del flujo turbulento de la mezcla de aire y ceniza, es completamente lógico que se presenten acumulaciones de material a lo largo de la tubería, y que tras muchas horas de operación, se presente un atascamiento que bien podría estribar en una acción mecánica correctiva que implique golpear la tubería o los alimentadores hasta lograr el desatascamiento.

Sin embargo, cuando se desconoce el punto exacto de la falla ¿qué procedimiento se debe seguir en aras de realizar alguna acción correctiva? Actualmente, el operador de precipitador se ve en la necesidad de localizar “empíricamente” el atascamiento y proceder a golpear con un mazo de madera hasta solucionar el problema.

¹ Electrostatic Precipitator (ESP) Training Manual, Kenneth Parker and Norman Plaks

En lo que a solución respecta, en colaboración con el departamento de instrumentación de la Central, se sugirió la implementación de un sistema de monitoreo de presiones compuesto por transmisores de presión, fuente de voltaje DC (24 V), registrador y correspondiente cableado.

A continuación se detallan los elementos que intervienen en el problema:

Transmisores de presión:

Transmisor Rosemount de presión para sistema de transporte de la unidad 1



Imagen 6 Transmisor Rosemount

Este transmisor cuenta dos entradas de presión, de alta y baja, de las cuales solamente se pretende emplear la entrada de alta para el sensado de presión. Este transmisor cuenta con borneras para conexión de alimentación eléctrica y salidas de prueba.

Modelo: 1151-5E
Rango: 0 – 750 In H₂O
Precisión: 0.075 %
Alimentación: 12-45 VDC
Salida: 4 – 20 mA.



Imagen 7 Borneras Transmisor Rosemount

Transmisor Rosemount de presión para sistema de transporte de la unidad 2



Cuenta con características similares al transmisor detallado arriba

Modelo: 1151-5E
Rango: 0 – 750 In H₂O
Precisión: 0.075 %
Alimentación: 12-45 VDC

Salida: 4 – 20 mA.

Transmisor Honeywell de presión para sistema de transporte de la unidad 3



Modelo: ST3000
Rango: -50 – 800 In H₂O
Precisión: 0,07 %
Alimentación: 12 – 50 VDC
Salida: Smart 4 – 20 mA

Registrador



Este elemento es capaz de registrar, graficar y almacenar, como su nombre lo indica, distintas variables de supervisión de un proceso. Por medio de borneras ubicadas en la parte de atrás del equipo, este puede recibir señales en corriente, voltaje, variación de resistencia y temperatura. Cuenta con un medio extraíble obsoleto de disco floppy de 3 ½ para extraer archivos históricos de registro.

Modelo: DataChart 5000
Rango: N/A
Precisión: N/A
Alimentación: 120 VAC

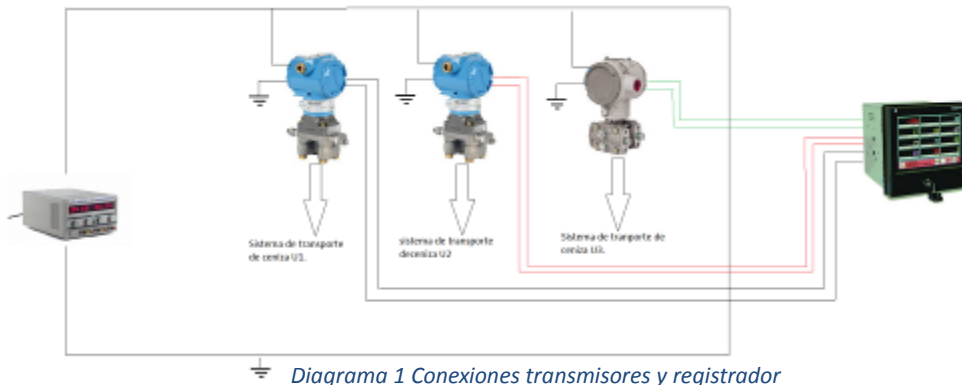
Fuente de voltaje:



Una fuente de poder, como la ilustrada en la figura se emplearía para alimentar los 3 transmisores. Debido a que el consumo de corriente de estos es bajo, se puede dimensionar la mencionada fuente para abastecer los tres elementos simultáneamente.

Modelo: MLINK
Salida: 0 – 50 VDC
Corriente máxima: 5 A
Alimentación: 120 VAC

Propuesta: La propuesta consideró la instalación de los tres transmisores de presión en la línea de aire de servicio de los 3 sistemas de transporte de ceniza de las 3 unidades. Estos transmisores se alimentan eléctricamente a través de una fuente de poder. La señal de salida de los transmisores (análoga de 4 – 20 mA) se ingresa al registrador para ser monitoreada y visualizada. La señal que se obtendrá simulará una señal sinusoidal rectificada. Esto debido al hecho de que cuando se vierte el contenido de los alimentadores de ceniza la tubería contará con una presión mayor y a medida que se desplaza y es evacuada del sistema de transporte, despresurizará lentamente la línea generando una gráfica que simula la señal anteriormente mencionada. La propuesta contempla la ubicación del transmisor en la sala de control de Termopaipa.



Adicionalmente, se solicitó la compra de los siguientes consumible eléctricos para el conexonado y puesta en funcionamiento del sistema:

Cable apantallado de 3 hilos AWG 3 x 16	300 m
Tubería galvanizada ½ “	40 m
Conector recto (uniones) ½”	15 Unds.
Abrazaderas para tubo ½”	30
Conduleta ½ “	6
Coraza flexible ½”	10 m
Conectores ½”	20 juegos

En aras de llevar a cabo esta implementación, se dio comienzo al proceso generando en el software de mantenimiento de Termopaipa, Infom@nte, una orden de trabajo, cuyo número asignado fue el **28169**, para de esta forma, solicitar la compra de los elementos de los que se carecía, esto es, la fuente de poder y los consumibles eléctricos.

Para efectos del conexonado, se procedió a medir las distancias entre la sala de control, donde sería instalado el registrador y los transmisores. Así mismo, se tuvieron en cuenta las distancias entre los transmisores y la fuente de poder. Debido a lo disperso que se encuentran los equipos, se seleccionó un punto intermedio para la ubicación de la fuente. Cuando llegara el momento, se solicitaría al taller industrial la fabricación de una caja protectora que alojara dicho elemento.

▪ **Diseño de una metodología para el registro de nivel del silo de ceniza de Termopaipa:** en este aspecto, al pasante le fue asignada la labor de diseñar un sistema para evaluar el nivel de ceniza contenido en el silo de la central, cuya medición, hasta el momento, se realiza de manera artesanal, arrojando una pesa atada a una soga y midiendo la longitud de esta para patronar el nivel de llenado del silo.

A continuación se muestra una imagen del techo del silo de ceniza.



Imagen 7 Techo de silo de ceniza Termopaipa

Como primera medida, se procedió a investigar las posibles tecnologías que podrían emplearse en la medición del silo, encontrando que el sensor más apropiado, teniendo en cuenta la formación de nubes de polución de ceniza al momento de la descarga dentro del silo, es de tipo radar. Puesto que este no emplea para difundirse un medio físico como el aire, para el caso de los sensores ultrasónicos, sino que hace uso de una onda electromagnética que se mueve por el vacío, además que cumple con las condiciones que impone la naturaleza del proceso como lo son las variables de temperatura, presión, rango de medición (metros). Adicionalmente, el costo del equipo, así como la instalación constituyen aspectos fundamentales en la adquisición e implementación de este tipo de elementos de instrumentación.

Propuesta:

Inicialmente, se consideró el lugar de instalación, encontrando, indubitablemente, que la ubicación ideal sería el techo del silo, adicionalmente, se consideró la instalación de un display en campo que mostrara, en el primer piso del silo, al operador, el nivel en tiempo real y de manera continua de este. No se consideró que fuese necesario el envío de esta señal a la sala de control, ni mucho menos su inclusión en el sistema SCADA. Lo anterior obedece a que de ser necesario el cableado hasta dicho lugar, y su integración al software de control, que en el caso de las unidades 1 y 2 corresponde al software 800xA propiedad de ABB, y en el caso de la unidad 3 software Experion propiedad de Honeywell, se aumentarían los costos de manera elevada, considerando que dicha instalación puede llevarse a cabo por personal de la central. Así mismo, ya que en el silo de ceniza permanece un operador contratista, quien tienen acceso permanente a comunicación con el ingeniero de turno, y que dentro de sus funciones se encuentra el informe periódico de los niveles

a éste, se consideró innecesario proponer el cableado hasta sala de control, existiendo personal que puede tomar la lectura en sitio y reportarla vía telefónica al supervisor de turno.

Es preciso mencionar la importancia del nivel del silo de ceniza, puesto que de no contarse con volquetas o “pipas” que extraigan dicho material del silo y que así mismo se desconozca el nivel hasta el punto de su llenado total, sería preciso sacar de operación las unidades de generación, puesto que se colmarían los ductos y, aguas arriba, el precipitador electrostático, lo que ocasionaría daños irreversibles al sistema.

En consecuencia de lo anterior, se consiguieron cotizaciones de diferentes elementos sensores, en distintas marcas. Estas se adjuntan a continuación:

Proveedor: Automatización S.A Costo: USD \$6.132 T.E: 8 semanas

CONTOUR™

Acoustic Volume Mapping

CONTOUR™ Acoustic Volume Mapping Specifications

FEATURES

- Measures level and volume of solids and powders independent of dielectric constant.
- Measures minimum, maximum and average level with a range of up to 70 m (230 feet).
- Operates in dusty and moisture-rich environments.
- Profiles of adhesions to vessel walls.
- Acoustic energy vibration provides for self-cleaning of antenna.
- Mapping visualization tool allows 3D view of materials in bin/vessel.
- PC software provides assistance for location of unit and remote configuration.
- Supply voltage: 18-32 VDC.
- Power consumption: Maximum 1.5W @ 24 VDC.
- Output signal: 4-20 mA, HART®, RS-485 and Modbus®.
- Emitting frequency of 2 to 10 kHz.
- Beam angle: 30-70 degrees.
- Ambient temperature: -40 to +85° C (-40 to +185° F).
- Process temperature: -40 to +180° C (-40 to +350° F).
- Process pressure: -0.2 to 3 bar (-2.9 to 43.5 psi).
- Operator interface: 4-line x 20 character LCD and 4-button keypad.
- Housing: Painted Aluminium Die Casting.

APPLICATIONS

- All types of solids, such as: Ores, powders, plastic pellets, fertilizers and fly ash.

AGENCY APPROVALS

ATEX	II 1/2D, Ex dbD/mbD 20/21 TT110° C.
	II 2G Ex ia/ib/IB T4.
cEus	Intrinsically Safe Class I, II, Division I, Groups C, D, E, F & G.
EMC	EN 61326-1: 2006.
NSR	EN 61010-1: 2001.
Protection	IP67 per IEC 60529.

For process intelligence that will impact your bottom line, contact your Magnetrol representative to demo the CONTOUR Acoustic Volume Mapping transmitter today. Put the power of Magnetrol to work for you.



Magnetrol®
CORPORATE HEADQUARTERS
5380 Belmont Road • Downers Grove, Illinois 60515-4499 USA • Phone: 630-969-4000 • Fax: 630-969-4499
www.magnetrol.com • info@magnetrol.com



Imagen 8 Cotización empresa Automatización S.A

Proveedor: Instrumatic S.A **Costo: Bridado \$11.880.000**
T. Entrega: 31 días. **Roscado: \$ 10.710.000**

Hoja de datos del producto

VEGA

VEGAPULS 68

4 ... 20 mA/HART - dos hilos

Sensor de radar para la medición continua de nivel de sólidos a granel



Datos técnicos

Rango de medida hasta	75 m (246.1 ft)
Error de medición	±2 mm
Conexión a proceso	Flanquea a partir de G1½; 1½ NPT; bridas a partir de DN 50, 2"
Presión de proceso	-1 ... +160 bar/-100 ... +16000 kPa (-14.5 ... +2320 psig)
Temperatura de proceso	-290 ... +450 °C (-328 ... +842 °F)
Temperatura ambiente, de almacenamiento y de transporte	-40 ... +80 °C (-40 ... +176 °F)
Tensión de trabajo	9.6 ... 36 V DC
Certificación SIL	hasta SIL2

Campos de aplicación

VEGAPULS 68 es un sensor de radar para la medición continua de sólidos a granel incluso en condiciones de proceso difíciles y con rangos de medición grandes. Es ideal para la medición de nivel en silos altos, tolvas grandes, quebrantadoras y hornos de fundición. El VEGAPULS 68 con diferentes versiones de antena y materiales es la solución óptima para casi todas las aplicaciones y procesos. Gracias al amplio rango de temperatura - presión el sensor se puede emplear de forma universal, posibilitando una planificación y proyección fáciles.

Ventajas

- Medición sin contacto
- Gran disponibilidad de instalación gracias a la ausencia de desgaste y de mantenimiento
- Medición fiable independiente del vapor, el polvo y el ruido

Función

Impulsos de microondas extremadamente cortos son emitidos por el sistema de antenas sobre el producto a medir, reflejados por la superficie del producto y captados nuevamente por el sistema de antenas. El tiempo desde la transmisión hasta la recepción de la señal es proporcional al nivel en el depósito. Un proceso especial de prolongación del tiempo garantiza una precisión y seguridad de los tiempos extremadamente

Materiales

Las piezas del equipo en contacto con el medio están hechas de 316L, Hastelloy C22, Monel Alloy, fundición de presión de acero inoxidable 1.4848 o PTFE, PP, PEEK. La junta de proceso es de FKM, FFKM o grafito. Un resumen completo de todos los materiales y juntas disponibles se encuentran en el "configurador" en nuestra página principal en www.vega.com/configurator

Versiones de carcasas

Las carcasas se pueden suministrar en versiones de una o dos cámaras de material plástico, acero inoxidable o aluminio. Las mismas están disponibles en los grados de protección IP 68 (1 bar).

Versiones electrónicas

Los equipos están disponibles en diferentes versiones electrónicas. Además de la versión HART de 4 ... 20 mA con dos o cuatro hilos, también son posibles versiones digitales con protocolo Profibus PA, Foundation Fieldbus y Modbus. Hay disponible otra versión HART con acumulador integrado.

Homologaciones

Los equipos están homologados para el empleo en áreas bajo riesgo de I y II de IEC. Los equipos tienen además diferentes p. Ej. GL, LRS o ABS. Como las homologaciones disponibles se indican en nuestra página principal en www.vega.com





Imagen 9 Cotización empresa Instrumatic S.A

Proveedor: Master Controls Ltda. Costo: \$ 9.774.740
T. Entrega: 8 semanas.

Master Controls Ltda CII 73 No. 20C-38. 3477980

Fecha: 23/07/201



Cotización No:

24820-GENSA-SIEMENS-JSS-23-07-13

Señores: GENSA
 Atención a: HENRY NITOLA
 Tel:
 E-mail: hnitola@gmail.com
 Referencia: SIEMENS

Agradecemos su invitación y en respuesta, presentamos la siguiente oferta:

Ítem	Cantidad	Descripción	Valor Unitario	Valor Total x Ítem
1	1	Medidor de nivel tipo radar marca SIEMENS, para medición de cenizas en silo. Descrip: TRANSMISOR DE NIVEL POR RADAR FMCW PARA LA MONITORIZACION CONTINUA DE NIVEL DE MATERIALES SOLIDOS. SITRANS LR560 CONEXION: 2 HILOS FRECUENCIA 78 GHZ. RANGO : 100 M Max. TEMPERATURA DE PROCESO: -40 ... +200 C CONEXION AL PROCESO BRIDA UNIVERSAL DE CARA PLANA COMPATIBLE CON BRIDAS ANSI/DIN/JIS: 3" / 80 MM, ALUMINIO PINTADO CON BRIDA DE FIJACION INTEGRADA CAJA PASACABLES: ACERO INOXIDABLE, 1 X 1/2" NPT PRESION: 3 BAR G (40 PSI G) MAX. SALIDA/COMUNICACIONES: 4 ... 20 MA, HART APROBACIONES: CSA/FM CLASE I, DIV. 2, GR. A,B,C,D, CLASE II, DIV.1,GR. E,F,G, CLASE III INTERFAZ DE USUARIO (LOCAL): CON LDI (INTERFAZ DE USUARIO) Tiempo de Entrega: 8 Semanas, despues de recibir orden de compra.	8,426,500	8,426,500
Valor Total Antes de IVA:				\$ 8,426,500
IVA 16%				\$ 1,348,240
Valor Total IVA:				\$ 9,774,740

Imagen 10 Cotización empresa Master Controls LTDA.

Segundo problema de investigación: Considera las respuestas a los interrogantes relacionados con el apoyo del pasante a la Unidad Administrativa y de Logística de Gensa - Termopaipa, en especial al área de compras. En este periodo particular, se apoyó a la Unidad llevando a cabo acompañamientos de carácter técnico a los procesos de requisición de bienes y servicios y demás procesos administrativos propios de la Central Térmica.

En ampliación de lo anterior se detallan las siguientes actividades:

- **Investigación en siniestro de llanta de cargador:** En el particular, el pasante fue designado para elaborar un informe técnico que coadyuvará al esclarecimiento de los móviles que estribaron en el siniestro de la llanta del cargador Case 821 de la Central, la cual contaba con un tiempo de uso de 8 días. El informe en mención fue remitido a la Unidad de Control Interno y la Aseguradora para los fines pertinentes.

A continuación se muestran apartes del Informe elaborado durante la estadía en el área:



Imagen 11 Portada informe siniestro cargador



Imagen 12 Llanta de cargador afectada

Se, consideró pertinente registrar el patrón del daño infligido a la rueda, con el objetivo de realizar mediciones de áreas y poder determinar si el siniestro obedecía a una situación fortuita o a alguna acción mecánica lesiva ejercida por ser humano alguno. Para esto, posterior al registro del patrón, por medio de pintura, se hicieron mediciones de áreas y cálculos, los cuales se muestran a continuación.



Imagen 13 Patrón del daño y mediciones llanta de cargador afectada

Finalmente se realizaron los cálculos, conociendo el área aproximada de la figura irregular descrita, de la presión ejercida sobre la superficie descrita.



**ENTRAL TERMOELÉCTRICA DE PAIPA
UNIDAD ADMINISTRATIVA Y DE LOGÍSTICA**

El área aproximada, encerrada dentro la figura irregular descrita por la ruptura del neumático, es = 294,6 mm².

Conociendo que el peso aproximado sobre cada rueda es de 4,3 t podemos afirmar que cada una ejerce una fuerza de 42.140 N (4300 kg x 9,8m/s², peso) por lo tanto, la presión ejercida sobre el área de 0,000294 m² asciende a 143.333 kN/m² ($P = \frac{F}{A} = \frac{42.140 \text{ kN}}{0.000294 \text{ m}^2}$), presión que, a todas luces, solo puede ser alcanzada por el peso mismo del automotor sobre una superficie de tan pequeña área.

Imagen 14 Conclusión informe siniestro cargador

Pasantía en la Central Termoelectrica de Paipa: apoyo a la unidad de producción y unidad administrativa

El anterior cálculo físico simple sugirió que una presión de tales proporciones sólo podría ser ejercida por el peso mismo de la máquina sobre una superficie cortante y afilada.

Posteriormente y de manera complementaria al mencionado trabajo, el pasante realizó la gestión comercial para cotizar una nueva llanta.

AGROINDUSTRIALES CAÑAVERALEJO
AGROINDUSTRIALES CAÑAVERALEJO SAS NIT: 800.214.589-7

GENSA TERMO PAIPA

FECHA: SEPTIEMBRE 30 DE 2013 FORMA DE PAGO: CREDITO
EMPRESA: GENSA TERMO PAIPA SEÑOR: SEBASTIAN CALDERON

CONCEPTO:

LLANTAS								
LINEA	REPTEREBOS	TIPO	SECCION	TIPO	QUANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL	PRECIO TOTAL
1	23.5-25	GOODYEAR	L-3	HRL	20	\$ 5,200,000	\$ 832,000	\$ 8,320,000
1	23.5-25	GOODYEAR	L-3	HRL	24	\$ 5,300,000	\$ 848,000	\$ 8,148,000
1	23.5-25	ADVANCE	L-3	L3	24	\$ 3,800,000	\$ 608,000	\$ 4,488,000

TELÉFONO: (1) 2 60 02 33 / FAX: (1) 2 80 43 09 / LINEA GRATUITA: 01 8000 91 95 21

AGROINDUSTRIALES CAÑAVERALEJO

BOGOTÁ CALI MEDALLA

Imagen 15 Cotización Agroindustriales Cañaveralaje

- **Compra de manómetros diferenciales de 1/4":** En el presente trabajo, el pasante tuvo la responsabilidad de emitir un concepto frente a cuál proveedor debería escogerse para el suministro de 3 manómetros diferenciales de 1/4" NPT, con carátula de 4" y con una presión de trabajo de 0 – 4 Kg/cm², y 1 manómetro diferencial de 1/4" NPT y carátula de 4" y con una presión de trabajo de 0 – 25 Kg/cm².

Habiendo considerado las siguientes cotizaciones se procedió a emitir un concepto teniendo en cuenta criterios como: costo, tiempo de entrega, forma de pago, etc.

GE/SA UNIDAD ADMINISTRATIVA PÁGINA 1 DE 1

SOLICITUD DE PEDIDO BIENES Y SERVICIOS

CONCEPTO DE COSTOS: 1135 PCEC02

FECHA: 17/09/2013 PA. 7152

PARA: DI. OMAR MOLINA HERNANDEZ Llave Unidad Administrativa a Legajo 80

DE: NITOLA SOLANO JOSE HENRY SUPERVISOR SERVICIOS

Atendiendo: solicitud estándar lo ☒ compra el ☐ servicio

Con destino a: ESTACION RECIBO Y PRECISO REGULACION ACPM UNIDADES I, II Y III

Tercero a Realizar: MANTENIMIENTO

ITEM	CANTIDAD	LETRAS	UNIDAD	DESCRIPCION
1	3	TRES	UN	MANOMETRO DIFERENCIAL RANGO DE 0 - 4 KG/CM2. PRESION DE PROCESO: 10 BARROS. CARATULA 4", TORNILLOS INFERIORES DE 1/4".
2	1	UNO	UN	MANOMETRO DIFERENCIAL RANGO 0 - 25 KG/CM2. PRESION DE PROCESO 40 BARROS. CARATULA 4". TORNILLOS INFERIORES DE 1/4".

Imagen 16 Solicitud interna de pedido formato FTP-016

Pasantía en la Central Termoeléctrica de Paipa: apoyo a la unidad de producción y unidad administrativa

El trabajo de pasantía consideraba desde el análisis del formato FTP-016, hasta la compra y entrega de los elementos. En cuanto al análisis, se tuvo la responsabilidad de conceptualizar si la información contenida en el formato estaba completa o si era necesario complementarla; en tal caso, se tenía la responsabilidad de buscar dicha información.

Imagen 17 Cotización Ivertec.

DETALLE		UNIDAD	DESCRIPCION	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	1	1	DIFERENCIAL PROceso CAUGES, PRES SCALE 0-4 Kg/cm2. MATERIAL: STAINLESS STEEL 304L WETTED PARTS: 316SS COMPRESSOR WINDOW TYPE: 6 MATERIAL: ALUMINUM VALVE MATERIAL: WHITE ALUMINUM LIQUID FILLABLE GAUGE: YES CASE TO SOCKET O-RING MATERIAL: VITON PORTER MATERIAL TYPE: BLACK ALUMINUM ADJUSTABLE, ADJUSTABLE PORTER: YES CONNECTION LOCATION: LOWER HEAD CONNECTION SIZE: 1/2" (1/4" NPT) MEDIA OPERATION TEMPERATURE: 300K 350F MANUFACTURED: HANDBRAKE ITALY 1000 1000 DELIVERY: 60 DAYS A PARTIR DE ORDEN DE COMPRA	1.000.000	1.000.000
2	1	1	DIFERENCIAL PROceso CAUGES, PRES SCALE 0-4 Kg/cm2. MATERIAL: STAINLESS STEEL 304L WETTED PARTS: 316SS COMPRESSOR WINDOW TYPE: 6 MATERIAL: ALUMINUM VALVE MATERIAL: WHITE ALUMINUM LIQUID FILLABLE GAUGE: YES CASE TO SOCKET O-RING MATERIAL: VITON PORTER MATERIAL TYPE: BLACK ALUMINUM ADJUSTABLE, ADJUSTABLE PORTER: YES CONNECTION LOCATION: LOWER HEAD CONNECTION SIZE: 1/2" (1/4" NPT) MEDIA OPERATION TEMPERATURE: 300K 350F MANUFACTURED: HANDBRAKE ITALY 1000 1000 DELIVERY: 60 DAYS A PARTIR DE ORDEN DE COMPRA	1.000.000	1.000.000
<i>Estacion Recibo ACPM Unidades 1,2,3</i> <i>Presión regulada</i> <i>para pedir</i>					
SUBTOTAL				2.000.000	2.000.000
CONEXIONES COMERCIALES				NA	0.000.000
FORMA DE PAGAR: CASH					
LUGAR DE ENTREGA: PUERTO RICALCONE					
VALOR TOTAL				TOTAL	\$ 2.000.000
TIEMPO DE ENTREGA: 60 DIAS A PARTIR DE ORDEN DE COMPRA					
BORIS CADIZCO Calle 10 No 25-32 PISO 201 BARRIO: PISO 201 BARRIO BOGOTA D.C. - COLOMBIA					

Debe considerarse en la anterior cotización el tiempo de entrega, que para este caso, es de 60 días. Adicionalmente, el costo de los elementos asciende a \$ 8.992.320. Concomitante a lo anterior, las características técnicas de los equipos se analizan atentamente. Cabe resaltar que el proveedor goza de buena reputación experiencia en el mercado, lo cual, definitivamente, debe tenerse en cuenta al momento de seleccionar un proveedor.

Por otra parte, se adjunta imagen de la cotización del proveedor Setefer LTDA.


SETEFER LTDA
soluciones para el manejo de fluidos y ferreteria en general

CONTROLES INDUSTRIALES - TEMPERATURA - PRESIÓN - NIVEL - NEUMÁTICA - VÁLVULAS - LÍNEA SANITARIA - SENSORES - ACCESORIOS







Fecha:		27/09/2013		COTIZACIÓN No. 17062	
Señores:		GENSA			
Attn:		OSCAR JAVIER OTERO			
Depto:					
E-mail:		oscar.otero@gensa.com.co			
Tel:		3148909501			
Fax:					
Ciudad:		Paipa			



ITEM	CANT	REF.	DESCRIPCIÓN	VUNIT	VIRTOTAL
1	1		MANOMETRO DE 1/4" DIFERENCIAL 0 - 4 BAR/PSI	\$ 800.000	\$ 800.000
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
ENTREGA INMEDIATA				SUB-TOTAL	\$ 800.000
				I.V.A.	\$ 128.000
				TOTAL	\$ 928.000

CONDICIONES COMERCIALES
 FORMA DE PAGO CREDITO 30 - 60 DIAS
 VALIDEZ DE LA OFERTA: 15 DIAS

Cordialmente,

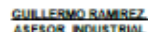

GUILLERMO RAMIREZ
 ASESOR INDUSTRIAL

Imagen 18 Cotización Setefer Ltda.

De esta cotización, es preciso resaltar el expedito tiempo de entrega y el costo, ostensiblemente menor. Sin embargo, la información técnica es nula y no se cotiza el manómetro de rango 0 – 25 Kg/cm².

Se concluye, por tanto, que si se desea optar por el proveedor Setefer Ltda. Es necesario ampliar la información contenida en la cotización.

Compra de tarjeta electrónica Safe Flame System: El sistema de encendido de la caldera de la Unidad 1 de Termopaipa, cuenta con un sistema de detección de llama que permite sensar, no solamente la presencia o ausencia de llama sin la calidad de esta. Esto se logra a través de un dispositivo que consta de un sistema de detección y captura y de procesamiento de la señal. En lo que a esta última corresponde, se cuenta con una tarjeta electrónica, actualmente comercializada por la firma ABB.

Para efectos de la anterior compra, se tuvo como responsabilidad el levantamiento técnico del housing dentro del cual se encuentra contenida la tarjeta Safe Flame System. Igualmente, correspondió como parte de la pasantía, la comunicación y traducción de correos electrónicos con el proveedor ABB. A continuación se muestran algunas fotografías del housing y la tarjeta electrónica.



Imagen 19 Housing tarjeta electrónica.



Imagen 20 Tarjeta electrónica D 984 - 0577

Elaboración de términos de referencia: Dentro del presente aparte, se coadyuvó con el proceso administrativo de elaboración de pliegos de condiciones o términos de referencias, para algunos procesos contractuales encabezados por la Unidad Administrativa y de Logística de la Central Termoeléctrica de Paipa. Dentro de los anteriores se cuentan: la reparación del techo frío de la cadera y la limpieza exterior (en seco) de la caldera de la unidad 2 de la Central.

A continuación se referencian apartes de los pliegos elaborados por el pasante de ingeniería electrónica:

TÉRMINOS DE REFERENCIA PARA REPARACIÓN DE CANAL COLECTOR DE AGUA LLUVIA TECHO FRIO CALDERA UNIDAD

3

1. OBJETO:

GESTIÓN ENERGÉTICA S.A. E.S.P (GENSA) se encuentra interesada en recibir cotización para contratar el servicio de reparación de canal colector de agua lluvia, en dos secciones, en techo frio de la caldera de la unidad 3.

2. ALCANCE:

Los alcances previstos para el presente requerimiento contemplan:

- a) Limpieza general del canal. (ver fotografía 1 y diagrama 1). El contratista deberá proveer el recurso humano suficiente para cumplir los plazos de ejecución de la obra, considerando que debe proporcionarse un vigía de S&SO, soldadores y auxiliares.
- b) Limpieza con disco de grata circular, retiro de lodos, material vegetal y residuos contaminantes en general.
- c) El estado general de la canal es bueno. Sin embargo, las uniones de ésta se encuentran en mal estado debido al deterioro de la silicona y los remaches. Por esto, es preciso realizar el corte, desmonte y reemplazo de 9 secciones defectuosas y su posterior instalación. La lámina debe ser galvanizada, de calibre 12 y con una longitud de 1 m. (ver fotografía 2, diagrama 2).
- d) Para el montaje y unión de las secciones de canal deberán usarse remaches pop de ¼". La impermeabilización se debe llevar a cabo por medio de aplicación de SIKAFLEX y cinta MULTISEAL.

Nota 1: La integridad de la lámina de la canal es del 80%, por lo tanto, el presente trabajo no contempla reemplazo total de ésta.

Nota 2: Debido a que los daños se evidencian por la parte inferior de la unión (ver fotografía 3), se debe reemplazar la sección, sin olvidar que la ejecución del trabajo debe hacerse por la parte superior debido a la imposibilidad de instalar andamios en la inferior.

Nota 3: GENSA proveerá de un punto de energía ubicado en la entrada de la azotea 8 (tablero de distribución), contiguo a la escalera que brinda acceso al techo (fotografía 4). Deberá coordinarse con el taller eléctrico la instalación provisional de puntos de conexión de 110 V.

Nota 4: La lámina original es galvanizada de calibre 12 (2.5 mm de espesor). El desarrollo de la canal es de 1.10 m x 2.4 m. Los traslapos se encuentran cada 0.30 m.

Nota 5: Por ningún motivo deberá levantarse completamente el techo de la caldera.

Diagramas y fotografías:



Fotografía 1. Vista general techo caldera

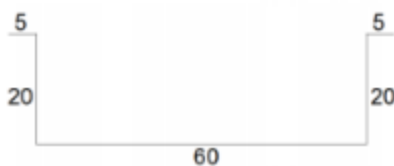


Diagrama 1. Dimensiones canal



Fotografía 2. Dimensiones canal

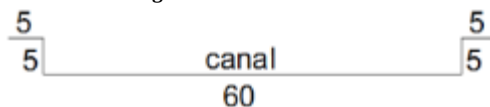


Diagrama 2. Canal agua lluvia



Fotografía 3. Vista inferior techo caldera



Fotografía 4. Tablero de distribución eléctrica

3. TIEMPO DE EJECUCIÓN.

El contratista contará con un tiempo de 7 días para la ejecución del trabajo, más 2 días para las acciones preliminares, a saber: tendido de líneas de vida, reuniones con el departamento de S&SO de la Central, y las que considere pertinentes en aras de facilitar la ejecución de la obra. Los turnos para la ejecución del presente trabajo serán de 10 horas (7:00 am - 5:00 pm) los 7 días de la semana.

4. EVALUACION TÉCNICA

Se realizará con las especificaciones exigidas en el alcance, las ofertas que no cumplan las especificaciones exigidas serán rechazadas.

5. EVALUACION ECONÓMICA

Las ofertas que cumplan con las especificaciones técnicas, se establecerá una comparación de los valores. El orden de elegibilidad se hará de acuerdo con el valor de las ofertas sin incluir IVA. En caso, que se presenten ofertas en dólares (USD), la evaluación se hará con la TRM del día del cierre.

GENSA se reserva el derecho de adjudicar parcial o totalmente lo solicitado en la presente invitación, el oferente deberá indicar precios unitarios de todo lo presentado en la propuesta. Los proveedores invitados deberán realizar inscripción como proveedor en la página web www.gensa.com.co en el enlace proveedores, adjuntando la documentación indicada y actualizada al momento del cierre de la oferta.

Pasantía en la Central Termoeléctrica de Paipa: apoyo a la unidad de producción y unidad administrativa

Si considera necesario una visita en sitio por favor comunicar el día y la hora para poder ser atendida por el técnico asignado.

6. FORMA DE PAGO

El sistema de pagos que cumple GENSA SA ESP es a crédito por (30) treinta días a partir del radicado de factura.

7. ACTA DE INICIACIÓN

Para que el contratista pueda iniciar la ejecución de la orden contractual GENSA expedirá un acta en donde se fijará la fecha de iniciación de los trabajos a partir de la cual se contara el plazo de ejecución. Si el contratista realiza trabajos previamente a la fecha que GENSA le señale, lo hará bajo su exclusiva responsabilidad y en consecuencia GENSA no se obliga a reconocer pago alguno por los mismos.

8. INFORME FINAL

El contratista entregará a GENSA S.A. ESP, un informe final detallado en original y una (1) copia física, al igual que una copia en medio magnético de la ejecución de las actividades, incluyendo registro fotográfico indicando en éste el consecutivo de la orden de compra y el consecutivo de la orden de trabajo.

Así mismo, llevar a cabo una inspección en campo, en compañía de personal de GENSA, donde se evidencie la realización del trabajo pactado en los términos de referencia aquí expuestos.

Texto externo 1 Pliegos de condiciones reparación techo caldera

El desafío de la pasantía incluyó el levantamiento de información, su respectiva organización, aportes y recomendaciones para la ejecución de los trabajos, así como lineamientos según las exigencias de salud ocupacional y seguridad industrial, consideraciones de tipo ambiental, forma de pago, consecución de fotografías y demás aclaraciones propias de unos pliegos de condiciones. Para la elaboración de los presentes pliegos, el pasante acudió a diferentes fuentes para complementar los cánones descritos en el texto arriba enunciado. Ejemplo de esto lo constituye la asesoría del Ingeniero contratista Nixon Pérez, asesor de la Unidad de Servicios Técnicos.

Cabe mencionar que sumado al hecho de que contaba dentro de las responsabilidades asignadas la elaboración de los presentes pliegos de condiciones, igualmente, se realizó la interventoría y seguimiento de los trabajos, asegurando que el administrador “formal” del contrato (Líder de la Unidad Administrativa y de Logística) estuviera indemne de cualquier irregularidad en la realización del objeto contractual y pudiera tomar decisiones según la información remitida.

A continuación se relacionan términos de referencia adicionales. Para este caso particular, considerando la limpieza general y aspirado externo de la caldera de la unidad 2 de Termopaipa. De manera similar al ejercicio realizado para la reparación de la canal recolectora de agua lluvia de la caldera 3, el pasante tuvo como tarea conseguir toda la información que aclarará y dimensionará el alcance de los trabajos. Para esto, fue preciso recoger información de contratos similares anteriores y ajustarlos a los requerimientos actuales. Por otra parte, el suscrito fue el encargado de conducir hasta el lugar de realización de los trabajos, y explicar detalladamente el alcance, a todos los oferentes.

De manera similar, estuvo a cargo del pasante, la interventoría de los trabajos en aras de salvaguardar los intereses de Gensa, y de velar por el cumplimiento del objeto contractual.

TÉRMINOS DE REFERENCIA PARA SERVICIO DE LIMPIEZA EXTERIOR DE CALDERA UNIDAD 2

1. OBJETO:

GESTIÓN ENERGÉTICA S.A. E.S.P (GENSA) se encuentra interesada en recibir cotización para contratar el servicio de limpieza general exterior de la unidad tres de la central termoeléctrica de Paipa.

2. ALCANCE:

Los alcances previstos para el presente requerimiento incluyen:

- e) Limpieza exterior de paredes, ductos, bandejas de cableado, área circundante del cangilón, área de ventiladores de aire primario y estructura en general, así como lo correspondiente al área comprendida entre precipitador electrostático y caldera (calentador de aire y ducto de salida de gases de caldera).
- f) Empleo de por lo menos 5 aspiradoras industriales, con sus respectivas extensiones y cepillos, con una capacidad no menor a 50 Lt.
- g) Para la ejecución del trabajo se programarán dos turnos de 8 horas (7 am – 3 pm/3 pm – 11 pm) con no menos de 8 operadores por turno. Debe incluirse, dentro del recurso humano, un supervisor S&SO/HSEQ (fuera del equipo operativo) para cada turno, o, de realizarse los trabajos con mayor factor de riesgo en el turno de la mañana, la presencia del supervisor S&SO/HSEQ se podrá circunscribir únicamente a para esta jornada.
- h) Llevar a cabo barridos manuales evitando el levantamiento de polución y la caída de suciedad sobre gabinetes de control, instrumentación de pulverizadores y caldera, y otras zonas de alto tránsito.
- i) Clasificación y empaque de residuos:
 - Finos: cenizas y polvo. Se dispondrán en lonas de polietileno con destino al patio de ceniza de la central.
 - Peligrosos: fibra de vidrio. Se almacenarán y etiquetarán en bolsas adecuadas para residuos peligrosos.
 - Ordinarios: papel, cartón, etc. Se almacenarán y etiquetarán en bolsas adecuadas para residuos ordinarios.
 - Chatarra: se incluye escoria y residuos metálicos. Esta se dispondrá en sacos o contenedores adecuados para su manejo y traslado al patio de chatarra.
- j) Estimación de peso y cantidad de residuos.
- k) Desmontaje de líneas de vida, andamios y demás equipos empleados en la ejecución del trabajo.

Nota: las lonas, sacos y bolsas serán provistas por el contratista. El contratista deberá contemplar en la oferta el costo del trabajo incluyendo el transporte de las lonas y sacos hasta los patios de disposición final, y el costo del trabajo cuando GENSA provea el mencionado transporte.

3. TIEMPO DE EJECUCIÓN.

El contratista contará con un tiempo de 15 días para la ejecución del trabajo, más XX días para las acciones preliminares, a saber: tendido de líneas de vida, armado de andamios, reuniones con el departamento de S&SO de la Central, y las que considere pertinentes en aras de facilitar la ejecución de la obra.

4. EVALUACION ECONÓMICA

Las ofertas que cumplan con las especificaciones técnicas, se establecerá una comparación de los valores. El orden de elegibilidad se hará de acuerdo con el valor de las ofertas sin incluir IVA. En caso, que se presenten ofertas en dólares (USD), la evaluación se hará con la TRM del día del cierre.

GENSA se reserva el derecho de adjudicar parcial o totalmente lo solicitado en la presente invitación, el oferente deberá indicar precios unitarios de todo lo presentado en la propuesta. Los proveedores invitados deberán realizar inscripción como proveedor en la página web www.gensa.com.co en el enlace proveedores, adjuntando la documentación indicada y actualizada al momento del cierre de la oferta.

Si considera necesario una visita en sitio por favor comunicar el día y la hora para poder ser atendida por el técnico asignado.

5. FORMA DE PAGO

El sistema de pagos que cumple GENSA SA ESP es a crédito por (30) treinta días a partir del radicado de factura.

6. ACTA DE INICIACIÓN

Para que el contratista pueda iniciar la ejecución de la orden contractual GENSA expedirá un acta en donde se fijará la fecha de iniciación de los trabajos a partir de la cual se contara el plazo de ejecución. Si el contratista realiza trabajos previamente a la fecha que GENSA le señale, lo hará bajo su exclusiva responsabilidad y en consecuencia GENSA no se obliga a reconocer pago alguno por los mismos.

Texto externo 2 Pliego de condiciones limpieza externa caldera 2 Termopaipa

Cabe resaltar que producto de los presentes trabajos, el pasante se familiarizó con los conocimientos correspondientes a la gestión documental, manejo de contratación en las entidades

públicas, presupuestos públicos, interventoría de contratos, así como contenidos técnicos propios de la Central, que por virtud de la supervisión realizada, fueron conocidos por el pasante de ingeniería.

Tercer problema de investigación: Considera los conceptos, procedimientos y experiencias recogidas luego de un periodo de familiarización con el taller de instrumentación. Dentro de la presente etapa se tuvo la oportunidad de materializar los conocimientos aprendidos durante el periodo académico, por medio de interacción directa con los procesos y subprocesos que tienen lugar en Termopaipa, así como los instrumentos y sus respectivas tecnologías empleadas en la medición de variables.

Debido al hecho de que el estudiante tuvo como enfoque el área de instrumentación, durante el proceso formativo, se hizo imprescindible el familiarizarse con la instrumentación propia de entornos industriales de generación como el de la Central Termoeléctrica de Paipa. Prueba de esto lo constituyó el trabajo con el taller de instrumentos, el cual se enfocó principalmente en sensores y elementos de medición de las distintas unidades, parámetros y variables existentes en un entorno industrial de generación térmica.

Los elementos analizados incluyen: sensores de nivel electrónicos y mecánicos, transmisores de presión, transmisores de flujo, válvulas de corte, de regulación de flujo, electroválvulas, cheques, opacímetros, contactores, registradores (marca Monarch 5000, y ABB 3000) switches de presión, cilindros neumáticos, manómetros, termómetros, elementos calibradores (calibrador Fluke 744 y 754, módulos de calibración de presión marca Fluke, pozo seco marca Fluke). Del anterior equipamiento es preciso mencionar que se llevó a cabo el desmonte, despiece, calibración y mantenimiento de la mayor parte de los elementos. De algunos, solo se llevó la verificación de parámetros y limpieza no invasiva del instrumento.

A continuación se muestran algunos elementos con los que se realizó algún tipo de procedimiento:

Sensor de nivel

Marca: FineTek

Alimentación: 24VDC
Temperatura: -30 ° C a 128 ° C
Rango de medición: 0 a 300 mm.



Imagen 21 Placa de características Sensor de nivel.

El presente instrumento magneto restrictivo con una alimentación de 24 VDC, rango de operación en longitud de 300 mm y salida de 4 – 20 mA, de la marca FineTek, es capaz de sensar el nivel de condensado en los tanques de purga de los compresores usados en el proceso de generación.

Cabe resaltar que la operación de este instrumento se inscribe en el uso de las propiedades magnéticas y las variaciones de sus campos para efectuar la transducción correspondiente de una distancia (nivel) a una señal eléctrica de magnitud 4 – 20 mA. La calibración de este instrumento se lleva a cabo verificando primero, a través del instrumento Fluke 754, la salida en corriente con el fin de comparar si encuentra dentro de los parámetros de operación indicados o es necesario efectuar un procedimiento de calibración. Si aplica el segundo caso, es necesario desplazar una restricción (tornillo), bien sea hacia arriba o hacia abajo ubicada en el extremo del vástago por el que se desliza el flotador con propiedades magnéticas, hasta lograr que el 0% de nivel corresponda a 4 mA; esto de manera sucesiva durante todo el recorrido hasta lograr 20 mA correspondientes al 100% del recorrido, igualmente para todos los puntos comprendidos dentro del rango de operación.



Imagen 22 Cuerpo del sensor magneto restrictivo.

Sumado al anterior proceso de calibración se llevó a cabo lo correspondiente a la revisión de la electroválvula asociada al detector de nivel. Ésta, tiene por función desalojar el líquido producto del condensado, por tanto, una satisfactoria operación del sensor de nivel junto con un efectivo funcionamiento de la electroválvula garantizarán el desalojo del mencionado fluido. Así la cosas, la calibración de la válvula ocupa un lugar preponderante en el proceso de compresión y condensado.

La mencionada válvula opera de manera que dos discos acoplados a lo largo de un vástago giratorio asociado a un registro, activen dos relés en momentos diferentes permitiendo la inversión del sentido de la corriente generando el cambio de giro correspondiente a apertura o cierre.



Imagen 23 Electroválvula para desalojo de condensado

En las fotografías se observan el motor de la electroválvula, los discos con sus respectivas muescas y los relés encargados de provocar la conmutación. La calibración se llevó a cabo girando los discos de apertura o cierre teniendo en cuenta la apertura del registro. Finalmente, se corrigen los efectos de la dureza mecánica que tiene lugar debido al desgaste y fatiga natural de los materiales.



Imagen 24 Electroválvula vista superior



Imagen 25 electroválvula vista lateral

Reconocimiento y calibración de detectores de llama.

Dentro del proceso de generación es preciso anotar que existen dos acciones particulares correspondientes a la generación de llama dentro del hogar de la caldera, esto es, la puesta en servicio de ignitores para el calentamiento y arranque de la caldera, y la posterior puesta en funcionamiento de quemadores. Entiéndase por los primeros aquellos elementos capaces de atomizar y quemar (generando una llama de dimensiones considerables) combustible líquido dentro de la caldera siguiendo una curva de arranque y calentamiento. Por los segundos, entiéndase aquellos dispositivos en facultad de inyectar carbón pulverizado, reemplazando ignitores, en la caldera, supliendo la demanda de energía calórica necesaria para convertir en vapor el agua de alimentación.

Debido a esto, es menester contar con detectores de presencia de llama que informen si el combustible se está quemando o no, puesto que de no ser el caso, el hogar de la caldera presentaría altas concentraciones de combustible líquido (ACMP) y sólido (carbón) lo cual podría estibar en una conflagración o, en el peor de los casos, una explosión.

Este riesgo se aminora ubicando detectores que apunten directamente a la llama e informen de la presencia de esta.

Los detectores cuentan con un lente a través de la cual las ondas infrarrojas se perciben y se filtran. El corazón del sensor lo constituye un circuito que, dependiendo del valor de la amplitud

de la onda, genera una salida en voltaje DC que posteriormente se amplifica y que es proporcional a la calidad de la llama.



Imagen 26 Fotocelda detectora de llama calderas 2 y 3 de Termopaipa

Una variación de detector de llama lo constituyen las ubicadas en la caldera 1 de la central. Estas, cuentan con una cabeza detectora, un lente que filtra la radiación UV y un tramo de fibra óptica que conduce dicha señal hasta la tarjeta electrónica Safe Flame System (mencionada arriba). De presentarse fallas en estos dispositivos, como por ejemplo rompimiento de la fibra óptica – detectado al suministrar un haz de luz a través del lente y observarlo a la salida - o daños en acoples o circuitos, se procede a solicitar repuestos, hacer acciones correctivas o si es el caso, dar de baja el elemento por obsolescencia y solicitar un sensor nuevo.

Lo anterior puede llegar a interpretarse como un gran inconveniente que sugiere la actualización y reemplazo de dichas tarjetas electrónicas y sus respectivos detectores, puesto que ya no se fabrican actualmente y sus repuestos se encuentran completamente descontinuados.

Reconocimiento y calibración de manómetros y switches de presión.

En relación con el manejo de presiones, fue preciso reconocer instrumentos que permitan igualmente el sensado de esta magnitud, como lo son, los manómetros y switches de presión en todas sus presentaciones. Por esto, se hizo necesario realizar el despiece de estos equipos, con el objetivo de reconocer sus elementos internos, su principio de funcionamiento y los métodos de calibración, así como sus respectivos protocolos.



Imagen 27 Verificación switch de presión

En la fotografía se observa un procedimiento para llevar a cabo la verificación del switch de presión que se procede a explicar a continuación. En primer término debe llevarse a cabo un despiece ordenado y que no afecte la integridad del instrumento; posteriormente deben alistarse un patrón de sensado y generación de presión, con interfaz al PC y un multímetro para corroborar el cierre mecánico de los contactos internos del switch. Como generador y sensor de presión, con interfaz al PC se emplea el instrumento FLUKE 700PDT. Tal y como se ilustra a continuación, el módulo en mención es capaz de generar una presión casi constante, con mínimas pérdidas, con ayuda del émbolo ubicado en la culata del módulo.

Así mismo, cuenta con un ajuste que permite variar la presión de manera positiva o negativa en forma fina. Igualmente, posee un módulo de comunicaciones que empleando una interfaz serial, por medio de un cable DB9, comunica y muestra la lectura de la presión que se está generando, en la pantalla del PC.



Imagen 28 Módulo de presión 700PDT

Posterior a las conexiones de patrón y multímetro se procede a verificar ascendente y descendentemente los límites de disparo y reposición (disparo en subida y bajada) del switch. Es de esperarse que el switch obture en los puntos de presión fijados, de no hacerlo, sería preciso llevar a cabo un procedimiento de ajuste del instrumento.

En la siguiente imagen, se observa un tipo diferente de switch de presión en el que cual se pueden observar los elementos internos, tal como, Bourdon, capsula de mercurio (permite el cierre eléctrico entre contactos por desbalanceo) e indicadores de los límites del switch que se ajustan al desplazarlos sobre la escala. Es preciso mencionar que dichos elementos son extremadamente sensibles a las vibraciones, pues estas pueden ocasionar cierres inesperados de los contactos. Esto constituye indudablemente una desventaja en un entorno industrial en el cual, la presencia de máquinas rotativas genera una permanente oscilación en todas las estructuras.



Imagen 29 Switch de presión circular

En la imagen se observa la cápsula de mercurio, el Bourdon, y los controles para fijar el límite de disparo alto y bajo. Así mismo, se observan las puntas de un multímetro que avisan de manera sonora cuando se ha realizado el cierre mecánico de los contactos del elemento. Estas señales de control, generan acciones automáticas, en algunas situaciones, como el caso de switches de presión de las tuberías de caldera, hogar de la caldera y presión de la caja de aire, de disparo y salida forzada; en otros casos, genera únicamente señales de alarma.

Para el caso de los manómetros, Como procedimiento de calibración es necesario, en primer término, alistar algún patrón que será conectado al proceso de manera paralela y que permitirá conocerla, para el caso de presión, la magnitud exacta que se está aplicando al instrumento y de esta forma, determinar la exactitud del elemento mensurando. De encontrar algún tipo de error que sobrepase la tolerancia aceptada.



Imagen 30 Manómetro patrón y peso muerto

En la imagen se observa un peso muerto, de la marca Ashcroft y un manómetro patrón. Cabe mencionar que por encima del racor de conexión, se puede ubicar una derivación que permita conectar el manómetro que se está verificando.

En este tipo de situaciones podemos encontrar errores de cero que serán corregidos, únicamente, por medio de un ajuste de cero efectuado con el desplazamiento de un tornillo que permite la nivelación del cero. Igualmente podemos obtener errores de angularidad que de forma similar, serán “atacados” a través del movimiento de un tornillo que regula dicho fenómeno.

Posterior al procedimiento de calibración se realizan verificaciones a lo largo del rango que permitan evidenciar si el procedimiento fue exitoso o no.

Reconocimiento y calibración de termómetros.

Por otra parte, en materia de temperatura, se intervino en procedimientos para calibrar termómetros de distintas clases.



Imagen 31 Termómetros industriales. Fuente: internet

Como primera medida, se procede a emplear el Pozo Seco como patrón (se detalla en el aparte correspondiente a patrones) para generar la temperatura. Se introduce el elemento y se concede un tiempo de estabilización. Posterior a este tiempo, se procede a realizar la lectura y verificar la exactitud del elemento con un considerable número de mediciones, se verificará la precisión. Es preciso tener en cuenta que los sistemas como este cuentan con tiempo de respuesta en el tiempo demasiado prolongado y por tanto, se puede inducir un error si se procede a verificar sin permitir que estabilice el sistema.

Cuando los termómetros son de mercurio y cuentan con un dial impreso en una carcasa exterior, lo único que se realiza es desplazar la retícula hasta hacer coincidir los valores de temperatura del patrón y la medida obtenida empíricamente.

Cuando de termómetros circulares se trate, se ajustan los tornillos correspondientes hasta lograr la disminución del error.

Reconocimiento de patrones



Imagen 32 Calibrador Fluke 754

Corriente: para salidas de 4 – 20 mA.
Fluke 754



Imagen 33 Módulo generador de altas presiones Fluke 700HTP1

Presión: para presiones de 0 (presión más baja) hasta presión más alta posible a utilizar
(650kg/cm²)
Fluke 700HTP1



Temperatura: para termómetros, termocuplas, RTD's.
Pozo Seco Marca Fluke.
Modelo 9144

Es preciso mencionar que los anteriores no constituyen los únicos patrones con los que cuenta el taller de instrumentación, adicionalmente, se cuenta con manómetros patrón, generadores de presión y comunicador de campo, que permite conocer el estado de instrumentos en campo, como estado de las conexiones, calibración y fuente de alimentación.



Imagen 34 Manómetro patrón



Imagen 35 Generador de presión (Max 2 kg/cm²)



Imagen 36 Comunicador de campo Hart 754

CAPÍTULO II: OBJETIVOS Y MARCO TEÓRICO

4.1 OBJETIVOS

Objetivo General

Apoyar técnicamente, empleando los conocimientos adquiridos durante el tiempo de formación en la Universidad Santo Tomás, y el programa de Ingeniería Electrónica, los procesos respectivos de las áreas de Producción y Administrativa, desde un enfoque propositivo y humanista, aportando soluciones y coadyuvando con las necesidades que surjan en los 2 departamentos.

Objetivos específicos

- Aportar soluciones a las necesidades relacionadas con el manejo de nivel en el silo de ceniza y el sistema de transporte de ésta, en la central Termopaipa, generando todas las acciones administrativas y técnicas pertinentes para lograr mejoras en el sistema.
- Aprender las etapas, procedimientos y equipos propios de la central Termopaipa en aras de aportar conocimiento y criterios, brindando colaboración a la Unidad de Producción según los requerimientos.
- Afianzar y vivenciar los conocimientos en el área de instrumentación industrial, por medio de interacción directa, en el taller, con los equipos, herramientas y variables que tienen lugar en el proceso de generación térmica en Gensa-Termopaipa.
- Comprender los procedimientos propios del área administrativa, en especial el área de compras, coadyuvando en la elaboración de términos de referencia, resolución de dudas a los proveedores y necesidades del área.

4.2 MARCO TEÓRICO

4.2.1 Ciclo de vapor de Rankine ²

En primer término es preciso analizar que en el presente ciclo de vapor, en el cual se presentan procesos de evaporación y condensación, se analizarán los casos particulares de idealidad, para el caso del ciclo simple, y de regeneración para el caso de las centrales térmicas de generación. Cabe resaltar que el uso del vapor como elemento fundamental de transformación de energía mecánica a eléctrica, desempeña un papel fundamental debido a su bajo costo y la alta entalpía de vaporización presente en los distintos momentos del ciclo.

Es imperioso, dada la naturaleza del presente análisis, discutir algunos detalles que citan aspectos del ciclo de Carnot. De este, cabría la pregunta, se podría llegar a cuestionar el por qué la preferencia del ciclo de Rankine, frente al de ya mencionado ciclo de Carnot, puesto que éste, en estado ideal, es más eficiente que el primero, sin embargo en la realidad, llevado al plano de las centrales térmicas de generación, no ofrece las ventajas que aquel brinda (Rankine), como se procede a explicar a continuación.

Si bien en el ciclo de Carnot, y en su curva de saturación el fluido se calienta de manera irreversible e isotérmicamente en la caldera, se crea subsecuentemente una expansión isentrópica en la turbina, y una posterior condensación reversible isotérmicamente en el condensador, y finalmente una compresión isentrópica, mediante un compresor hasta su estado inicial, como se observa en el la curva, en la práctica, nos encontramos con dos situaciones que limitan la esfera de acción en la realidad de una central de generación que emplea vapor.

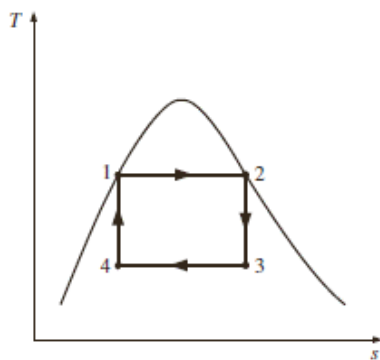
Como primera medida, el proceso de calentamiento en la caldera y la expansión en la turbina (si bien son alcanzables en la realidad) pueden llegar a ser en suma complejos, por tanto, bajo los estándares que plantea el ciclo de Carnot, nos encontramos con que la atención se centra principalmente en el proceso de condensador y compresión. Al restringir de tal manera tal bucle de potencia, que en últimas, restringe los valores de temperatura, encontramos que se afecta la

² Cengel, y. A. (2011). *Termodinámica*. Madrid: Mc Graw Hill.

eficiencia del proceso, en otras palabras, si buscamos manejar la temperatura del fluido vapor, en solamente dos fases implicaría la transferencia de energía en solamente una de las etapas del ciclo, lo cual, en la realidad es bastante difícil de alcanzar.

Concomitante con lo anterior, si se siguiera el modelo descrito por Carnot, nos encontraríamos con que en la expansión en la turbina, por efecto de la baja en la calidad del vapor, al generarse gotas líquidas que chocan contra los álabes de la turbina, y producirse erosión (si bien es admisible en la centrales de generación), puede llegar a generar mayúsculos problemas. Tal situación se podría corregir si se mejorase un fluido de trabajo que sigue una línea de vapor saturado inclinada, lo cual sí se observa en el ciclo de Rankine. Conexo a esto, cabe mencionar que no es sencillo manejar, dentro de la fase de compresión, dos naturalezas de fluido, es decir, vapor y vapor condensado, de manera conjunta.

Debido a lo anterior, y sumado al hecho de que dentro del proceso de Carnot la compresión, a presiones demasiado altas, y la transferencia isotérmica de calor a presiones variables, es demasiado inviable, concluimos que para efectos de una central real, es imperioso emplear un ciclo de potencia como el descrito en el ciclo de Rankine. A continuación se muestra una gráfica del ciclo de Carnot.

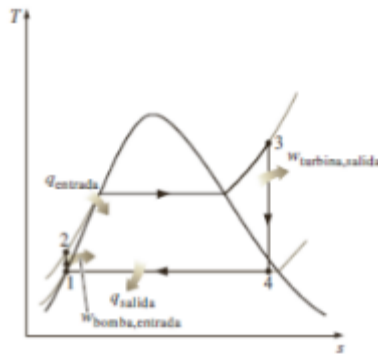


Gráfica 2 Ciclo de Carnot. Termodinámica. Yunus A. Cengel. 7ª Ed. Mc Graw Hill. 2011.

Como se observa en la gráfica, la expansión en turbina y la compresión no siguen la curva de entalpía, para el caso de los procesos 1-2 y 3-4, de manera suficiente, corroborando que el ciclo no es el más adecuado en la realidad.

Ahora bien, como lo propone el ciclo de vapor de Rankine, las situaciones problemáticas anteriores se pueden superar si se lleva a cabo un sobrecalentamiento en la caldera y una completa

condensación en el condensador. La gráfica que describe tal ciclo, en contraste con la anterior se muestra a continuación.



Gráfica 3 Ciclo de Rankine. Termodinámica. Yunus A. Cengel. 7ª Ed. Mc Graw Hill. 2011.

Como se observa en la gráfica de entalpía contra temperatura, la adición de calor en la caldera es más eficiente, la expansión en turbina alcanza una temperatura mayor y la condensación en el condensador es total, igualmente la compresión o bombeo se ha optimizado. El anterior ciclo se conoce como el ciclo de vapor de Rankine simple en estado ideal.

A continuación se procede a explicar, paso por paso, los procesos que tiene lugar en el presente ciclo. Ha de suponerse que el ciclo comienza en la fase de bombeo con un líquido saturado que se bombea hasta la caldera; en ésta, la temperatura del agua aumenta hasta salir como vapor sobrecalentado. Cabe mencionar que la caldera no es otro elemento que un inmenso intercambiador de calor dentro del cual se aprovechan los gases generados en la combustión para facilitar, en el sobrecalentador, la transferencia por medio de la convección. Posteriormente, se presenta una expansión isentrópica y se genera un trabajo mecánico que hace girar la turbina que, a su vez, mueve un generador eléctrico produciendo la transformación de energía mecánica a eléctrica.

A renglón seguido, la presión y temperatura del fluido del vapor disminuyen hasta condensarse, con una presión constante en el condensador. De este último, es preciso mencionar que es un gran intercambiador de calor que disipa la temperatura en un medio de enfriamiento como una piscina o una torre (atmósfera). Finalmente, posterior a la condensación, el fluido es tomado por la bomba e impulsado de nuevo a la caldera completando así el ciclo ideal. Es importante mencionar que el área bajo la curva de la gráfica entalpía versus temperatura corresponde a la transferencia de calor presente en el proceso.

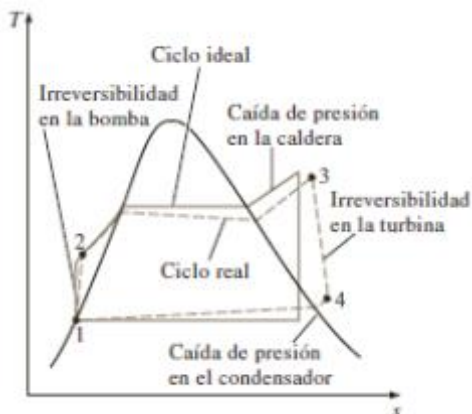
A continuación se enuncia, con fines meramente informativos, la ecuación de energía de flujo estacionario por unidad de masa de vapor en el ciclo de Rankine.

$$(q_{\text{entrada}} - q_{\text{salida}}) + (w_{\text{entrada}} - w_{\text{salida}}) = h_x - h_e$$

No obstante lo anterior, el ciclo descrito arriba es ideal. Por tanto, es ineludible analizar las pérdidas que se presentan en la realidad en los distintos elementos que intervienen en el proceso. De manera general, la fricción del vapor con las tuberías y las pérdidas de calor en todos los tramos de tubería que intervienen en el ciclo, constituyen los dos aspectos más importantes que restringen la idealidad del ciclo de Rankine.

Como primera medida, discutiendo lo propio acerca de la fricción del fluido, cabe recordar que la caldera, en su conjunto, cuenta con innumerables tramos de tubería (en calderas acuotubulares el hogar y el sobrecalentador) que constituyen si bien un medio de transporte, un óbice que genera caída de presión a la entrada de la turbina. Es lógico pensar que las presiones de salida en el sobrecalentador de la caldera y la de entrada a la turbina son diferentes; en el caso particular, la presión de entrada a turbina es menor. Adicionalmente, el condensador está expuesto a sufrir perforaciones a través de las cuales se filtra aire que genera pérdidas de calor. Debido a esto, la estación de bombeo debe contar con unas bombas más robustas que compensen las pérdidas de presión a lo largo del proceso.

El presente análisis estaría incompleto si no se consideraran las pérdidas de calor por efecto de fugas de vapor a la atmósfera en los distintos elementos y equipos que intervienen en el ciclo. Es palmario que a lo largo de las secciones de tubería es posible perder secciones de aislamiento térmico o tener perforaciones a través de las cuales se generen salidas indeseadas de vapor a la atmósfera y que por tanto, generan que se reciba vapor a menor temperatura en la turbina o en otros equipos asociados al ciclo. Ejemplo de lo anterior lo constituye el hecho de que si se presentan pérdidas de calor en la tubería que lleva el vapor a la turbina, será preciso emplear más combustible en la caldera para compensar la caída de temperatura, y por tanto, se requerirá más trabajo para transferir la energía que se requiere en el ciclo. Finalmente, debe considerarse la potencia eléctrica consumida por los equipos auxiliares que hacen parte de la central de generación. A continuación se muestra una gráfica que ilustra la diferencia entre el ciclo ideal y el ciclo real de vapor de Rankine.



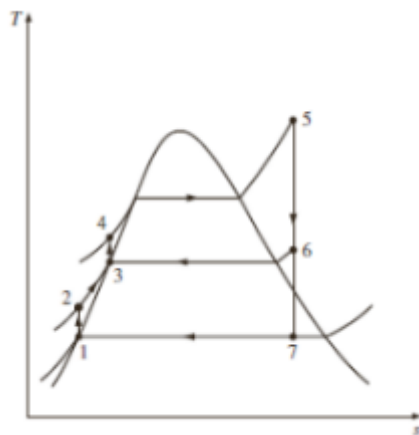
Gráfica 4 Ciclo de Rankine real e ideal. Termodinámica. Yunus A. Cengel. 7ª Ed. Mc Graw Hill. 2011.

Como información complementaria es preciso mencionar que la eficiencia del ciclo de Rankine se puede mejorar considerando variación en dos aspectos fundamentales del ciclo, como lo constituyen el aumento de temperatura y presión en la caldera y la disminución de la presión y la temperatura en el condensador. Ampliando la información del primer aspecto, se puede afirmar que por medio de los sobrecalentadores, al elevar la temperatura (cuidando lógicamente la integridad del metal) se compensan las pérdidas naturales del ciclo, y se disminuye la presencia de humedad de vapor que llega a la turbina. Por otra parte, si se disminuye la presión dentro del condensador, como es lógico, disminuirá la temperatura y por tanto no deberá emplearse la misma cantidad de agua (elemento enfriador) para lograr la condensación y el tiempo en que se lleva a cabo este proceso será ostensiblemente menor.

Por otra parte y en aras de finalizar el presente aparte, se considera una variación del ciclo de Rankine, conocida como el ciclo de Rankine regenerativo. Dentro de esta consideración no se cuenta únicamente con los cuatro elementos básicos del ciclo, sino que, por consideraciones que más adelante se enunciarán, se añaden elementos adicionales, como lo constituyen los recalentadores. Estos elementos tienen por función elevar la temperatura posterior a la condensación en el condensador hasta la etapa de bombeo (bomba de agua de alimentación) y continuar su elevación hasta su ingreso a la caldera, en aras de disminuir el combustible empleado en la combustión dentro de esta.

Los recalentadores son, igualmente, intercambiadores pequeños de calor que aprovechan vapor tomado de las extracciones de turbina, cuya temperatura varía de acuerdo a la etapa de donde sean

tomados, dirigiéndolo, según sea el caso, a tal o cual recalentador para ir aumentando la temperatura de manera gradual. En algunos casos, es posible emplear dos turbinas, de alta y baja presión, y un recalentamiento entre ellas para mejorar ostensiblemente la eficiencia del ciclo. Tal es el caso de las centrales de generación de ciclo combinado. A continuación se muestra un diagrama del ciclo de Rankine regenerativo en donde se ilustran los comportamientos de los recalentadores dentro del ciclo.



Gráfica 5 Ciclo de Rankine regenerativo. Termodinámica. Yunus A. Cengel. 7ª Ed. Mc Graw Hill. 2011.

4.2.2 COMBUSTIÓN

Dentro del presente trabajo es menester teorizar acerca de los elementos que intervienen dentro del proceso de generación. Uno de estos elementos, sin el cual sería imposible el proceso de generación de energía en centrales térmicas es el de la combustión, que para nuestro caso, tiene lugar en el hogar de una caldera de vapor. En esta cámara se presenta un proceso en el que intervienen elementos que son susceptibles de quemarse y liberar energía. Estos elementos se componen de hidrógeno y carbono y para el caso que compete, se discutirá más específicamente el papel del carbón mineral. Ofreciendo, por tanto, una definición de lo enunciado anteriormente, es que toda reacción química durante la cual se oxide un combustible y se libere una gran cantidad de energía se le conoce como un proceso de combustión.³

El elemento oxidante, por excelencia, empleado en este proceso es el aire. Solamente para ciertos casos particulares se emplea el oxígeno puro, como lo constituyen procedimientos de soldadura y oxicorte.

³ Combustibles y combustión. Termodinámica. Yunus A. Cengel. 7ª Ed. Mc Graw Hill. 2011.

Durante el proceso de combustión, y como subproductos de esta, se genera nitrógeno, el cual se comporta como gas inerte que reacciona con otros elementos formando pequeñas concentraciones de óxidos nítricos. A pesar de no hacer parte directa de la combustión, el nitrógeno presenta la particularidad de absorber parte de la energía química que se libera en la combustión.

4.2.3 PRESIÓN

Presión: Es una fuerza por unidad de superficie que, dependiendo del sistema de unidades del que estemos hablando, puede ser medido en bares, atmosferas, pascales, kilogramos por centímetro cuadrado (kg/cm^2), PSI, etc.

Presión absoluta: Es la medida de presión de presión que toma como referencia el cero absoluto de presión.

Presión atmosférica: Es la presión que ejerce la atmósfera terrestre y que se mide con la ayuda de un barómetro. A nivel del mar se aproxima a 760 mmHg o 29,9” de Hg.

Presión relativa: Es la medida de presión que arroja un instrumento capaz de sensar la diferencia entre la presión absoluta y la presión atmosférica del lugar donde se efectúa una medición.

Presión diferencial: Corresponde a la medida de la diferencia entre dos lecturas de presión.

Vacío: Es la medida de presión que se sensa por debajo de la presión atmosférica y que corresponde, igualmente, a la diferencia de presiones entre la presión atmosférica y la presión absoluta. Se mide, por lo general, en mm de columna de mercurio, mm de columna de agua o pulgadas de columna de agua.

4.2.4 TIPOS DE TRANSMISORES DE PRESIÓN ⁴

4.2.4.1 Mecánicos: Dentro de esta selección de instrumentos podemos distinguir dos categorías:

1. Los elementos primarios de medida directa, que son aquellos que emplean la comparación entre el fluido medido y la presión que ejerce un líquido de densidad y altura conocidas. Dentro de esta categoría podemos identificar los manómetros de tubo en U, barómetros de cubeta, etc. Por otra parte dentro de la segunda categoría encontramos los elementos primarios elásticos que se deforman por efecto de la presión interna del fluido que contienen. Ejemplo de esto lo constituyen el tubo Bourdon, el elemento en espiral, el diafragma y el fuelle.

El tubo Bourdon es un tubo, por lo general construido en acero inoxidable con una sección elíptica y una forma que semeja un anillo casi completo, cuyo principio de funcionamiento se basa en la tendencia de éste a enderezarse cuando la presión del fluido al interior del tubo aumenta. Cuando eso sucede, el movimiento que se genera en el tubo se transmite a una aguja indicadora (ubicada sobre una carátula con una referencia) por medio de un elemento dentado y un piñón.

El espiral se consigue al enrollar el Bourdon, en forma de espiras, en torno a un eje. Por otra parte, el helicoidal se forma arrollando más de una espira en forma de hélice, aprovechando, en ambos casos, los grandes desplazamientos que proporcionan estos tipos de elementos.

El diafragma, empleado para pequeñas presiones, cuenta con elementos circulares soldados entre sí y que tras el esfuerzo de deformación que ejerce el fluido, transmiten el desplazamiento, el cual es amplificado por un juego de palancas. Se crea por tanto una relación funcional, que se propende por que tienda a la linealidad, entre el desplazamiento de los elementos circulares que forman el diafragma y la medida de presión. Cabe resaltar que el material empleado para dicho tipo de sensor mecánico es normalmente aleación de níquel o Inconel.

Para el caso del fuelle, que guarda similitud con el diafragma, se cuenta con un elemento de una sola pieza flexible, capaz de contraerse o dilatarse de manera axial y por lo general empleado para sensado de pequeñas presiones. Cabe mencionar que el material empleado para la construcción de

⁴ Instrumentación industrial. Antonio Creus Solé. 6ª Ed. 1997. Marcombo. Barcelona, España.

este tipo de sensores mecánicos es, por lo general, aleación de bronce-fósforo.

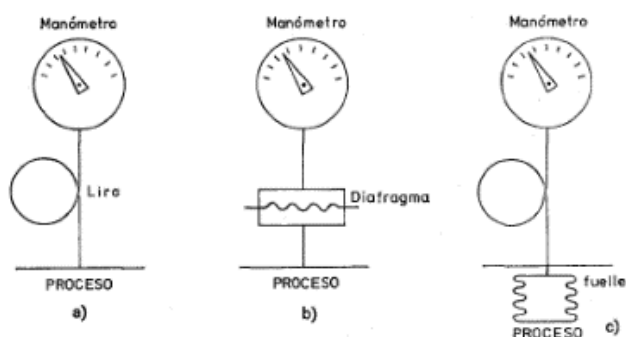


Imagen 37 Tipos de sello. Instrumentación industrial. Antonio Creus Solé. 6ª Ed. 1997. Marcombo. Barcelona, España.

4.2.4.2 Neumáticos: En la presente categoría se cuentan tres tipos de transmisores: los de equilibrio de movimientos, equilibrios de fuerzas y equilibrios de momentos. Ambos sistemas se basan en el sistema tobera-obturador, el cual cuenta con una presión de entrada, una restricción, una tobera y un obturador que interactúan entre sí constituyendo el principio de funcionamiento de los sensores neumáticos. El mencionado principio de funcionamiento consiste en el ingreso de una presión de referencia normalizada que atraviesa una restricción, llena un volumen cerrado V y escapa a la atmósfera a través de una tobera por efecto del desplazamiento de un obturador. Debido a que el modelado matemático de dicho sistema es complejo y extenso, solamente se procede a enunciar lo básico respecto de dicho principio de medición.

Conociendo el anterior principio, el transmisor neumático que se basa en el equilibrio de movimientos y fuerzas, cuenta con un fuelle de realimentación que es capaz de desplazar una palanca generando desbalanceo, lo cual, a su vez, mueve el obturador y alivia la presión a la atmósfera, como se enunció anteriormente. Consecuentemente, una válvula piloto amplifica la presión posterior a la tobera y genera una señal de salida, por lo general entre 0,2 y 1 Bar.

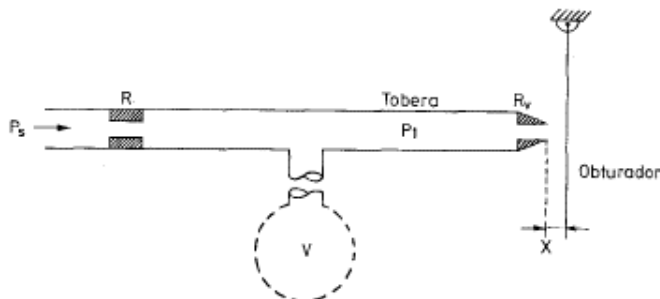


Imagen 38 Sistema tobera-obturador. Instrumentación industrial. Antonio Creus Solé. 6ª Ed. 1997. Marcombo. Barcelona, España.

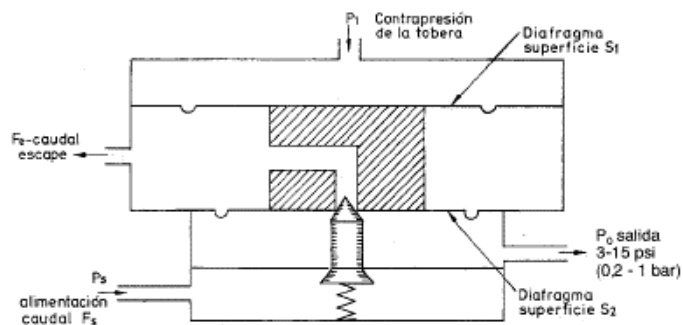


Imagen 39 Válvula piloto con realimentación. Instrumentación industrial. Antonio Creus Solé. 6ª Ed. 1997. Marcombo. Barcelona, España.

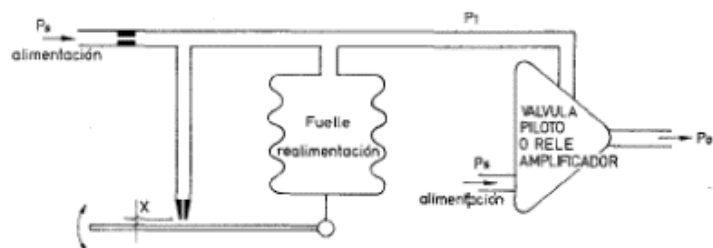


Imagen 40 Transmisor de equilibrio de movimientos. Instrumentación industrial. Antonio Creus Solé. 6ª Ed. 1997. Marcombo. Barcelona, España.

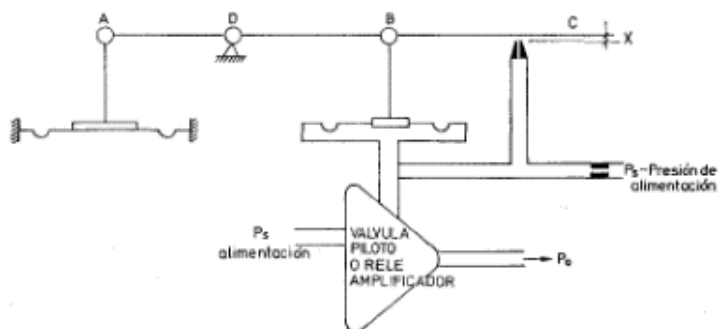


Imagen 41 Transmisor de equilibrio de fuerzas. Instrumentación industrial. Antonio Creus Solé. 6ª Ed. 1997. Marcombo. Barcelona, España.

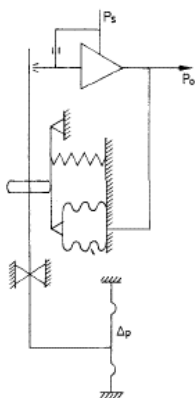


Imagen 42 Transmisor de equilibrio de momentos. Instrumentación industrial. Antonio Creus Solé. 6ª Ed. 1997. Marcombo. Barcelona, España.

4.2.4.3 Electromecánicos: Dentro de esta categoría podemos identificar unas subclases, que se procederán a explicar de manera sucinta. En primer término se tienen los transmisores resistivos que cuentan con una entrada de presión que actúa directamente sobre un tubo Bourdon o un elemento de fuelle o diafragma. Al generarse desplazamientos, estos actúan sobre un potenciómetro de precisión el cual varía una de las resistencias de un circuito de puente de Wheastone generando una salida en corriente lo suficientemente grande como para no necesitar un circuito de amplificación. Sin embargo, este tipo de transductor electromecánico es poco sensible a pequeñas variaciones de presión y altamente susceptible a perturbaciones como la vibración y la temperatura. Cuenta con una precisión de 1-2 %

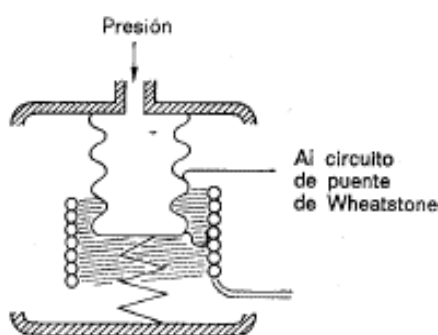


Imagen 43 Transmisor de presión resistivo. Instrumentación industrial. Antonio Creus Solé. 6ª Ed. 1997. Marcombo. Barcelona, España

Adicionalmente, existen los transductores de tipo magnético que según su principio de funcionamiento se subdividen en dos: transductores de inductancia variable y de reluctancia variable. Para el primer caso se tiene una o varias bobinas, alimentadas con una tensión alterna, dentro de las cuales penetra un núcleo móvil que se desplaza por efecto de la presión, gracias a un tubo Bourdon, un fuelle o diafragma.

Es preciso aclarar que a medida que el núcleo incide en el arreglo de bobinas que simula un primario, un secundario y terciario de un transformador, se induce una tensión en los dos últimos arrollamientos, e igualmente, se reduce la corriente en el circuito debido a la fuerza electromotriz de autoinducción. Tal variación de corriente y tensión es aprovechada por un circuito electrónico que es capaz de patronar dicha variable y arrojarla en forma de una medida de presión. Cuenta con una precisión de 1 %.

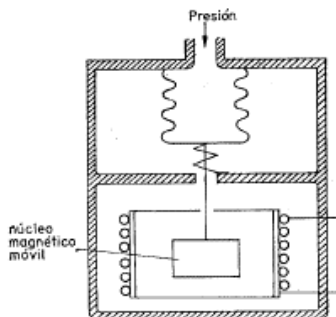


Imagen 44 Transmisor de presión de inductancia variable. Instrumentación industrial. Antonio Creus Solé. 6ª Ed. 1997. Marcombo. Barcelona, España.

Por otra parte, en los transductores basados en el principio de reluctancia variable se cuenta, de la misma forma que en el caso anterior, con un núcleo magnético móvil que se mueve por efecto del desplazamiento de un tubo Bourdon, fuelle o un diafragma, que incide en el campo magnético generado por un electroimán o un imán permanente, sobre el cual se arrolla una bobina. A medida que el núcleo móvil incide en el campo magnético varía la reluctancia, y por tanto, el flujo magnético. Esta variación de flujo induce una corriente en el arrollamiento que es proporcional al desplazamiento de la estructura móvil. En tal caso, dicha corriente se aprovecha por un circuito electrónico para patronar la variación de la intensidad y presentarla como una lectura de presión.

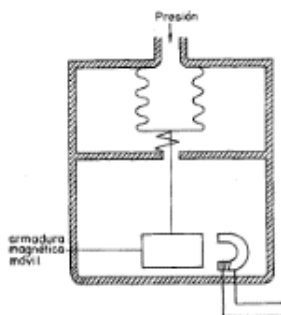


Imagen 45 Transmisor de presión de inductancia variable. Instrumentación industrial. Antonio Creus Solé. 6ª Ed. 1997. Marcombo. Barcelona, España.

En lo referente a transmisores que emplean el principio capacitivo se cuenta con una placa móvil y una fija, que simula las placas de un condensador. Al generarse desplazamiento de las placas, se varía la capacidad que a su vez puede dirigirse o bien a un circuito oscilante o de puente de Wheastone alimentado con corriente alterna. Cabe recordar, que al igual que en los anteriores casos, el desplazamiento de las placas del condensador se logra por efecto de la presión que actúa sobre éstas. Posteriormente, la señal obtenida del circuito de puente u oscilante puede ser aprovechada para patronar la salida en términos de unidades de presión. Es preciso mencionar que su precisión es de 0,2 a 0,5 %

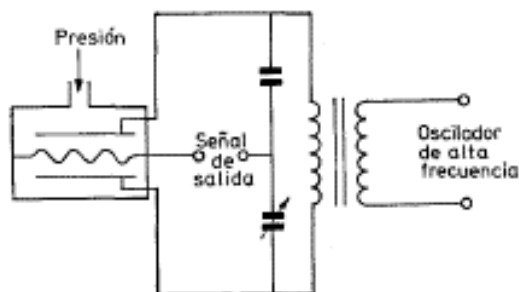


Imagen 46 Transmisor de presión principio capacitivo. Instrumentación industrial. Antonio Creus Solé. 6ª Ed. 1997. Marcombo. Barcelona, España.

Por otra parte, se cuenta con los transductores extensiométricos, que se basan en la variación de longitud y diámetro de los hilos de resistencias presentes en una galga. Tal variación se presenta por efecto de una fuerza mecánica, como lo constituye la presión del fluido medido. La galga forma, a su vez, parte de un circuito de puente de Wheastone que se mantiene equilibrado; cuando la presión deforma la galga, desbalancea el puente, tal desbalanceo que se manifiesta como una variación en la corriente que circula por las ramas, se emplea para patronar la lectura de presión que se está midiendo.

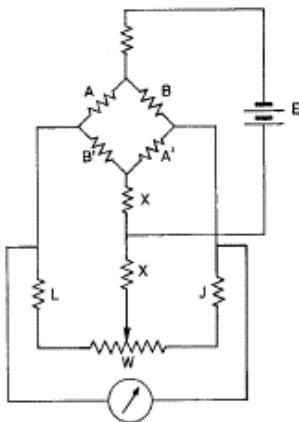


Imagen 47 Transmisor de presión principio extensiométrico. Instrumentación industrial. Antonio Creus Solé. 6ª Ed. 1997. Marcombo. Barcelona, España.

Respecto de los transductores piezoeléctricos, es preciso mencionar que emplean materiales cristalinos que al estar expuestos a un esfuerzo de deformación, que para el caso es ejercido por una presión, son capaces de oscilar y generar una señal eléctrica pequeña que se amplifica y acondiciona en aras de obtener una variable eléctrica de magnitudes y características medibles con facilidad, que a su vez serán patronadas y presentadas como medidas de presión dentro del proceso que se está analizando.

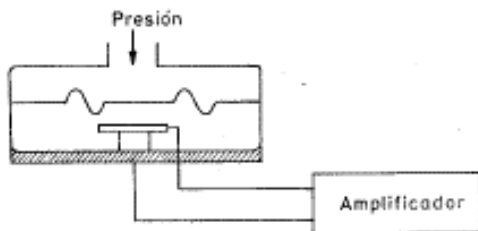


Imagen 48 Transmisor de presión principio piezoeléctrico. Instrumentación industrial. Antonio Creus Solé. 6ª Ed. 1997. Marcombo. Barcelona, España.

En lo que a sensores de tipo electrónico compete, es importante mencionar que dichos elementos emplean algunos de los principios de funcionamiento enunciados anteriormente, como lo son el principio capacitivo y de puente de Wheastone de silicio fundido. Para este caso particular es imperativo mencionar que el instrumento es capaz de generar una oscilación y demodulación, así como la conversión análoga- digital, la linealización y almacenamiento de las señales, la conversión digital-análoga y finalmente la entrega de una señal de naturaleza deseada, bien sea de 4 – 20 mA o en el protocolo que se desee.

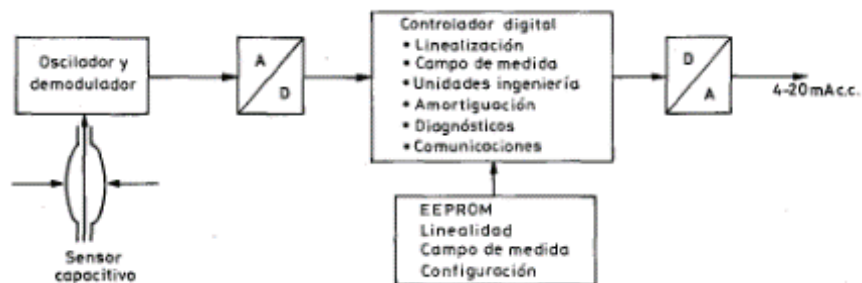


Imagen 49 Transmisor electrónico basado en principio capacitivo. Instrumentación industrial. Antonio Creus Solé. 6ª Ed. 1997. Marcombo. Barcelona, España.

4.2.5 SENSORES DE TEMPERATURA

Dentro de la presente y extensa familia de sensores se incluyen los correspondientes a termómetros de vidrio, termómetros bimetálicos, termopares, RTD's, y en algunos casos pirómetros.

En primer término se procede a explicar lo correspondiente a los termómetros de vidrio y sus diferentes presentaciones y principios de funcionamiento.

Como primera medida se consideran los termómetros de vidrio, los cuales contienen distintas sustancias que por efecto del aumento de temperatura, se expanden y suben en forma de columna, por un capilar el cual se encuentra embebido en un marco que cuenta con una escala. Es preciso

mencionar que los termómetros de vidrio, dependiendo de la temperatura de proceso que se desea medir, pueden ser contener mercurio, alcohol, pentano e inclusive tolueno.



Imagen 50 Termómetro de vidrio. Fuente: internet.

Por otra parte, los termómetros bimetalógicos basan su funcionamiento en la existencia de dos coeficientes de dilatación diferentes. Estos elementos sensores de temperatura suelen presentar construcciones en forma de láminas que pueden ser rectas, curvas o en forma de espirales o hélices. Una ventaja de los mencionados elementos sensores de temperatura es que se evitan rozamientos debido a la configuración que omite por completo la presencia de rodamientos, pues el eje y el elemento están unidos por un cojinete. El elemento puede ofrecer un rango de medición de entre -200 a + 500 °C y una precisión de $\pm 1\%$.

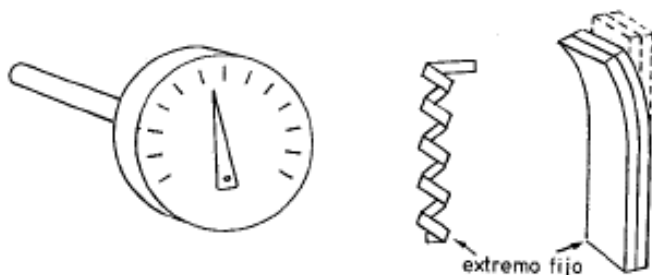


Imagen 51 Termómetro bimetalógico. Instrumentación industrial. Antonio Creus Solé. 6ª Ed. 1997. Marcombo. Barcelona, España.

Concomitante con lo anterior, debe indicarse, que los termómetros de tubo y capilar juegan un papel decisivo en el sensado de esta variable fundamental. De éstos, es imperioso mencionar que cuentan con un tubo que, por medio de un capilar, se conecta a una espiral, la cual, por efecto de la expansión de un fluido contenido en su interior, desenrolla una espiral, lo que a su vez mueve una aguja indicadora y por tanto arroja una lectura de temperatura. De este tipo de elementos sensores podemos distinguir 4 clases: termómetros actuados por líquido, termómetros actuados por vapor, termómetros actuados por gas y termómetros actuados por medio de mercurio.

En lo que a termómetros actuados por líquido respecta, el sistema consta de un capilar que contiene un líquido y cuya expansión es proporcional a la temperatura medida. Dentro de los líquidos más empleados para estos elementos se tienen el éter y el alcohol. Adicionalmente, cabe

mencionar que en aras de evitar errores en la medición se emplean compensaciones para perturbaciones externas tales como la temperatura ambiente y la longitud y volumen del capilar. El rango de medición de este elemento oscila entre los 150 °C hasta los 500 °C, todo depende del fluido que se esté empleando.

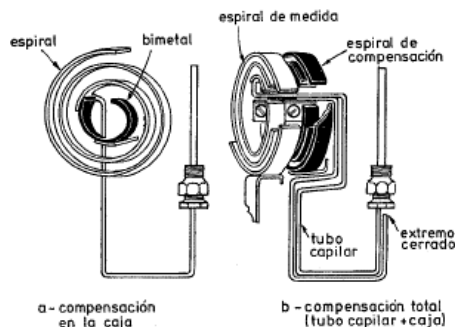


Imagen 52 Termómetro de bulbo y capilar. Instrumentación industrial. Antonio Creus Solé. 6ª Ed. 1997. Marcombo. Barcelona, España.

El principio se mantiene para los termómetros que actúan por virtud del gas. Para este caso, dentro del capilar se encuentra contenido un gas cuya presión varía debido al aumento de la temperatura. Tal presión es capaz de desenrollar la espiral generando así, sobre una escala, una lectura de cantidad de calor medida de manera continua sobre un proceso particular.

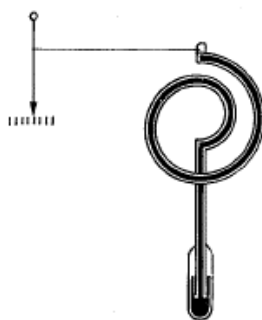


Imagen 53 Termómetro de bulbo y capilar, actuado por gas. Instrumentación industrial. Antonio Creus Solé. 6ª Ed. 1997. Marcombo. Barcelona, España.

Por otra parte, los elementos que sensan la temperatura en función de la variación de resistencia del material, constituye sin lugar a dudas un elemento fundamental en la medición de esta importante variable. De estos elementos es preciso aclarar que constan de arrollamientos fabricados en algún material conductor, bobinado entre capas de aislante y protegido por medio de vidrio o cerámica. Un concepto que aclara la relación existente entre el aumento de la temperatura y la variación de resistencia es el “**coeficiente de temperatura de resistencia**”, el cual para cada material, arroja las variaciones en el valor de la resistividad para distintas temperaturas. Esta relación funcional se expresa con la expresión:

$$R_t = R_0(1 + \alpha t)$$

Estos elementos cuentan con altos coeficientes de temperatura, por tanto, son bastante sensibles, y presentan un grado de linealidad alto en su respuesta. Los elementos más empleados para las sondas de resistencia son el platino y el níquel. De aquel, cabe mencionar que es en extremo costoso, empero su excelente estabilidad y precisión. De éste, que es más asequible económicamente y posee una resistencia más alta, por lo tanto cuenta con más variación por grado, sin embargo, no cuenta con una alta linealidad en su salida.

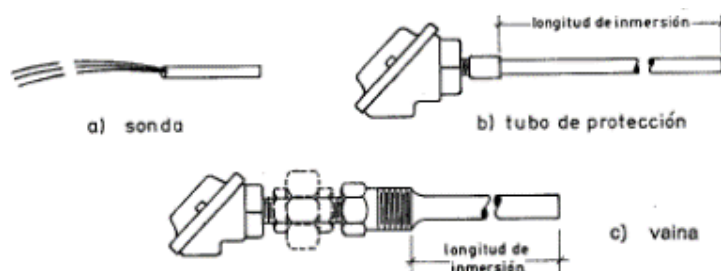


Imagen 54 Tipos de sonda de resistencia. Instrumentación industrial. Antonio Creus Solé. 6ª Ed. 1997. Marcombo. Barcelona, España.

La variación de la resistividad en las sondas se mide gracias a un puente de Wheatstone, cuyas configuraciones pueden ser de 2, 3 y hasta 4 hilos.

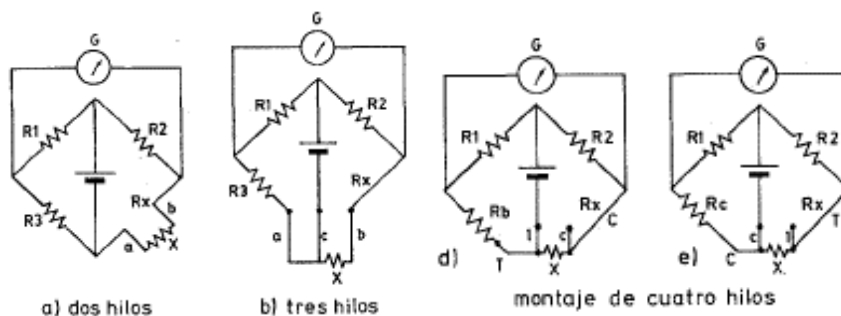


Imagen 55 Configuraciones de sondas de resistencia para distintos hilos. Instrumentación industrial. Antonio Creus Solé. 6ª Ed. 1997. Marcombo. Barcelona, España.

Un elemento adicional que se puede emplear para el sensado de la temperatura lo constituyen los termistores. Estos elementos hacen parte de la familia de los semiconductores. Logran, para pequeños cambios de temperatura, grandes cambios en resistencia (de manera negativa). Igualmente, como con las sondas de resistencia, al tener un alto coeficiente de temperatura, permiten intervalos de medida muy pequeños. Estos elementos, principalmente, se emplean para medidas de temperatura diferencial, compensación y control. Por lo general, estos dispositivos electrónicos se fabrican con óxidos de níquel, manganeso, hierro, cobalto, cobre, magnesio y titanio.

Finalmente, se han de citar los elementos conocidos como termopares. En estos elementos, que basan su principio de funcionamiento en el efecto Seebeck, gracias a la unión entre dos materiales diferentes que se mantienen a distinta temperatura, se presenta la liberación o absorción de calor por efecto de la circulación de corriente cuando existe un gradiente de temperatura.

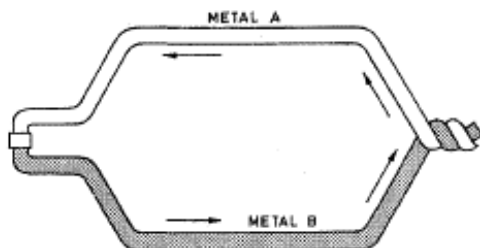


Imagen 56 Termopar elemental. Instrumentación industrial. Antonio Creus Solé. 6ª Ed. 1997. Marcombo. Barcelona, España.

Es importante mencionar las tres leyes por las cuales se rigen el comportamiento de los termopares. La primera de estas establece que en un conductor homogéneo no puede sostenerse la circulación de una corriente, aplicando únicamente calor. En segundo término, la que es conocida como ley de metales intermedios, establece que si en un circuito de varios conductores la temperatura es uniforme desde un punto de soldadura A, a otro punto B, la suma algebraica de todas las fuerzas electromotrices es totalmente independiente de los conductores metálicos intermedios y es la misma que si se pusieran en contacto directo A y B. Como última consideración se tiene que La f.e.m. generada por un termopar con sus uniones a las temperaturas T_1 y T_3 es la suma algebraica de la f.e.m. del termopar con sus uniones a T_1 y T_2 Y de la f.e.m del mismo termopar con sus uniones a las temperaturas T_2 y T_3

4.2.6 SENSORES DE NIVEL

Se considera, dentro de esta familia de medidores, aquellos elementos capaces de sensor la altura de una columna de líquido sobre una retícula de referencia. Igualmente, podemos contar dentro de lo presente, a los medidores que emplean la presión hidrostática, el cambio de posición de un flotador, o las condiciones eléctricas propias del fluido o sólido contenido.

Para dar comienzo a la categorización de los presentes sensores, se ha de profundizar, primero, en aquellos que de manera directa hacen medición del líquido o sólido, como lo son: sondas, cintas, niveles visuales, flotadores y plomadas.

Como primera medida, los elementos como sondas y cintas, son empleados para medir líquidos en depósito abiertos, expuestos a la presión atmosférica. Cabe mencionar que dichos elementos constan de un cuerpo rígido que cuenta con una escala que ilustra un nivel del líquido al momento de sumergirse dentro de éste. Concomitante con este tipo de medidor, podemos identificar la varilla con gancho, que emplea un principio funcional similar, con la variación de que cuenta con un gancho que incide sobre la superficie del líquido y que indica, sobre una escala la distancia entre la superficie del líquido y la boca del recipiente, indicando, de esta manera, el nivel del fluido contenido. Un elemento similar lo constituye la plomada y la cinta graduada. Este dispositivo cuenta con una plomada que se sumerge dentro del líquido que pende de una cinta graduada y que indica, en la parte superior del carrete, la longitud de cinta sumergida, y con la cual, a su vez, se patrona el nivel del líquido.

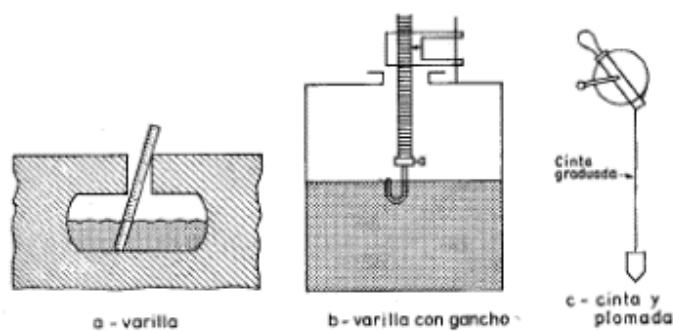


Imagen 57 Elementos para medición de nivel. Antonio Creus Solé. 6ª Ed. 1997. Marcombo. Barcelona, España.

Por otra parte, se tienen los niveles visuales que constan, básicamente, de un tubo de vidrio cuyos extremos se encuentran cerrados por prensaestopas y que cuentan con tres válvulas para cierre de seguridad de los extremos y purga del líquido. En algunos casos, el presente elemento cuenta con refuerzos de armadura en metal, distribuidos por secciones. Adicionalmente, el vidrio puede contar en su interior, con cristales de reflexión para ayudar a la visualización de la columna de líquido. Una desventaja del presente tipo de medidor lo constituye la posibilidad de que el cristal se ensucie por efecto del líquido mismo, esto, a todas luces, supone una dificultad para el empleo de dicha tecnología. Empero la presente dificultad, la ventaja, en términos de realidad de la medida es innegable.

Los elementos del tipo flotador, ocupan, de igual manera, especial atención en esta exposición. Estos tipos de medidores, constan de un elemento con gran capacidad de flotación del que pende un indicador que se halla sobre una escala. Una variación de este elemento lo constituye el flotador con piezas magnéticas.

El mencionado sensor, consta de imanes permanentes que orientan piezas metálicas a medida que el flotador se desplaza, brindando una indicación y aproximación del nivel de líquido presente en el recipiente. Empero, la presencia de piezas móviles implica un riesgo de falla por atascamiento de éstas. Es importante mencionar que los medidores de nivel, según sus diversas configuraciones, pueden llegar a brindar una precisión de $\pm 0,5\%$. Cabe resaltar, igualmente, que éstos requieren procedimientos de instalación y calibración compleja, y que en algunos casos, según la naturaleza del fluido contenido, dificultan todos los procesos relacionados con este tipo de medición.

Es preciso resaltar que a esta tecnología se pueden acoplar elementos que faciliten el control de nivel, considerando alarmas o acciones respectivas de acuerdo a la altura sensada, ejemplo de esto lo constituyen los transmisores neumáticos o eléctricos que podrían generar señales de control o visualización, acopladas a un sistema SCADA que bien podrían estribar en una acción respectiva automática o manual.

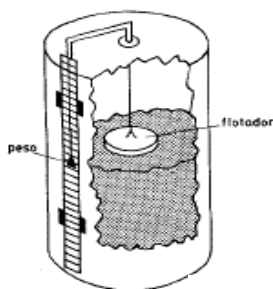


Imagen 58 Elemento para medición de nivel del tipo flotador. Instrumentación industrial. Antonio Creus Solé. 6ª Ed. 1997. Marcombo. Barcelona, España.

Por otra parte, los medidores que basan su funcionamiento en la presión hidrostática ocupan, son, sin lugar a dudas, contemplados de manera sucinta en el presente capítulo. De éstos, es preciso mencionar, como primera medida el medidor de tipo manométrico. Este tipo de medidor, cuenta con un recipiente pequeño para la decantación del fluido, en el cual, se genera una presión hidrostática que es percibida por un manómetro, cuya lectura puede asociarse con el nivel del líquido contenido.

Como desventaja de este elemento, se considera el pequeño rango de medida que puede tener y la posibilidad de que el fluido tenga sólidos en suspensión o que presente coagulación. En dado caso, el fuelle o diafragma del manómetro puede verse afectado alterando la medición de manera ostensible. Es importante recordar, que se puede emplear un transductor que genere señales de 4 – 20 mA y que pueden llevarse a un sistema de control para generar las acciones pertinentes, según sea el caso.

Una importante variación de este tipo de medidores de nivel lo constituye el medidor de tipo burbujeo, que constan de un tubo sumergido en el líquido, a través del cual se hace circular aire de manera controlada. El aire se desplaza por efecto de la variación de altura del fluido. Gracias a este desplazamiento del aire contenido, en la tubería, se puede lograr una lectura en un transmisor, cuya señal puede patronarse con la variación de alturas del fluido. Es preciso mencionar que no solamente puede emplearse aire para generar la diferencia de presiones, igualmente, puede emplearse otro tipo de gases, e inclusive, otro tipo de fluidos.

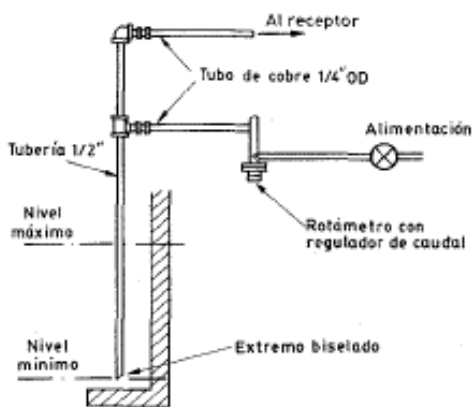


Imagen 59 Elemento para medición de nivel del tipo burbujeo. Instrumentación industrial. Antonio Creus Solé. 6ª Ed. 1997. Marcombo. Barcelona, España.

Para el caso de los elementos sensores de nivel basados en el principio de presión diferencial, se consideran el caso de tanques abiertos y cerrados. Para este primero, la presión hidrostática generada y que varía por efecto del cambio en la columna de líquido contenida en el recipiente, puede sensarse por medio de un medidor neumático o bien un transmisor electrónico, aprovechándose para patronar el nivel de líquido contenido en el tanque. Para el caso de recipientes cerrados, la presión interna, en dado caso que sea elevada, puede llegar a interferir en la medición

y complejizar el procedimiento de comparación. Por otra parte, se pueden considerar las derivaciones de tubería y a través de las cuales se capta la porción de fluido que llena las “piernas” de un transmisor de presión diferencial, o manómetro diferencial, y cuya lectura puede emplearse para sensar el nivel de líquido, es otro caso particular en el cual se emplea esta tecnología de medición.

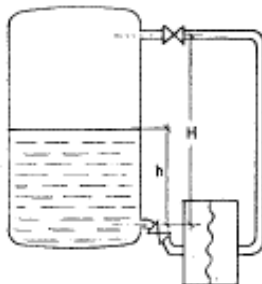


Imagen 60 Elemento para medición de nivel de presión diferencial. Instrumentación industrial. Antonio Creus Solé. 6ª Ed. 1997. Marcombo. Barcelona, España.

Es preciso mencionar, para este tipo de sensores, que cuentan con una precisión de 0,5 % para los de tipo neumático, 0,2 % a 0,3 % para los electrónicos y de 0,15 % para los transmisores inteligentes. Finalmente, para tanques cerrados, existe el riesgo de condensación de fluido en las derivaciones de alta o baja presión, lo cual puede estibar en errores en la medición.

Para el caso de los sensores que basados en las características eléctricas del fluido, se comenzará por discutir aquellos que basan cuentan con un principio funcional basado en la conducción o variación de resistividad. En el presente caso, es considerado un arreglo de electrodos, o relés electrónicos que sufren una excitación cuando el fluido les moja. Lógicamente, el fluido debe contar con buenos niveles de conducción eléctrica para generar el cierre de un circuito eléctrico y por ende, la circulación de una corriente entre los electrodos. Este sistema aprovecha el arreglo de electrodos ubicados verticalmente, adicionando temporizadores para disminuir el riesgo de lecturas erróneas por efecto de oleaje en el fluido medido, para generar señales que pueden aprovecharse para sensar niveles de manera proporcional o puntual, para el caso de alto y bajo, llevando tales señales que alimenten un lazo de control dentro del cual se ejecuten acciones en beneficio de la optimización del proceso.

Los medidores de nivel, que basan su funcionamiento en la capacitancia, emplean el principio de variación de las placas de un condensador que se forma entre el electrodo y las paredes del

recipiente. Para el caso de fluidos no conductores se emplea un arreglo simple que se compone de la capacidad del líquido, la capacidad del gas que se aloja entre la superficie del fluido y la parte superior del tanque, y las conexiones superiores. Para el caso un fluido conductor, el electrodo debe aislarse, considerando un sistema que abarque las capacidades entre el aislante y el electrodo en la zona de líquido y gas. Conexo a lo anterior, se precisa alimentar el electrodo por medio de un circuito electrónico de frecuencia alta, con el fin de disminuir los efectos de la reactancia capacitiva del aparato y minimizar los problemas generados por un eventual revestimiento del electrodo por residuos del fluido.

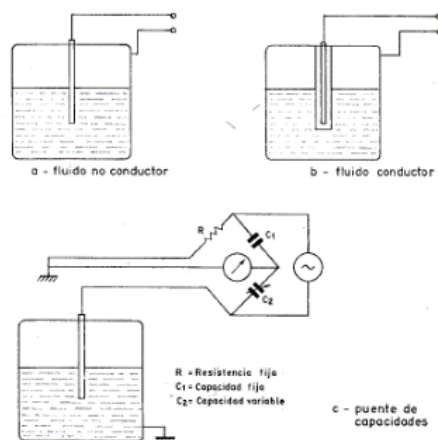


Imagen 61 Elemento para medición de nivel de presión diferencial. Instrumentación industrial. Antonio Creus Solé. 6ª Ed. 1997. Marcombo. Barcelona, España.

Estos sistemas, como desventaja, son susceptibles a los cambios de temperatura del fluido (afectan las constantes dieléctricas) y a la presencia de contaminantes dentro de este, que estriben en recubrimientos que pueden generar errores en la medición. Adicionalmente, estos elementos ofrecen una precisión de $\pm 0 - 1 \%$.

En el caso de los medidores ultrasónicos de nivel, se emplea la generación y envío de un impulso que incide sobre una superficie reflectante y su posterior recepción en un receptor. El sistema emplea el tiempo en que el eco tarda en regresar al receptor para generar una relación que depende directamente del nivel de líquido contenido en el recipiente. Basado en el principio anteriormente expuesto, las ondas, que se envían a frecuencias superiores a los 20 KHz, son capaces de atravesar, sin mayor amortiguamiento, un medio saturado de gases y el fluido mismo. Este principio de medición puede emplearse para medición continua o puntual del fluido. Para el caso de una medición continua, el receptor, asociado a un circuito electrónico, es capaz de sensar el tiempo en

que la onda se difunde, incide y regresa, generando una lectura que se asocia, al nivel del tanque; por otra parte, es posible emplear este sistema para sensar niveles altos y bajos ubicando de manera enfrentada, por lo general horizontalmente, en los puntos donde se desea medir de manera puntual un nivel. Lo anterior ocurre cuando la señal percibida por los sensores se amortigua cuando el fluido se interpone entre el emisor y el receptor.

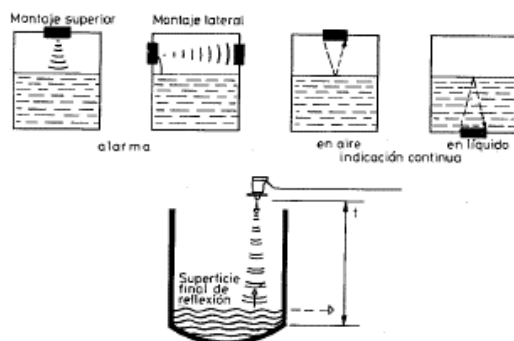


Imagen 62 Elemento para medición de nivel con ultrasonido. Instrumentación industrial. Antonio Creus Solé. 6ª Ed. 1997. Marcombo. Barcelona, España.

Es imperioso mencionar que la precisión del mencionado instrumento es de $\pm 1\%$ a 3% . Algunos inconvenientes que pueden identificarse al momento de emplear este tipo de medidores ocurren debido a que el fluido contenido presente espuma en su superficie, o que este misma no sea del todo nítida, ya que el sistema es sensible a la densidad del líquido.

Sin embargo, debido a que el presente método de sensado es susceptible de acoplarse a un sistema computacional, se pueden llegar a generar compensaciones por medio del software a inconvenientes como la presencia de espumas, adicionalmente sería posible realizar las conversiones de nivel a volumen con solo realizar operaciones matemáticas simples en un software de supervisión y control. Una mejora del presente sistema lo constituye un sistema de radar de microondas, el cual no está expuesto a variables como la temperatura ni las variaciones de densidad, ni espumas en la superficie.

Cabe recordar que un oscilador es capaz de generar ondas a una frecuencia del orden de 10 a 11 GHz, y que estas pueden incidir, sin problema alguno sobre cualquier fluido y sus respectivas condiciones. Finalmente, la diferencia de en las frecuencias entre las señales de transmisión y retorno es proporcional al tiempo empleado por estas, empleándose así el mismo principio enunciado para el ultrasonido.

4.2.7 MEDIDORES DE CAUDAL.

Debido a lo complejo y extenso que resulta explicar todos los elementos medidores de caudal que se encuentran en la industria, el presente aparte considerará únicamente los principales dentro de sus categorías y profundizará hasta el nivel de generalidad sin abarcar aspectos de modelamiento matemático, que bien pudieran encontrarse en un libro de texto enfocado a discutir y explicar lo concerniente a la instrumentación industrial.

Dentro de los medidores de caudal, debemos citar aquellos que por principio determinan el volumen de los líquidos, bien sea por medida directa o a través de un cómputo que arroja un resultado de la comparación. Para dar comienzo a este aparte, se discutirá, como primera medida, el rol que desempeñan las placas de orificio, las toberas y los tubos Venturi en la medición de dicha variable física.

Las placas de orificio son elementos planos que cuentan con una perforación en su centro, esta perforación puede ser de tres tipos: concéntrica, excéntrica y segmental. Estos dos últimos, permiten la medición para fluidos con gran contenido de sólidos en suspensión que puedan ser arrastrados en su trayecto. Adicionalmente, dos tomas ubicadas anterior y posteriormente a las placas, captan la diferencia de presiones generada por la reducción que constituye la placa en sí misma; a partir de esa diferencia de presiones, un transmisor de presión diferencial es capaz de llevar a cabo un cómputo que arroja, de manera indirecta, y basado en la diferencia de dos lecturas de presión, un valor de medida de caudal. Pueden identificarse dentro de esta categoría, tomas instaladas en las bridas que sostienen las placas, en la vena de un tubo Venturi o en una configuración radial.

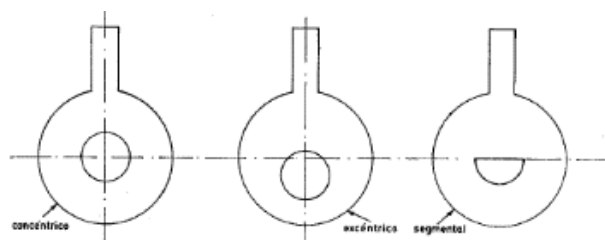


Imagen 63 Tipos de placas de orificio. Instrumentación industrial. Antonio Creus Solé. 6ª Ed. 1997. Marcombo. Barcelona, España.

Para el caso del tubo Venturi es preciso mencionar que este consiste en una reducción del radio de la tubería, a lo largo de un corto trayecto, y un ensanchamiento al radio normal de la tubería.

Consta de dos tomas, una anterior y una posterior, ésta última ubicada en el centro de la reducción. El tubo Venturi ofrece una pérdida de carga de la presión diferencial de sólo 10 % a 20 %. Los costos de instalación de un tubo Venturi son bastante elevados debido a las facilidades mecánicas y modificaciones que habría que llevar a cabo previo a la implementación. Su precisión es del orden de $\pm 0,75$ %. Dicho tubo, permite un arrastre elevado de sólidos, y aunque esta situación puede afectar directamente la medición, no es tan susceptible a dichas perturbaciones como las placas de orificio.

Para calcular las dimensiones de placas, tubos Venturi o toberas, se realizan cálculos que siguen normas internacionales como ASME, ISO, API y AGA.

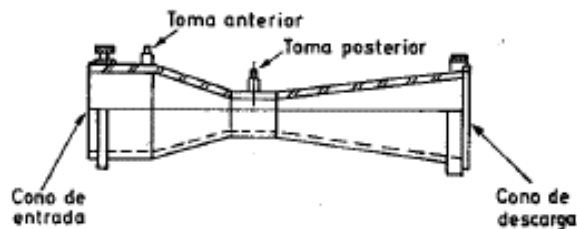


Imagen 64 Tubo Venturi. Instrumentación industrial. Antonio Creus Solé. 6ª Ed. 1997. Marcombo. Barcelona, España.

Frente al tubo Pitot se puede decir que esta variación de tubo de inserción, es capaz de calcular la diferencia entre la presión dinámica y la presión estática, por medio del cálculo de los cuadrados de las velocidades, cuyo resultado, finalmente, puede asociarse a una medida de caudal. Este tipo de tubo es capaz de sensar las variaciones en la distribución de las velocidades en la tubería, sin embargo, el hecho de que el fluido sea laminar y que esta sea una condición *sin equa non*, constituye un problema mayúsculo puesto que limita la operación de este elemento a líquidos limpios con flujos laminares. Su precisión es del orden de los 1,5 % a 4 %.

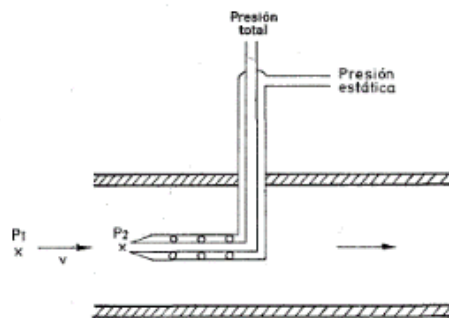


Imagen 65 Tubo Pitot. Instrumentación industrial. Antonio Creus Solé. 6ª Ed. 1997. Marcombo. Barcelona, España.

Por otro lado, el tubo Annubar, una variación del tubo Pitot consta de dos tubos, al igual que el tubo Pitot, dentro de los cuales se mide la presión total en un trayecto de un diámetro transversal de la tubería; el tubo que mide la presión estática se encuentra detrás del de presión total y cuenta con un su orificio en el centro de la tubería aguas debajo de esta. Este tubo presente una precisión de 1 %. Se emplea para la medida de grandes o pequeños caudales de líquidos o gases.

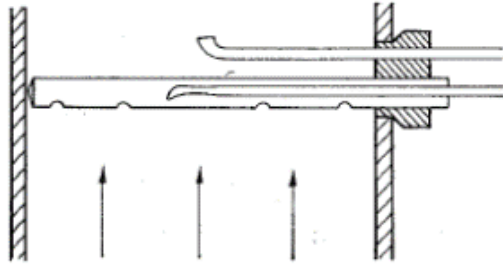


Imagen 66 Tubo Annubar. Instrumentación industrial. Antonio Creus Solé. 6ª Ed. 1997. Marcombo. Barcelona, España.

Los transmisores de fuelle y diafragma, son ampliamente usados para el sensado de caudales. Estos elementos cuentan con un principio funcional similar el cual se basa en la compresión de dos fuelles o diafragmas, repartidos en cámaras, uno para cada presión, alta y baja. Estas presiones que actúan directamente sobre el diafragma o el fuelle, son aprovechadas por un transductor neumático o eléctrico para transformar esta variable física en una señal (neumática o eléctrica) aprovechable que servirá para patronar la lectura de caudal que se busca medir. Ambas configuraciones cuentan con arreglos de válvulas que protegen al transmisor y pueden llegar a aislarlo, de requerirse. Igualmente, cuentan con una protección contra sobrecargas por medio de anillos de sello que impiden el paso de fluido de una cámara a la otra.

Ambos tipos de instrumento se aíslan del proceso, y sus presiones en las cámaras se igualan por medio de un *manifold*, que no es otra cosa que un arreglo de tres o más válvulas.

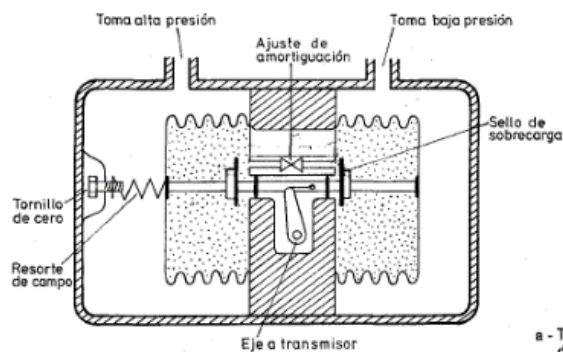


Imagen 67 Transmisor de fuelle. Instrumentación industrial. Antonio Creus Solé. 6ª Ed. 1997. Marcombo. Barcelona, España

Por otra parte se tienen los integradores mecánicos o eléctricos que engloban desde la interfaz mecánica, la transducción, el conteo y registro. Para el caso de los mecánicos se cuenta con un sistema que emplea una leva que gira a velocidad constante, sobre ésta se apoya una palanca cuya posición dependa directamente de la medida de caudal instantáneo, este tiempo de contacto entre la leva y la palanca hace actuar un contador mecánico o eléctrico. Los integradores electrónicos cuentan con una leva que se encuentra situada entre las bobinas de un oscilador y que excita un relé electrónico detector, cuando entra dentro del campo del oscilador. El relé excita a su vez un contador. La precisión de los integradores mecánicos y electrónicos es de $\pm 2\%$ para el primero y de $\pm 1\%$ para el segundo.

Cabe mencionar sucintamente los rotámetros en este aparte, los cuales se basan en un flotador que cambia su posición dentro de un tubo, de manera proporcional al caudal del fluido.

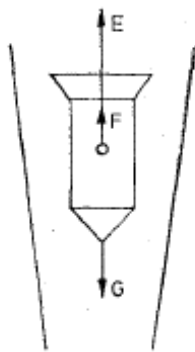


Imagen 68 Rotámetro. Instrumentación industrial. Antonio Creus Solé. 6ª Ed. 1997. Marcombo. Barcelona, España.

Por otra parte, los medidores de turbina se basan en un rotor, hidrodinámicamente equilibrado entre dos conos, que gira proporcionalmente al flujo del líquido. Cabe mencionar que existen dos tipos de métodos de captación de la velocidad de la turbina. El primero de estos es el de la reluctancia magnética que viene determinada por el paso de las palas de la turbina a través de un campo magnético creado por un imán permanente montado en una bobina exterior.

La variación de la reluctancia del circuito magnético se emplea para patronar el giro de la turbina, y de esta misma forma, el caudal de líquido que circula por la tubería. Para el caso inductivo, el rotor lleva adherido un imán permanente y el campo magnético giratorio induce una corriente alterna en una bobina exterior. Para ambos casos, la frecuencia de oscilación es proporcional al caudal del fluido que pasa por la tubería. La precisión de estos elementos es de $\pm 0,3\%$.

Es importante mencionar que los transductores que emplean el ultrasonido miden el caudal por efecto de la diferencia de velocidades del sonido al propagarse en el sentido del flujo. Es importante mencionar que para emplear estos elementos se debe conocer el área y perfil de los tubos. Existen varias configuraciones que pueden emplearse dependiendo de la necesidad y la facilidad mecánica de los tubos.

Dentro de esta categoría pueden distinguirse los medidores ultrasónicos que se basan en la desviación del sonido emitido y recibido de manera perpendicular a la tubería. Igualmente se tienen los que emplean el efecto Doppler, cuyo principio se basa en la proyección de una onda y el corrimiento en frecuencia que experimenta esta por efecto del flujo. Para este caso particular, se emplean para líquidos con alta presencia de sólidos en suspensión como fangos o mezclas. La precisión de estos elementos es de $\pm 2\%$.

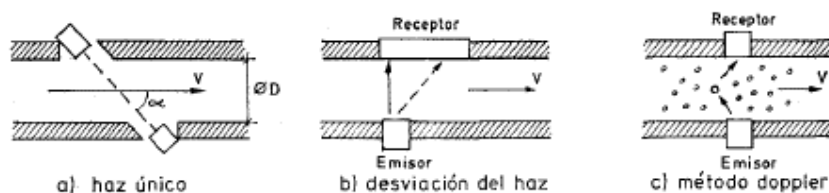


Imagen 69 Medidor ultrasónico. Instrumentación industrial. Antonio Creus Solé. 6ª Ed. 1997. Marcombo. Barcelona, España

De manera alterna, se cuenta con los medidores de placa que consisten en una placa que se aloja de manera directa en el dentro de la tubería. Por virtud de la fuerza ejercida contra la placa, debido al flujo, se ejerce una deflexión que obtura un sistema neumático o de galgas extensiométricas que sensan la fuerza ejercida sobre la placa y la asocian proporcionalmente al flujo que se desplaza dentro de la tubería.

Continuando con otra tecnología de medición, se consideran los medidores de disco y pistón oscilantes. Para el primer caso, consiste en una cámara que en su interior cuenta con discos planos móviles y ranuras de entrada y salida. Los discos oscilan de acuerdo al paso del fluido, y a través de un eje transmiten el movimiento de cabeceo a una varilla contadora cuyas revoluciones se pueden asociar directamente al caudal que se desplaza por la tubería. Para el caso del pistón sucede algo parecido, el movimiento de entrada y salida del fluido en la cámara se transmite a través de un sistema de engranajes a un eje contador que gira y a través del cual se realiza el cómputo de revoluciones, asociándolo de manera directa con el flujo.

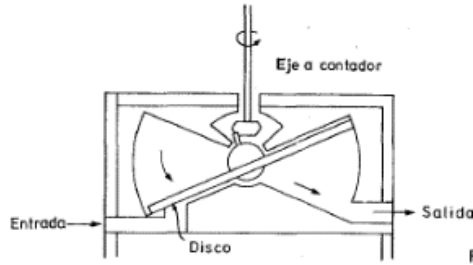


Imagen 70 Medidor de disco oscilante. Instrumentación industrial. Antonio Creus Solé. 6ª Ed. 1997. Marcombo. Barcelona, España

El medidor de torbellino y vórtex, es discutido en este aparte debido a su amplia utilización en la industria. El medidor de torbellino emplea la frecuencia del torbellino producido por una hélice estática que se ubica en el centro de la tubería. La frecuencia del torbellino es proporcional a la velocidad del fluido. La frecuencia se detecta empleando sensores de presión piezoeléctricos que sensan las presiones que se generan por las turbulencias. La precisión de este instrumento es de 0,2 %. Para el caso de los sensores de tipo vórtex, se cuenta con un principio parecido, la diferencia radica en que se sensan las presiones de los vórtices generados por un cono embebido en el la tubería y cuya frecuencia es directamente proporcional a la velocidad y por ende al caudal. La precisión de estos elementos es de ± 1 %.

Por otra parte, y discutiendo lo correspondiente a medidores que emplean el cómputo del caudal másico, se mencionan en este aparte los medidores de turbina, o de doble turbina, que consisten en rotores que tienen orificios de paso para el fluido que y giran a una velocidad constante acoplados con un motor síncrono que comunica el momento angular al fluido. Otra turbina contigua al rotor elimina el momento angular del fluido y sensa un par proporcional a éste. El sistema cuenta con un resorte de frenado, pero es inexacto para caudales pequeños y variaciones de flujo espontáneas.

Finalmente, este aparte considera el medidor basado en el principio de Coriolis. Por revestir un gran contenido teórico no se discutirá el fundamento del principio físico, sino se procederá a explicar los casos en que éste puede emplearse para calcular la masa instantánea de un fluido circulante. En el primer caso se logra generar la fuerza de Coriolis por medio de un tubo vibrante en forma de la letra griega omega. La vibración del tubo, que se manifiesta de forma perpendicular al flujo, genera una fuerza de aceleración en la tubería de entrada del fluido y una fuerza de

desaceleración en la salida, con lo que se genera un par cuyo sentido varía de acuerdo con la vibración y con el ángulo de torsión del tubo, que es directamente proporcional a la masa del líquido que circula en el momento. Como segunda medida, se puede obtener la medida indirecta de caudal empleando no un tubo en forma de omega sino un tubo recto por medio de la inversión de las velocidades angulares del fluido. La velocidad lineal del fluido en dos puntos, A y B, es la misma, sin embargo, la vibración a la que se somete el tubo es tal que la velocidad angular en el punto A, describe un movimiento en contra de las manecillas del reloj, mientras que en B es en el mismo sentido. Un arreglo de sensores, por tanto, miden la diferencia de fase y que es proporcional al caudal másico. Para ambos casos, los tubos deben considerar la corrosión y la alta fatiga mecánica a la que están expuestas debido a la vibración. La precisión de estos elementos alcanza los $\pm 3\%$.

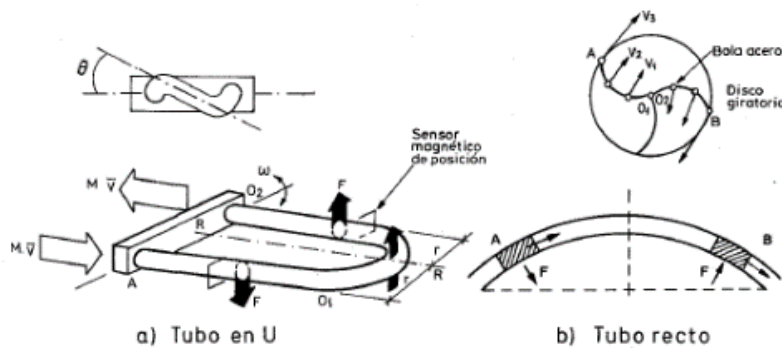


Imagen 71 Medidor de fuerza de Coriolis. Instrumentación industrial. Antonio Creus Solé. 6ª Ed. 1997. Marcombo. Barcelona, España

4.3 MARCO CONCEPTUAL

4.3.1 CICLO DE RANKINE REGENERATIVO DE TERMOPAIPA.

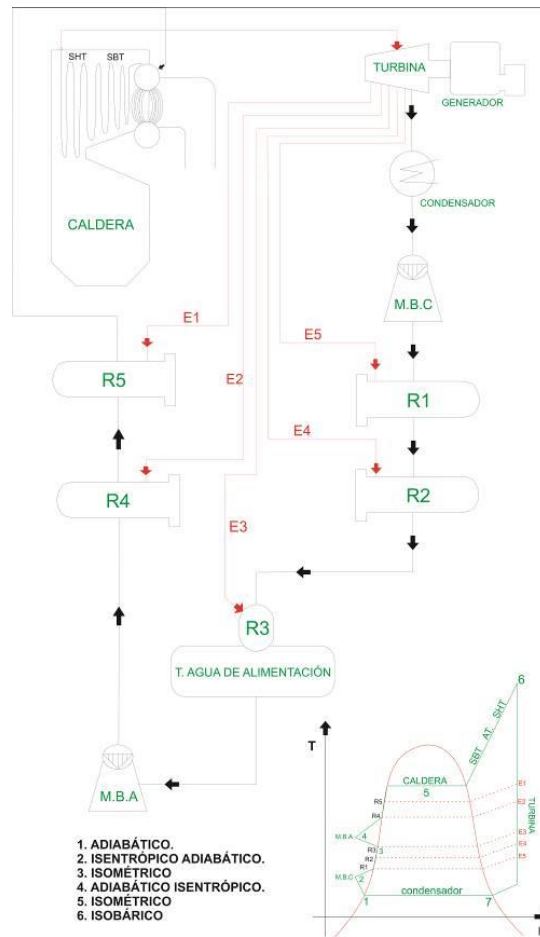


Imagen 72 Ciclo de Rankine regenerativo Termopaipa.

Como se observó en el aparte correspondiente al marco teórico, el ciclo de vapor de Rankine, cuenta con una variación conocida como ciclo de Rankine regenerativo. En la Central Termoeléctrica de Paipa tal ciclo de vapor, en el cual se basa el proceso de generación, describe un modelo como el mostrado en la gráfica superior y que consta, no solamente de los cuatro elementos básicos: caldera, turbina, estación de bombeo y condensador, sino que adicionalmente cuenta con elementos de recalentamiento que permiten elevar la temperatura del agua de alimentación en aras de ahorrar combustible y no dejar solamente el trabajo de transferencia de energía a la combustión en el hogar de la caldera. Para fines informativos se presenta la gráfica superior y se procederá a explicar, paso por paso, los elementos que participan en el ciclo, y los valores de temperatura, flujo y presión en cada una de las etapas del proceso.

Como primera medida, daremos comienzo al ciclo en la succión de las bombas de condensado, es decir, a la salida del condensador. Cabe resaltar que para la Central Termoeléctrica de Paipa, este elemento constituye un inmenso intercambiador de calor que tiene por función, al igual que en todas las centrales térmicas de generación, rechazar la temperatura y disiparla a algún medio; para el caso particular, los lagos artificiales de enfriamiento ubicados frente a la central. Este gran intercambiador de calor cuenta en su interior con 2 cámaras independientes; una compuesta por un arreglo de 5700 tubos a través de los cuales circula el agua de enfriamiento, llamada en Termopaipa, “agua bruta”; en su exterior, de manera concéntrica se ubica la cámara en la cual se aloja el vapor de turbina, que se desplaza a esta por efecto de la succión y el vacío generado por el eyector principal.

Este elemento tiene por función generar una presión negativa dentro del condensador para que la succión arrastre el vapor, ya a una más baja temperatura, hasta la cámara donde, por virtud del choque térmico generado por el agua fría o agua bruta del lago, se produzca el fenómeno de la condensación.

El vapor condensado es contenido en un pequeño pozo en la parte inferior del condensador de donde es succionado por las motobombas de condensado. Las motobombas de condensado impulsan el vapor convertido en agua hacia el recalentador n° 1. Este recalentador emplea vapor de la extracción n° 5 de la turbina, es decir, la extracción ubicada en la última etapa, la más fría, para efectuar el intercambio de calor y ceder energía calórica al agua de condensado. Posteriormente, el agua continúa su trayecto hasta el recalentador n° 2, el cual aprovecha el vapor de la extracción n° 4 de la turbina. En éste, gana igualmente unos grados de temperatura, sin embargo la presión va disminuyendo debido que el agua debe circular por los laberintos de los recalentadores perdiendo energía cinética.

Subsecuentemente, el agua es dirigida al calentador n° 3, el cual actúa no sólo como intercambiador de calor, sino como desaireador y desgasificador. En este pequeño contenedor se produce una alta entalpía por efecto de la mezcla entre el vapor saturado extraído de los sobrecalentadores y el agua de condensado que ha venido ganando temperatura. El recalentador

n° 3, se halla solidario a un tanque de gran volumen llamado tanque de agua de alimentación, y del cual, por efecto de la gravedad, se desprenden tubos bajantes que constituyen la succión de las motobombas de agua de alimentación, para el caso de Termopaipa, 3 en total. Cada bomba de agua de alimentación envía su descarga a un tubo cabezal, en el cual se tiene agua con una alta presión y temperatura.

A renglón seguido, el fluido de trabajo circula a través del recalentador n° 4, donde continúa ganando temperatura hasta finalmente llegar al recalentador n° 5. Este conjunto de recalentadores y la existencia de un arreglo de tubería llamado sobrecalentadores (se explica posteriormente) constituyen la variación que imprime al ciclo de Rankine en la central Termopaipa el carácter de regenerativo.

Finalmente, el flujo de agua es regulado en la estación de regulación de agua de alimentación y subsecuentemente enviado al domo superior (unidad 2 y 3 de Termopaipa) de donde circula a través de la tubería del haz de convección (atravesado por los gases que se aprovechan de la combustión) hasta el domo inferior, para luego descender a través de tubos bajantes hasta unos colectores inferiores a través de los cuales el agua se distribuye por las paredes de la caldera recibiendo la energía radiante de la llama del hogar.

Posteriormente, ya convertido en vapor, el fluido de trabajo circula a lo largo de 2 arreglos de serpentines llamados sobrecalentadores. Estos reciben los nombres de SBT y SHT, de baja presión y alta presión respectivamente; al primero se transfiere calor por medio de la radiación de la llama que tiene lugar en el hogar de la caldera y al segundo, se transfiere energía a través de la convección de los gases que circulan producto de la combustión. Finalmente, el vapor, que sale del SHT se dirige hasta la turbina, circulando por las etapas de la turbina, moviéndose a través de los álabes, impulsando la turbina hasta una velocidad de régimen de 3600 rpm. La turbina a su vez, mueve el generador generando 13.800 voltios que posteriormente será elevado por un transformador principal que convierte esta tensión de salida a 115.000 V.

A continuación se ilustran los valores de presión, temperatura y flujo de vapor.

Condensador:

Temperatura: 46,6 °C
Presión: 63,5 mmHg
Flujo: 231 T/H



Imagen 73 Condensador unidad 1 Termopaipa

Descarga bombas de condensado:

Temperatura: 44 °C
Presión: 15 Kg/cm²
Flujo: 231 T/H

Salida R1:

Temperatura: 82 °C
Presión: 9,4 Kg/cm²
Flujo: 231 T/H



Imagen 74 Motobomba de condensado unidad 2 Termopaipa

Salida R2:

Temperatura: 116 °C
Presión: 8,7 Kg/cm²
Flujo: 231 T/H

Salida R3 y Tanque de agua de alimentación:

Temperatura: 158 °C
Presión: 6 Kg/cm²
Flujo: 231 T/H



Imagen 75 Recalentador R2 Termopaipa

Descarga bombas de agua de alimentación:

Temperatura: 158 °C
Presión: 131 Kg/cm²
Flujo: 290 T/H

Salida R4:

Temperatura: 188 °C
Presión: 120 Kg/cm²
Flujo: 290 T/H



Imagen 76 Motobomba agua de alimentación Termopaipa

Salida R5:

Temperatura: 230 °C

Presión: 118 Kg/cm²

Flujo: 290 T/H

Salida SHT a turbina:

Temperatura: 510 °C

Presión: 88 Kg/cm²

Flujo: 300 T/H



Imagen 77 Turbina unidad 2 Termopaipa

4.3.2 INSTRUMENTACIÓN

En el presente aparte se incluyen algunos de los instrumentos empleados para sensar las diferentes variables de los distintos procesos que tienen lugar en Termopaipa.

Como primera medida, la presión, variable fundamental en el proceso de generación, es medida por un sinnúmero de elementos dentro de los cuales podemos enunciar los principales: manómetros y transmisores de presión. A continuación se muestran imágenes de algunos instrumentos, y se adicionan elementos que generan señales de control, como lo constituyen switches de presión.



Imagen 78 Manómetro de doble escala. Termopaipa

En la anterior fotografía se observa un manómetro, elemento de sensado y visualización de presión. Para el caso particular, el elemento cuenta con dos escalas, una en PSI y otra en bares. Debido a que la central termoeléctrica de Paipa registra la mayor parte de las lecturas de presión en Kg/cm², se prefiere la lectura en bares, ya que esta es casi equivalente a la unidad en mención. Elementos como el anterior se pueden encontrar en todos los subprocesos que tienen lugar en la central, desde sensado de presión en líneas de combustible líquido, hasta indicación de esta

magnitud en líneas de transporte de ceniza, pasando por presiones en tuberías de aceite y agua.

A continuación se ilustran ejemplos de manómetros diferenciales y de presión relativa en el proceso de regulación de presión de ACPM para encendido de las calderas.



Imagen 79 Manómetro diferencial. Estación de bombeo de ACPM. Termopaipa.



Imagen 80 Manómetro. Estación de regulación de ACPM. Termopaipa

Continuando con otra variable, en este caso la temperatura, es preciso mencionar que ésta ocupa un lugar fundamental en el control y visualización de los procesos y subprocesos de Termopaipa. Como ejemplo de lo anterior se tiene que se sensan temperatura en cojinetes de turbina y generador (puede ocasionar un disparo de la unidad y salida de operación), en líneas de transporte de vapor, en devanados de transformadores, en tanques de aceite de lubricación y regulación, etc. Dicha variable es medida en la central por medio de diferentes elementos dentro de los que se cuentan termocuplas, termómetros bimetalicos, termómetros de columna de alcohol, RTD's, entre otras. A continuación se muestran aplicaciones reales en donde se emplean dichos elementos.



Imagen 81 Termocuplas turbina unidad 1 Termopaipa.

Las termocuplas mostradas en la fotografía se emplean para sensar la temperatura en los cojinetes de la turbina de la unidad 1 de Termopaipa. Esta lectura es crítica debido a que si la temperatura en dichos elementos es elevada se puede llegar a generar un daño en los cojinetes que soportan la turbina y el generador. Por otra parte, se adjuntan otros registros fotográficos de elementos sensores de temperatura de otro tipo que se encuentran en la central.



Imagen 82 Transmisor de temperatura Termopaipa

En la fotografía se observa un transmisor de temperatura de la caldera 3. Estos tienen por función sensar la temperatura y transmitir la señal a un control SCADA de la unidad.



Imagen 83 Termocupla con indicador Termopaipa.



Imagen 84 Termómetro de columna de alcohol Termopaipa

En la anterior imagen se observa un termómetro de columna de alcohol empleado en el taller de instrumentación para tomar lecturas de temperatura en el banco de calibración.

Por otra parte, se continúa el presente análisis con la variable nivel. Cabe mencionar de ésta, que es medida en tanques de agua, aceite y combustible, entre otros. Para el caso de tanques de agua se emplean controladores de nivel y medidores de presión diferencial que patronan la diferencia de presiones en las entradas de alta y baja presión del transmisor para devolver una medida de nivel. Se hace imperioso considerar dicha variable debido a la necesidad controlar el nivel en los tanques, por ejemplo de agua destilada, aunque si bien estos cuentan con alivios y venteos por donde puede fluir un exceso de agua, no es recomendable llegar a niveles tan elevados, considerando también que el agua empleada en el proceso industrial de generación de vapor como fluido de trabajo, es bastante costosa de producir, igualmente, y por seguridad de los tanques, estos no deben llenarse hasta su nivel máximo.



Imagen 85 Transmisor neumático de nivel Termopaipa

En la fotografía se observa un transmisor neumático de nivel del tanque de agua de desmineralizada. Cabe mencionar que dicha señal es redundante con las entregadas por transmisores electrónicos. Así mismo, la señal neumática generada por dicho instrumento es

convertida a una señal de 4 – 20 mA por medio de un convertidor P/I. Este elemento transduce la señal física en una señal de naturaleza eléctrica que posteriormente será empleada para alimentar algún lazo de control de ese proceso particular. La señal generada por dicho instrumento producirá acciones como cierre o apertura de una válvula para habilitar el llenado o bien, restringirlo.

A continuación se muestra un transmisor de nivel que emplea el principio de la presión diferencial para hacer el cómputo del nivel.



Imagen 86 Transmisor de nivel, domo caldera unidad 1 Termopaipa.

En la fotografía se observa el transmisor de nivel que controla el nivel del domo (esta unidad solo cuenta con un domo, a diferencia de la unidad 2 y 3 que cuenta con domo superior e inferior) de la unidad 1. Esta lectura es fundamental debido a que si el nivel del domo es demasiado bajo, la unidad saldrá de funcionamiento. Este elemento es redundante con un nivel visual presente en el sitio.



Imagen 87 Nivel de electrodos, domo superior caldera unidad 2 Termopaipa.

En la imagen se observa un sistema de sensado de nivel del domo superior de la caldera de la unidad 2 de Termopaipa. Esta señal es redundante con un transmisor de nivel electrónico presente en el sitio. De manera similar, las lecturas de nivel en los domos revisten una altísima criticidad,

debido a que si este es demasiado elevado o demasiado bajo, la unidad puede salir de servicio.

Finalmente, se mencionan los transmisores de flujo presentes en los diferentes procesos industriales de la central Termopaipa. Dicha variable es medida en las líneas de transporte de vapor, de agua de reposición, de combustible, etc. Las tecnologías para llevar a cabo dichas mediciones son diversas, se cuenta con rotámetros, para el caso de la planta de tratamiento de agua, transmisores de presión diferencial patronados para medición de caudal, placas de orificio, etc.



Imagen 88 Transmisor de flujo neumático unidad 1 Termopaipa.

4.3.3 COMBUSTIÓN CALDERA TERMOPAIPA

Es preciso tener en cuenta, previo a cualquier consideración, que el proceso de combustión en Termopaipa es en suma complejo y está constituido de múltiples subprocesos, que en su conjunto, dan lugar no sólo a un proceso de reducción en presencia de aire en la caldera en la cual se quema un combustible, sino que, además existen factores y procedimientos que se procederán a detallar de manera sucinta, respetando los cánones, en suma profundos de la ciencia que constituye la combustión en el hogar de una caldera acuotubular. Ejemplo de lo anterior lo constituye aspecto como el balance de aire total en la caldera, la existencia de aires primarios y secundarios, y su respectivo balance en aras de optimizar la combustión, y lógicamente, la existencia de subproductos como la ceniza, los gases y la escoria. Por supuesto, no se desconocerá la relación existente entre la calidad de la combustión y el impacto ambiental.

Como primera medida cabe resaltar que la Central Termopaipa cuenta con un patio de acopio de carbón, en dicho patio, el carbón, procedente de las minas de proveedores locales es recibido, analizado y pagado de acuerdo a ciertas características. Cabe mencionar que desde este punto la

combustión está condicionada; esto se evidencia en el hecho de que si se reciben carbones con poderes caloríficos inferiores a 6000 Kcal/Kg, la combustión no tendrá la misma eficiencia y por tanto, se deberá emplear más de este combustible durante la combustión. Así mismo, se cuida de que los porcentajes de humedad, azufre y ceniza no sean elevados. Igualmente, cuando por razones meramente climáticas el carbón se humedece, se presentan dificultades, no sólo en el proceso de trituración, sino también en la combustión como tal, ya que no es igual quemar carbón seco y carbón húmedo. En los primeros tiempos de existencia de la central Termopaipa, se contaba con secadores de carbón que paliaban la situación anteriormente expuesta, sin embargo, por razones de practicidad, dificultades en el proceso y costos elevados, se procedió a inhabilitar este sistema; en consecuencia de esto, el carbón llega a los molinos que le pulverizan, si bien pierde humedad en el trayecto, ligeramente humedecido, lo cual puede ocasionar atascamiento en las tolvas de almacenamiento y las tolvas de los alimentadores, así como en los ductos de transporte.



Imagen 89 Central Termopaipa con patio de carbón. Fuente: www.gensa.com.co

Posterior al recibo de carbón, se emplean dos distribuidores de patio que dosifican el carbón hasta dos trituradores que convierten las formaciones minerales de este hasta pequeños trozos de entre 2 y 3 centímetros. Dichos trituradores envían, por medio de bandas transportadoras, el producto de su triturado hasta las tolvas de almacenamiento de carbón. Estas tolvas, por efecto de la gravedad, dosifican el carbón hasta los alimentadores de carbón que lo porcionan y envían a los pulverizadores.

Pasantía en la Central Termoeléctrica de Paipa: apoyo a la unidad de producción y unidad administrativa



Imagen 90 Triturador de carbón Termopaipa.



Imagen 91 Triturador de carbón con martillos a la vista Termopaipa.



Imagen 92 Banda transportadora de carbón T24 Termopaipa



Imagen 93 Alimentador de carbón Termopaipa



Imagen 94 Pulverizador de carbón Termopaipa

En las anteriores imágenes se pueden observar los equipos empleados en el proceso de acopio, triturado, transporte, dosificado y pulverizado. Antes de proceder a explicar lo correspondiente a la quema del carbón dentro de la caldera, es preciso considerar que existen juegos de ventiladores que generan un flujo de aire que en primer término, evacúa los gases de la combustión en el hogar, y por otra parte, brinda el flujo de aire de aire secundario que se procederá a explicar.

Como primera medida, para el caso de las unidades 2 y 3, se cuenta con dos juegos de tiros forzados y 2 tiros inducidos para cada caldera. Estos ventiladores de tipo axial, son capaces de mover un enorme caudal de aire con una baja presión, están accionados por motores de 4160 V con una potencia de 350 HP y aproximadamente 1800 rpm. Estos elementos crean un flujo que puede llegar a variarse por efecto de compuertas o “dampers” accionadas por servomotores. Para el caso del aire forzado, su flujo ingresa a una cámara llamada “caja de aire” o “plenum” a través de donde se distribuye por medio de unos registros de aire secundario que envuelven el ducto de transporte principal de carbón.

En el hogar de la caldera, según el diseño y operación del fabricante Distral, debe generarse una presión negativa (de succión) generada por la succión que llevan a cabo los ventiladores de tiro forzado, encargados de succionar y evacuar los gases de la combustión.

Retornando al tema de carbón, es preciso mencionar que los pulverizadores de carbón, operados por un motor de 4160 V, son encargados de llevar a cabo el proceso de molienda; este proceso es

llevado a cabo por efecto de bolas de acero suspendidas que hacen contacto con las paredes de la cámara de molienda, compuesta por blindajes de lámina de acero antidesgaste, generando la pulverización del combustible sólido. Adicionalmente, cada pulverizador cuenta con un ventilador de aire primario, operado por un motor de 4160 V, encargado de aportar el flujo de aire primario, o aire de transporte, que lleva el carbón hasta los pisos de quemadores.

Para el caso de las calderas de las unidades 2 y 3, se cuenta con un molino por cada piso, en total 4 pisos de quemadores, de los cuales operan 3 y se reserva un molino en caso de maniobras de seguridad y respaldo. En términos de potencia eléctrica, el aporte de cada molino en la combustión es de aproximadamente 25 MW, es decir, que de perderse un molino por no disponibilidad de este, deberá bajarse carga y “derratear” la unidad hasta una potencia inferior. Respecto de la formación de la llama, es preciso mencionar que la formación, establecimiento y calidad de esta, es toda una ciencia; desde la velocidad que lleva el aire primario, hasta la calibración de los registros de aire secundario. Todos estos aspectos, al unísono, constituyen los elementos de formación de una buena llama.

Como ejemplo de lo anterior, se entiende que en esta configuración concéntrica la tasa de flujo volumétrico de aire envolvente (aire secundario), estequiométricamente hablando, es excesivo, la llama va a tomar una forma cerrada y elongada (sobre ventilada). Si, por el contrario, el flujo volumétrico de aire secundario está por debajo de la mezcla inicial correspondiente a la cantidad estequiométrica requerida, la llama va a tomar la forma de las aspas de un ventilador (sub ventilada)⁵.

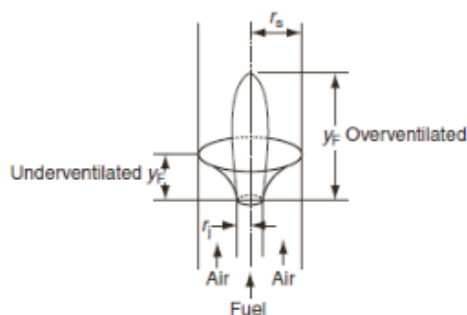


Imagen 95 Apariencia de las llamas en una configuración cilíndrica. COMBUSTIÓN, I. Glassman; R. A. Yetter. Cuarta edición. Elsevier. 2008

⁵ COMBUSTIÓN, I. Glassman; R. A. Yetter. Cuarta edición. Elsevier. 2008



Imagen 96 Ventilador de aire primario 2, unidad 3 Termopaipa.



Imagen 97 Quemador e ignitor unidad 2 Termopaipa

Concomitante con el proceso de combustión de carbón, y previo a este, la Central Termoeléctrica de Paipa, en especial las unidades 2 y 3, cuenta con un pre encendido que emplea combustible líquido (ACPM) el cual es almacenado tanques y bombeado a través de una línea que se encuentra permanentemente presionada por una bomba tipo “tres tornillos” hasta los pisos de quemadores. Cabe mencionar que los ignitores de ACPM se emplean para conseguir una rampa de arranque, en términos de presión y temperatura; por medio de estos se logran condiciones suficientes para generar vapor y comenzar a hacer vacío en el condensador (empleando el eyector).

A medida que se va avanzando en la curva, se reemplazan los ignitores de ACPM por quemadores de carbón, se balancea la carga de cada molino que se va ingresando y finalmente se sacan de servicio los ignitores. Al obtener las condiciones de temperatura, presión, flujo de vapor y revoluciones en turbina, esto es, 510 °C, 88 Kg/cm², 300 T/H y 3600 rpm, se procede a cerrar el drenaje del sobrecalentador SHT, se hace sincronismo eléctrico (igualación de tensión del

transformador elevador de la unidad en fase y amplitud y línea de 115.000 V) se toman 4 MW de la generación para consumo de equipos auxiliares (unidad se auto abastece).

4.3.4 SUBESTACIÓN Y DIAGRAMA UNIFILAR TERMOPAIPA.

Como primera medida, frente al tema de la subestación de la Central Termoeléctrica de Paipa, cabe resaltar que esta es una subestación donde se llevan a cabo maniobras de elevación de tensión, cierre de seccionamientos, energización y des energización de circuitos, cambios a bahías de transferencia, reducción de tensiones, conmutación, interconexión con el SIN (Sistema de Interconectado Nacional), maniobras de prueba a distancia (nivel 3) llevadas a cabo por Integra (EBSA) pruebas locales manuales (nivel 0), etc.

Esta subestación cuenta con activos cuya procedencia es diversa, en algunos casos, pertenecen a GENSA, como es el caso de los transformadores principales, de grupo, de arranque, de auxiliares, de precipitador, la bahía principal y sus componentes: transformadores de corriente, de potencial, pararrayos, seccionadores, interruptor principal; sin embargo, en otros casos pertenecen a la empresa EBSA, como es el caso de autotransformadores, interruptores de alta tensión, CT's, PT's, etc.; finalmente el último caso lo ostenta ISAGEN, empresa dueña de las torres de alta tensión.

A continuación se mostrarán dos diagramas unifilares que incluyen la mayor parte de los elementos presentes en la subestación e internamente, la distribución de las cargas, si cuenta con transformadores de medida o protección, el nombre de los interruptores, las conexiones de los generadores, las interconexiones, y algunos otros elementos. Sin embargo, la presente ilustración sólo pretende enunciar de manera superficial la temática en mención, puesto que de ahondar en la materia se tendrían que considerar aspectos desde las características de la excitatriz del generador, hasta la construcción interna de los interruptores, temática que a todas luces, desbordaría los alcances del presente marco conceptual.



Imagen 98 Bahía de 115.000 V, unidad 3 Termopaipa.

En la imagen se observa la bahía de salida de 115.000 V de la unidad 3 de Termopaipa. Aunque no es observable el transformador, en la parte superior se pueden ver las salidas de alta tensión del transformador elevador principal, igualmente, en lo que a la subestación se refiere, se observa la bahía principal, en la parte superior, la bahía de transferencia, empleada para realizar maniobras cuando la bahía principal se encuentra no disponible. Adicionalmente, se pueden apreciar, en el centro de la fotografía el arreglo de transformadores de medida, del frente hacia atrás se observan, pararrayos, transformadores de potencial, y finalmente transformadores de corriente. Por otra parte, se observan, de abajo hacia arriba, los seccionadores de barra, línea y transferencia en la parte completamente superior.

A continuación se ilustra una versión del diagrama unifilar de Termopaipa.

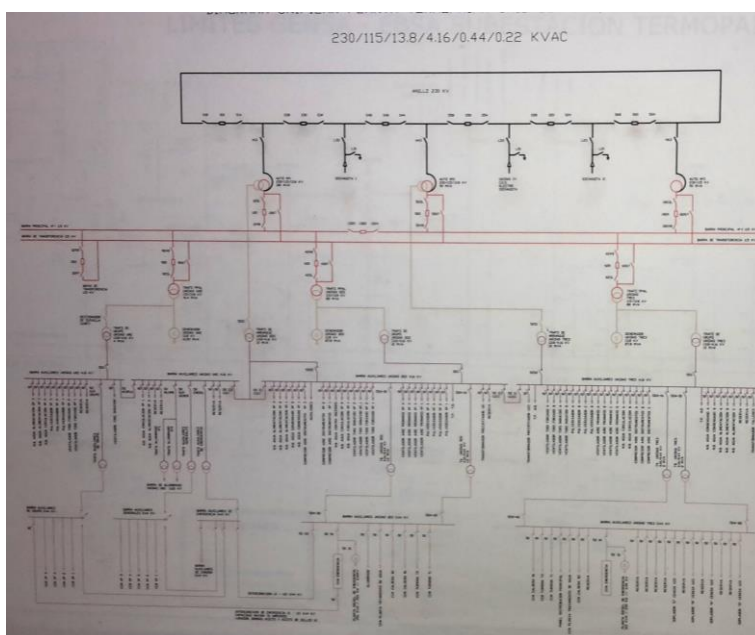


Imagen 99 Diagrama unifilar unidades 1, 2 y 3. Termopaipa

Como primera medida se observa, en la parte superior el anillo de 230 KV. Es preciso mencionar que se puede dar dos sentidos a la interpretación del diagrama mostrado; uno de ellos es cuando se aporta energía al sistema, y cuando se compra energía del sistema para energizar equipos auxiliares cuando se presenta un apagón general en la central. Desde el punto de vista de la generación se observan, en color verde, que representa la tensión 13,8 KV, los 3 generadores de Termopaipa. Aguas arriba de los tres generadores se observan los tres transformadores principales, cuya función es la de elevar la tensión de 13,8 KV a 115 KV (cabe resaltar que unidad 1 cuenta con tres transformadores monofásicos que en conjunto hacen las veces de un transformador principal trifásico). La potencia generada es enviada al barraje de 115 KV. Adicionalmente, cuando la unidad está activa generando, estudiando ese caso, los equipos auxiliares se energizan a través de los transformadores de grupo. Como se observa, estos reducen los 13,8 KV a 4.160 V para energizar los equipos auxiliares como bombas de condensado, bombas de agua de circulación, compresores, secadores, bombas de agua de alimentación, ventiladores de tiro forzado, inducido, aire primario, molinos. De este barraje se desprende un transformador de auxiliares de grupo que acondiciona la tensión a 440 V, para otros equipos auxiliares como motores y bombas pequeñas.



Imagen 100 Tres transformadores monofásicos de la unidad 1 Termopaipa

Los barrajes, por 4160 V, se pueden interconectar entre unidades, en caso de salida de servicio de una de ellas. Los equipos, empleando la potencia en la barra de su unidad contigua, pueden arrancarse cerrando la interconexión entre unidades. Para el caso del arranque de una unidad, es preciso emplear el transformador de arranque que toma la tensión del terciario de dos autotransformadores que cuentan con un secundario de 230 KV, un primario de 115 KV y un terciario de 13,8 KV. Esta tensión es la empleada para energizar, por medio del transformador de

arranque el barraje de 4.160 V de los equipos auxiliares mencionados anteriormente.

Cabe mencionar que cuando se están energizando los equipos auxiliares por medio de la interconexión puede llegar a presentarse una salida de servicio de la unidad abastecedora debido a sobrecarga en el transformador de grupo, puesto que éste, no solamente tiene por función acondicionar la tensión para sus equipos propios, sino que además debe soportar la carga adicional de los auxiliares de una unidad adicional.

En tales casos, el transformador de grupo de la unidad 2, por ejemplo, cuenta con una potencia aparente de 12 MVA, en algunos casos, cuando se energiza por interconexión la unidad 1, la potencia consumida puede acercarse a los 11 MVA (límite peligroso cercano al disparo), y cuando por alguna situación fortuita es preciso dar arranque a un equipo como un molino o una bomba de agua de circulación, cuyos picos de corriente en el arranque son demasiado altos, el consumo de ambas unidades puede bordear los 12 MVA y activar el relé de protección que sacaría de servicio de inmediato la unidad.

Por otra parte, uno de los procedimientos llevados a cabo es el cambio de transformador. Cuando se está arrancando la unidad, se realiza la maniobra de sincronismo y se toman 4 MW de generación, la unidad puede empezar a auto abastecerse, en tal momento se deja de lado el transformador de arranque y se hace un cambio inmediato al transformador de grupo. En dichos cambios se pueden presentar disparos por fallas en la conmutación de los interruptores, lo que ocasiona salida de operación por pérdida de tensión en la barra.

4.3.5 PROCESO ADMINISTRATIVO DE COMPRAS TERMOPAIPA

Respecto del presente tema, es ineludible discutir acerca de los diferentes procesos, de índole administrativa que tiene lugar en las entidades públicas, pero en general, cualquier institución que lleve a cabo actividades productivas en cualquier sector de la economía. Para el caso particular de la Central Termoeléctrica de Paipa, es menester recabar en la naturaleza de la entidad, su propietario y los principios de contratación que rigen dicho modelo de negocio. Como primera medida, cabe mencionar que si bien las actividades que guardan relación directa con la generación, como lo constituyen las enunciadas en este documento, son de vital importancia, también lo son

las relacionadas con los procesos administrativos, sin los cuales, la gestión de bienes y servicios estaría incompleta, por tanto, el área de la entidad encargada de gestionar lo relacionado con la contratación desempeña un papel fundamental cuyos pormenores se detallarán a continuación.

Es preciso recordar que la central Termopaipa, es propiedad de la empresa Gestión Energética S.A E.S.P, que en el año 2005 asumió su operación y mantenimiento bajo la figura de capitalización otorgada por el estado, debido al déficit que un contrato tipo PPA generó a la Empresa de Energía de Boyacá, EBSA, durante décadas. Dicho contrato ocasionó erogaciones excesivas que sobrepasaron la estabilidad y músculo financiero que la empresa de generación boyacense, por tanto, y acogiéndose a la protección del estado, la entidad cedió su mayor activo a cambio de que el gobierno asumiera dicho compromiso financiero cuyo monto no será saldado sino hasta el año 2019. Lo anterior constituye la piedra angular de la propiedad de GENSA sobre la Central Termoeléctrica de Paipa.

Es claro que, respecto de la naturaleza de la empresa caldense, el estado es el mayor accionista con un 93% de propiedad sobre GENSA; dicho porcentaje, sumado al hecho de que la empresa posee un restante de capital privado, le convierte en una empresa de economía mixta. Tal situación ocasiona que Gestión Energética S.A se rija por los principios de la contratación pública, respetando entre otros, el principio de economía, selección objetiva, pluralidad y transparencia. Lo anterior, sin embargo, no establece que la entidad deba regirse por la Ley 80, de contratación pública, sino por el régimen de derecho privado, empero, respetando los principios anteriormente enunciados. Por tanto, el proceso de contratación para la compra de bienes y realización de servicios deba seguir los preceptos que rigen a todas las entidades públicas.

Concomitante con lo anterior, es infalible enunciar, tal como se explicó en otros apartes de este documento, las etapas del proceso administrativo. Cuando de contratación para la compra de bienes, el manual de procesos administrativos sitúa el comienzo en la generación de una necesidad o requisición a través de los medios informáticos. En este punto es importante mencionar que cuando las compras no exceden los 100 SMMLV, la compra es direccionada a través de la Unidad de Compras, contratación y talento humano. Cuando la compra excede la cota fijada, el proceso será asumido siguiendo una metodología diferente, que considera una solicitud privada de ofertas

y que debe cumplir ciertos requisitos legales, más estrictos que aquellos que tienen lugar cuando dicha compra no excede el monto mencionado. Posterior a la generación de una requisición, a través de la intranet interna, sobrevienen las aprobaciones del jefe de la planta y el almacenista.

Consecuentemente, los profesionales del área de compras realizan un sondeo de mercado, garantizando que exista suficiente pluralidad para los participantes. Para ella, muchas veces se diseñan pliegos de condiciones que permitan aclarar la información que contiene la petición. Subsecuentemente, cuando se reciben por parte del área de compras las ofertas, se procede a elegir, según los principios de selección objetiva, el proveedor que suministrará dichos elementos, con los cuales se suplirá la necesidad.

Posteriormente, después de haber escogido el proveedor, bajo el estricto concepto técnico del solicitante (área técnica), se procede a solicitarle su respectivo registro en la base de datos de proveedores. Dicho registro requiere que el proveedor llene una forma virtual y adjunte la documentación de su empresa. De manera simultánea el profesional de compras solicita el CDP (certificado de disponibilidad presupuestal) ante la unidad financiera, consecuentemente, dicha unidad expide el número del CDP y el RP (reserva presupuestal). Posterior a la aprobación del proveedor, por parte del área de compras de GENSA, en la ciudad de Manizales, se procede a elaborar la orden contractual de compra, la cual es enviada por el administrador del contrato (que hace las veces de interventor), quien fue designado como tal desde el momento de enviada la requisición y la petición del CDP, al contratista para dar inicio a la orden y firmar el acta de inicio.

Cuando el objeto contractual fuere cumplido, el administrador, avalando la compra, suscribe con el contratista el acta de terminación, dando por cumplido el objeto contractual y cerrando por tanto la orden.

Una metodología similar se sigue en el caso de servicios. Sin embargo para compras de caja menor se llena el formato FTP-016, en el cual se relacionan los elementos por adquirir, el destino y el responsable. Este formato debe ser aprobado por el almacenista, en caso de una compra, el jefe de unidad y el gerente de la planta; para el caso de los servicios sólo se requieren las dos últimas firmas.

En el caso de los contratos cuyo monto supera los 100 SMMLV, se sigue una metodología más estricta. Esta metodología exige que el contrato que se derive del proceso sea revisado por los abogados de la compañía y que esté acompañado de análisis de riesgos. La modalidad de invitación es la solicitud privada de ofertas; en ésta, el área técnica concerta los invitados y da comienzo al proceso que guarda similitudes con el proceso por debajo de los 100 SMMLV, solamente varía en cuanto a su metodología y exigencias adicionales.

CAP III: METODOLOGÍA

5.1 HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

- El pasante se familiarizará con los equipos procedimientos y conceptos propios de la generación de energía eléctrica a base de carbón, interactuando directamente con las distintas áreas del conocimiento y de la institución.
- Al final de la práctica empresarial, el pasante habrá aportado conocimiento y criterios para la mejora del proceso de manejo de ceniza en el silo y el sistema de transporte dispuesto para este subproducto.
- Como actividad complementaria de su proceso de práctica universitaria, el pasante se familiarizará con sensores y actuadores de diferentes tecnologías; pondrá en práctica los procedimientos de calibración y análisis de errores y fallas. Así mismo, interactuará con las distintas variables físicas que se evidencian en el proceso industrial de Termopaipa.
- Como parte de la experiencia administrativa, el pasante de ingeniería electrónica, coadyuvará con los procedimientos propios del área de compras, como lo constituye la comunicación con proveedores, la resolución de dudas de éstos, la elaboración de términos de referencia, la elaboración de informes técnicos y las demás propias del área.

5.2 VARIABLES E INDICADORES.

VARIABLE	INDICADOR
Reconocimiento e identificación de equipos, lugares, procedimientos y etapas de la generación eléctrica a base de carbón en Termopaipa.	5 recorridos completos, de al menos 2 días cada uno, que abarquen los sistemas de turbina, caldera, subestación, generador, ceniza y precipitador.
Diseño de propuesta para la mejora en el proceso de acopio de ceniza en el silo y el sistema de transporte de ésta.	Una propuesta metodológica para la medición del nivel del silo de ceniza y su respectivo sistema de transporte, que contemple elementos, cableado, cotizaciones, y recomendaciones.
Familiarización con sensores, actuadores e instrumentos empleados para la medición de variables de procesos de la central	1 periodo, no menor a 45 días, de estadía en el taller de instrumentos de la Central Termopaipa, en el cual se estudie la

Termopaipa.	instrumentación para la medición de variables físicas como presión, caudal, temperatura y nivel.
Reforzamiento del proceso de compras de la Central Termoeléctrica de Paipa en lo correspondiente a relación con proveedores y elaboración de términos de referencia.	Elaboración de al menos 4 procesos de apoyo al área de compras de la Central Termopaipa en el marco de informes, términos de referencia y compras técnicas ejecutadas por el área.

Tabla 1 Variables e indicadores

5.3 UNIVERSO DE INVESTIGACIÓN

El universo de investigación del presente trabajo de pasantía se circunscribe a los departamentos de producción, taller de instrumentos y el área administrativa de la Central Termoeléctrica de Paipa.

Deben entenderse por departamentos lo concerniente a los procesos, personal, equipos y demás elementos que atañen a estos campos. Compréndase dentro del área de Producción los ingenieros de turno, operadores y líder de la unidad. Concomitante con lo anterior, respecto del área administrativa debe considerarse los profesionales del área, esto es, profesional de compras, de contabilidad, auxiliares administrativos, líder administrativo y de logística, y en general, todos los procesos de compra de bienes y contratación de servicios que tienen lugar en esta dependencia de Gensa-Termopaipa. Finalmente, debe considerarse, respecto del taller de instrumentación, el líder de mantenimiento eléctrico, jefe de sección de instrumentación, instrumentistas y auxiliares, así como los equipos y procedimientos propios del área.

5.4 NOMBRES DE LAS PERSONAS QUE PARTICIPAN EN EL PROCESO

El presente trabajo de pasantía cuenta con el apoyo de las siguientes personas:

- Ing. Gonzalo Araque Pinzón, Líder de División de Generación.
- Ing. Pedro Pablo Combariza, Líder de la Unidad de Producción.
- Dr. Omar Eliud Nova Henao, Líder de la Unidad Administrativa y de Logística.
- Ing. Cesar Flechas Becerra, Ingeniero de Turno, Tutor de la práctica.
- Eusebio Carvajal, Jefe de sección taller de Instrumentación.
- Ing. W. Fabián Chaparro, Docente Universidad Santo Tomás seccional Tunja, Tutor

académico.

- Instrumentistas, operadores de la Central.

5.5 FACTIBILIDAD Y RECURSOS DISPONIBLES

5.5.1 Factibilidad:

Respecto de la presente investigación y de sus actividades, como lo constituyen la implementación de mejoras para el sistema de transporte de ceniza y medición de nivel del silo, debe aclararse que cualquier acción, en especial aquellas que requieren de la inversión de recursos económicos y desplazamiento de personal, está condicionada a la disponibilidad de medios financieros y de personal; acerca de esto último, debe aclararse que el personal puede o no estar dispuesto para brindar colaboración al pasante y la presente investigación debido a la realización de paradas de planta y trabajos no programados, según los planes de mantenimiento o el comportamientos de las unidades de generación.

Entiéndase por esto, que de llegar a presentarse salidas de operación por “overhaul” de las máquinas, los recursos de personal y económicos se priorizarán y destinarán para la realización de dichas actividades. Respecto de los trabajos correspondientes al área administrativa, se vislumbró mayor factibilidad debido a que los requerimientos del pasante son del tipo cognoscitivo, de documentación y de tiempo, además que su presencia fue demanda directamente por el Líder de la unidad, lo que posibilitó la ejecución de actividades. Por tanto, respecto de la Unidad de Producción y taller de instrumentación, se condicionó a la disponibilidad de tiempo y recursos para la ejecución de las actividades.

5.5.2 Recursos disponibles:

Financieros:

Los asignados por el Líder de Generación y Líder de Unidad Administrativa y de Logística, en términos de tiempo y erogaciones.

Institucionales:

Libros de texto, conocimientos adquiridos durante el área, asesorías del tutor.

- Presupuesto

Pasantía en la Central Termoeléctrica de Paipa: apoyo a la unidad de producción y unidad administrativa

Sensor de nivel tipo radar: \$ 10.710.00

Fuente de poder regulable: \$ 150.000

Consumibles eléctricos: \$ 500.000

Total: \$ 11.360.000

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y OTROS APORTES DERIVADOS DEL TRABAJO

6.1 RESULTADOS

Respecto de los resultados, el autor del presente trabajo de pasantía se permite hacer un compendio, realizando las aclaraciones pertinentes, de las acciones ejecutadas en las tres dependencias de la Central Termopaipa, en las que se tuvo la oportunidad de incursionar aportando su conocimiento, criterios o simplemente brindando colaboración de algún tipo.

Como primera medida es de resaltar que durante el periodo de colaboración en la Unidad de Producción, se logró diseñar una metodología para el registro de presiones en la tubería de transporte del sistema de transporte de ceniza. Esta metodología comprendió la gestión administrativa para retirar del almacén de la central y reunir en el taller de instrumentación los elementos que intervenían en el problema como lo constituyeron los transmisores de presión y el registrador. Para el caso de elementos que requerían ser adquiridos, se llevó a cabo la gestión para la compra a través de la orden abierta existente para la compra de elementos eléctricos (OC0357). Así mismo, gestionó la compra de la fuente de poder por medio de caja menor.

Imagen 101 Transmisores de presión para monitoreo sistema de transporte de ceniza



En la anterior imagen se observan los tres transmisores por emplear en la implementación. Cabe mencionar que durante el tiempo inicial de pasantía la Central Termopaipa llevó a cabo un mantenimiento tipo “Overhaul”, en el cual se ejecutó el cambio del rotor de la turbina de la unidad 2 por parte de la japonesa Mitsubishi. Dicho contrato absorbió todos los recursos presupuestales y

de personal durante aproximadamente 2 meses. En razón a esto, las actividades operativas de esta primera etapa de pasantía tuvieron que ser pospuesta hasta casi la finalización de la práctica debido al proyecto de mantenimiento anteriormente expuesto, así como a los tiempos de inercia administrativa propios de las entidades para la compra de repuestos. No obstante lo anterior, una vez recibidos los elementos, se procedió a solicitar al taller industrial la fabricación y montaje de un soporte en ángulo, para el caso de la unidad 2, para el montaje del transmisor. Para el caso de la unidad 1 y 3, las tomas de aire y los soportes ya se encontraban dispuestos.

A continuación se muestran imágenes de los espacios seleccionados para el montaje.



Imagen 102 Lugar de instalación de transmisor de presión unidad 3

En la fotografía se observa en el fondo el soplador de transporte del sistema de transporte de ceniza de la unidad 3; frente a este, un arreglo de switches de presión y en el lado izquierdo, encerrado en color rojo, el espacio, el soporte y la toma de aire dispuesta para la instalación del transmisor de presión del sistema de esta unidad. A continuación se muestra la ubicación para el sistema de transporte de la unidad 2.



Imagen 103 Lugar de instalación de transmisor de presión unidad 3



Imagen 104 Ubicación transmisor sistema de transporte de ceniza unidad 1

En la anterior imagen se muestra el sistema de transporte de la unidad 1. Sin embargo no se distingue, debido al ángulo en que se toma la fotografía, la tubería de transporte en la cual se encuentra una toma de presión, a la cual viene roscado el transmisor de presión junto con un manómetro. La tubería de transporte se encuentra en el punto exacto desde donde se toma la fotografía. A continuación se muestra el arreglo de transmisor y manómetro por instalar.



Imagen 105 Transmisor de presión para sistema de transporte de ceniza unidad 1

Posterior a la anterior selección de lugares, se llevó a cabo el cableado desde la sala de control, donde iba a quedar ubicado el registrador hasta cada uno de los transmisores. En este punto, es preciso mencionar que se contó con la colaboración de los instrumentistas de la central para efectuar dichos trabajos que revestían alta pericia, experiencia y riesgo debido a la necesidad de hacer pasar el cableado a través de las bandejas dispuestas para este fin, algunas de las cuales se encontraban suspendidas a 5 metros de altura.

Finalmente, llevado a cabo el trabajo de cableado, el pasante se vio obligado a suspender las actividades debido al inicio de parada de mantenimiento de 8000 horas de la unidad 3, así mismo fue transferido al área de compras. De lo propuesto, debido a las prioridades empresariales, quedaron pendiente las pruebas y la puesta en funcionamiento del sistema. Igualmente, debido a una emergencia presentada, por el deterioro de un transmisor diferencial empleado en el condensador de la unidad 3, fue preciso hacer uso del transmisor marca Honeywell ST3000 que se tenía dispuesto para dicho montaje, descompletando así, el stock de elementos para el proyecto.

Por otra parte, los alcances y dimensionamiento del sistema para sensado del nivel del silo de ceniza llegaron hasta el punto de conseguir las cotizaciones, realizar planos, llevar a cabo un “marketing” interno del proyecto, con los directivos y ordenadores del gasto, medir temperaturas y aproximar la depresión del silo, con el objetivo de levantar información técnica suficiente.

Producto del anterior análisis, se consideró que la cotización que satisfacía los criterios y requerimientos del presente proyecto lo constituía aquella presentada por la empresa Instrumatic S.A. Dicha empresa ofertó el transmisor tipo radar VEGAPULS68, dicho transmisor en su versión con facilidad mecánica tipo rosca, con un costo de \$10.710.000 incluyendo IVA, cumple perfectamente con los rangos de trabajo del silo, para todas las variables. El silo de ceniza opera normalmente, según su nivel, con temperaturas que oscilan entre 80 y 130 °C, una presión negativa de 250 – 150 InH₂O, con una altura máxima de 20 m. Se descarta la opción más económica de la empresa Master Control LTDA debido a que el tiempo de entrega es mayor y se oferta en versión con facilidad mecánica de brida. Como se observa en la fotografía se requiere, de preferencia, roscado. Igualmente, se observa en la cotización de Master Controls que el instrumento no ofrece información frente al rango de presión, si este es capaz de soportar presiones negativas como aquella en la que opera el silo de ceniza de la Central.



Imagen 106 Facilidad mecánica transmisor de nivel techo silo

A pesar de haber convocado a empresas reconocidas en el mercado, con buena trayectoria y reputación, y de, así mismo, haber realizado un marketing interno para la compra del instrumento, no se logró la aprobación por parte del ordenador del gasto para la compra del presente instrumento. Sin embargo, la información e investigación conseguida, servirán como insumo, en el futuro para la implementación de dicha tecnología de medición de la variable nivel en el techo del silo de ceniza. Finalmente, en algunas ocasiones, se tenía por función aplicar órdenes de trabajo en el software Infom@nte. Esto fue realizado como producto final del proceso de conocer los equipos y sistemas de la planta.

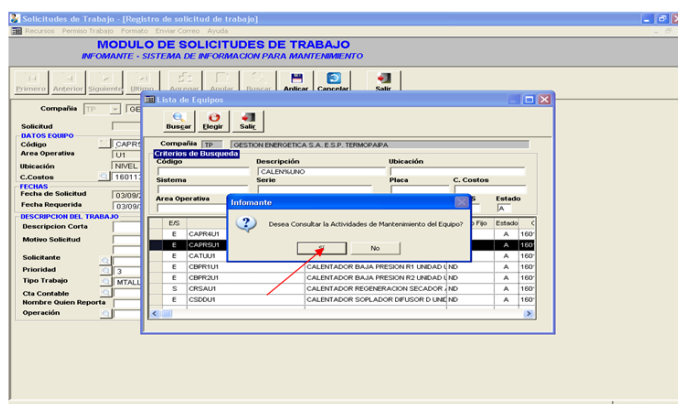


Imagen 107 Selección de equipo infom@nte.

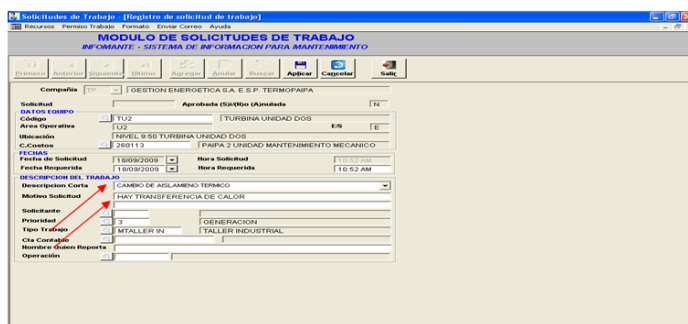


Imagen 108 Diligenciamiento de campos de la solicitud de trabajo

En lo correspondiente a la etapa de familiarización en el área de instrumentación, se tuvo la oportunidad de interactuar de cerca con equipos, variables, métodos, procedimientos de verificación, calibración y ajuste, todo esto, se llevó a cabo de la mano de los instrumentistas del taller. Sería pertinente mostrar que tras un periodo de aproximadamente 2 meses de permanencia en el taller, se desarrollaron las competencias suficientes para intervenir algunos equipos como lo fueron, válvulas tipo Saunders, posicionadores electrónicos de dampers de aire caliente y opacímetros, entre otros. Esto se logró al dominar los contenidos y conocer los procesos y subprocesos de la generación térmica. A continuación se muestran imágenes de los equipos que de

manera final, durante esta etapa de la práctica, intervino el pasante.



Imagen 109 Desarme de una válvula tipo Saunders



Imagen 110 Reconocimiento y mantenimiento de sensor de opacidad en chimenea de la unidad 2



Imagen 111 Posicionador electrónico damper de aire caliente

Teniendo en cuenta estas últimas imágenes, se gozó de la oportunidad de interactuar, como un instrumentista más, dentro del esquema de trabajo, los procedimientos y acciones que tienen lugar dentro de la planta. La anterior experiencia, nutrió los conocimientos del pasante en términos de instrumentación industrial general, plantas térmicas de generación y acciones operativas de mantenimiento, desde aplicar cinta teflón a una rosca tipo NPT o NPS con la técnica adecuada, hasta verificar la calibración de un switch de temperatura, un regulador del flujo de aire o un transmisor de presión.

Finalmente, en lo correspondiente al área administrativa, las acciones realizadas en la pasantía permitieron el apoyo a procesos como la contratación de maquinaria amarilla, reparaciones locativas, y asesoría en compras en general. De la mencionada experiencia quedan como productos del trabajo los pliegos de condiciones elaborados, los informes realizados y en general el apoyo al área y su dinámica de trabajo. Por demás está decir que se logró familiarización con el formato de requisiciones de bienes y servicios, esto le permitió colaborar con la colocación de requisiciones en la intranet de la empresa. En la imagen de abajo se observa el formato virtual de requisiciones de GENSA S.A E.S.P.

INTRAGENSA

sumitec

Juan Sebastian Calderon Piñeros (1049613088)
Usuario: K Calderon | Perfil | Salir

Compras
Mis Requisiciones de Bienes y Servicios
Mis Solicitudes

Comprobantes de Nomina
Comunicaciones
Encuestas
ForGensa
Gestion del Conocimiento
Gestion Documental
Gestion Financiera
Mesa de Servicio
Mi Intranet
Presupuesto
Proveedores
Radicaion de documentos
Valoracion Competencias

Central

GENSA
Central Termoeléctrica de Paipa

DIRECCION ADMINISTRATIVA Y DE LOGISTICA

REQUISICION DE BIENES Y SERVICIOS

Código: F-053
Vigencia: 27/01/2014
Versión: 2
Página: 1

Gerencia o Dirección (*) GGEN - Gerencia (UN) Generación De Energía Fecha de solicitud (*)
Proyecto Elija proyecto Solicitante (*) 1049613088 Juan Sebastian Calderon Piñeros
Central Elija central Tipo (*) Elija un tipo

Item	Objeto o descripción	Marca	Ref	Unidad	Cantidad	Item. Especificaciones o Características técnicas
La requisición de bienes y servicios no tiene items registrados						

Autosumar item

Plazo estimado para cotizar (*) El plazo para cotizar no podrá ser inferior a tres (3) días hábiles
Sitio de entrega (*)
Fecha estimada de entrega (*)
Otros entregables (Informes, registro fotográfico, memorias, etc)
Garantías requeridas (*)
Clase de riesgo (*) Seleccione...

Imagen 112 Formato de requisición virtual

6.2 APORTES DERIVADOS DEL TRABAJO

El presente trabajo de pasantía ofrece aportes, principalmente en lo relacionado con los procesos de monitoreo de presiones del sistema de transporte de ceniza y medición de nivel del silo, ya que ahonda en detalles e información que anterior a la investigación no era conocida o considerada. Así mismo, para el caso del área administrativa, las acciones llevadas a cabo, aportaron, como en el caso de la contratación de maquinaria amarilla y reparaciones locativas, procedimientos que mejoraron dichos procesos. Para el caso particular del informe de sinistro de la llanta del cargador CASE 821, las acciones llevadas a cabo permitieron que la entidad aseguradora sufragará los costos de compra de la nueva llanta. En resumen, el levantamiento de informes, archivos fotográficos y otros aportes a la unidad administrativa, favoreció, en cierta medida la dinámica de la Unidad Administrativa y de Logística de la Central Termoeléctrica de Paipa.

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

- Como primera medida, se considera que de haber implementado el sistema de monitoreo de presiones en los sistemas de transporte de ceniza, se habría incurrido en una notoria debilidad que constituye el implementar sistemas basados en equipos, que no cuentan con soporte para repuestos y que prácticamente se encuentran obsoletos, puesto que los elementos con los que contaba la central Termopaipa se circunscribían a los aquí presentados. Por tanto, de haberse propuesto la compra de nuevos transmisores y nuevo registrador, se concluye que la respuesta hubiera sido negativa en razón al elevado presupuesto y las prioridades financieras que tiene una central de generación.
- Un sistema de monitoreo de nivel del silo de ceniza puede implementarse teniendo en cuenta las dimensiones de la estructura, la temperatura del proceso y la presión negativa permanente en este inmenso contenedor. Puesto que en el mercado se pueden encontrar diversas tecnologías enfocadas a la medición de sólidos a granel en silos, la oferta y su espectro de aplicación es diversa, sin embargo, no todas las tecnologías ni fabricantes, garantizan las condiciones de proceso adecuadas para la aplicación requerida. En algunos casos, como la cotización de la empresa Automatización S.A y su transmisor Magnetrol, se encuentran sobredimensionadas por ofrecer características innecesarias como mapeos en 3D del contenido del silo, o simplemente no ofrecen garantía, como en tal caso, por ser de tecnología ultrasónica que puede verse afectada por las nubes de polución existentes dentro del silo.
- Se concluye que es preciso la implementación de un laboratorio de instrumentación dentro de la central Termopaipa, puesto que hasta el momento se cuenta únicamente con un taller donde se pueden llevar a cabo verificaciones y ajustes, pero nunca una calibración formal. Por tanto, se considera que es pertinente la implementación de bancos de calibración y adecuaciones locativas suficientes al taller, para brindar condiciones de laboratorio, como temperatura controlada, nivel de vibración, presión sonora e iluminación. Igualmente es precisa la capacitación a los instrumentistas y la acreditación ante la ONAC.

- En lo correspondiente al área administrativa, se concluye que la presencia de un apoyo técnico, que haga las veces de interlocutor entre las áreas solicitantes y lo administrativo, es imperiosa. Igualmente se considera que es preponderante la elaboración de informes permanentes que den cuenta de las amenazas contra la seguridad de equipos y colaboradores, en aras de mantener al día la información que posteriormente puede dirigirse a las aseguradoras.
- Se concluye que todo trabajo de pasantía, desde cualquier área del conocimiento, aplicada en un entorno industrial de generación térmica, puede contar o no con el apoyo de las áreas de compras y técnica. Esto, a todas luces, constituye un óbice o refuerzo del trabajo que el estudiante adelanta. Puede encontrarse con trabajos de pasantía donde a cualquier requerimiento surja una compra inmediata, o como en el caso personal, emplear los recursos existentes con muy pocas posibilidades de adquisición de elementos o equipos que se requieran para implementación de los proyectos de pasantía.
- Se concluye que en aras de reforzar los conocimientos de instrumentación industrial, electrónica de potencia, máquinas eléctricas, formulación de proyectos e ingeniería económica, entornos empresariales como el que constituye una central de generación a base de carbón, son indudablemente ideales. En este modelo de empresa, el pasante puede no solamente afianzar las áreas anteriormente expuestas, sino complementar los conocimientos de automatización y control, comunicaciones, electrónica básica y electromagnetismo.
- Es palmario que la relación con la academia, durante el tiempo de pasantía, teniendo en cuenta los desafíos que se pueden presentar, debe contar con un carácter permanente y total, en aras de contextualizar y apoyar al estudiante, quien por primera vez se halla expuesto a un entorno laboral que puede llegar a ser hostil y diferente.

7.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda a la central Termopaipa la erogación presupuestal correspondiente para implementar un sistema de medición de nivel del silo, puesto que en horarios nocturnos, no se cuenta con operador de medición de nivel. Esto, sumado al hecho que en horario nocturno no se lleva a cabo cargue de ceniza seca en pipas, puede ocasionar niveles demasiado altos, teniendo en cuenta la no supervisión de los operadores.
- Se recomienda a la central llevar a cabo las acciones pertinentes para lograr la acreditación del taller de instrumentación como Laboratorio de Instrumentación y calibración. Lo anterior teniendo en cuenta que otras centrales y empresas de servicios públicos del sector, cuentan con esta reglamentación, los equipos, la infraestructura y la capacitación suficiente.
- Se recomienda a la Universidad Santo Tomás, y a su decanatura, la coordinación de visitas periódicas a los pasantes en sus áreas de trabajo de práctica, en aras de evidenciar las condiciones y situación de los estudiantes.

BIBLIOGRAFÍA

- Cengel, y. A. (2011). *Termodinámica*. Madrid: Mc Graw Hill.
- Glassman, Irvin. (2008). *COMBUSTION*. LONDRES: ELSEVIER.
- Kenneth Parker, N. P. (julio de 2004). ElectroStatic Precipitator (ESP) Training Manual. Durham, North Carolina, Estados Unidos.
- Solé, A. C. (1997). *Instrumentación industrial*. Madrid: Marcombo.
- United Conveyor Corporation. **Instructions for erection, operation and maintenance. 1976.** (Manual de contrato).