

PRÁCTICA ACADÉMICA PENAGOS HERMANOS & COMPAÑÍA S.A.S

DALYA JULIETH GALVIS PARADA

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA
BUCARAMANGA**

2015

PRÁCTICA ACADÉMICA PENAGOS HERMANOS & COMPANÍA S.A.S

**AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DE SISTEMA DE FERMENTACIÓN DEL
CAFÉ**

DALYA JULIETH GALVIS PARADA

DIRECTOR

JOHANN BARRAGÁN GÓMEZ

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA
BUCARAMANGA**

2015

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN.....	1
2	DATOS GENERALES DE LA EMPRESA.....	3
3	JUSTIFICACION	4
4	OBJETIVOS.....	5
4.1	OBJETIVO GENERAL.....	5
4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
5	MARCO TEORICO.....	6
5.1	EFFECTOS DEL PH, LA TEMPERATURA Y EL TIEMPO DURANTE EL PROCESO DE FERMENTACIÓN	6
5.2	DESCRIPCIÓN CUANTITATIVA DE LOS VALORES DE PH Y TEMPERATURA EN FUNCIÓN DEL TIEMPO DURANTE EL PROCESO DE FERMENTACIÓN DEL CAFÉ	7
5.3	POSIBLES ESTRATEGIAS DE CONTROL	10
5.4	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ADQUISICIÓN DE DATOS.....	12
5.5	DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS.....	14
5.6	SELECCIÓN DE LOS SENSORES, ACTUADORES, CONTROLADOR Y SOFTWARE.....	16
5.6.1	<i>SELECCIÓN DE SENSORES</i>	16
5.6.2	<i>SELECCIÓN DE ACTUADORES</i>	19
5.6.3	<i>SELECCIÓN DEL CONTROLADOR</i>	20
5.6.4	<i>SELECCIÓN DEL SOFTWARE</i>	23
6	DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA A TRABAJAR.....	24
6.1	PLANTEAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE CONTROL.....	24
6.1.1	<i>PLANTEAMIENTO DEL SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA</i>	24
6.1.2	<i>PLANTEAMIENTO DEL SISTEMA DE CONTROL DE PH</i>	25
7	RESUMEN DE LOS RESULTADOS.....	26
7.1	DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES QUE CONFORMAN EL SISTEMA.....	26
7.1.1	<i>SISTEMA DE ENFRIAMIENTO CHILLER</i>	26
7.1.2	<i>TANQUE</i>	29
7.1.3	<i>SENSORES</i>	31
7.1.4	<i>FUENTE REGULADORA DE VOLTAJE</i>	34
7.1.5	<i>CAJA DE CONTROL DE TEMPERATURA</i>	35
7.2	IMAGENES DEL DISEÑO DE CONEXIÓN DE LOS ELEMENTOS DE INSTRUMENTACIÓN.....	37
7.3	FOTOS DEL SISTEMA CONECTADOS CON LOS RESPECTIVOS ELEMENTOS DE CONTROL...	40

7.4	PROGRAMACIÓN DE LA INTERFAZ GRÁFICA PARA MONITOREO Y ALMACENAMIENTO DE VARIABLES.....	42
7.4.1	<i>DESCRIPCIÓN DEL PANEL DE CONTROL.....</i>	<i>42</i>
7.4.2	<i>DESCRIPCIÓN DEL DIAGRAMA DE BLOQUES.....</i>	<i>45</i>
7.5	RESULTADOS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS CON CONTROL DE TEMPERATURA.....	47
7.5.1	<i>RESULTADOS DE PRUEBA 1 CON CONTROL DE TEMPERATURA A 15°C.....</i>	<i>47</i>
7.5.2	<i>RESULTADOS DE PRUEBA 2 CON CONTROL DE TEMPERATURA A 2°C.....</i>	<i>50</i>
7.5.3	<i>RESULTADOS DE PRUEBA 3 CON CONTROL DE TEMPERATURA A 12°C.....</i>	<i>51</i>
7.5.4	<i>RESULTADOS DE PRUEBA 4 CON CONTROL DE TEMPERATURA A 18°C.....</i>	<i>52</i>
7.6	RESULTADOS DE CATACIÓN DE LAS PRUEBAS DE ADQUISICIÓN Y CONTROL DE TEMPERATURA Y PH.....	54
8	CUADRO DE RESULTADOS.....	58
9	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO ACTUAL O POTENCIAL DE LOS RESULTADOS.....	62
10	CONCLUSIONES.....	63
11	BIBLIOGRAFÍA.....	65
12	ANEXOS.....	66

LISTA DE TABLAS

	Pág
TABLA 5-1. ESPECIFICACIONES DEL CHASIS 9174 DE NATIONAL INSTRUMENTS.	21
TABLA 5-2. ESPECIFICACIONES DEL MÓDULO UNIVERSAL NI 9219 DE NATIONAL INSTRUMENTS	22
TABLA 7-1. DATOS DE LOS RESULTADOS DE LA PRIMERA PRUEBA DE ADQUISICIÓN.	48
TABLA 7-2. DATOS DE LOS RESULTADOS DE LA SEGUNDA PRUEBA DE ADQUISICIÓN.	51
TABLA 7-3. DATOS DE LOS RESULTADOS DE LA TERCERA PRUEBA DE ADQUISICIÓN.	52
TABLA 7-4. DATOS DE LOS RESULTADOS DE LA CUARTA PRUEBA DE ADQUISICIÓN.	53
TABLA 7-5. CATACIÓN DE LA PRIMERA PRUEBA CON CONTROL DE TEMPERATURA DE 15°C.	54
TABLA 7-6. CATACIÓN DE LA SEGUNDA PRUEBA CON CONTROL DE TEMPERATURA DE 2°C.....	56
TABLA 7-7. CATACIÓN DE LA TERCERA PRUEBA CON CONTROL DE TEMPERATURA DE 12°C.....	56

LISTA DE FIGURAS

	Pág
FIGURA 5-1. CAMBIOS DE LA TEMPERATURA DE LOS GRANOS DE CAFÉ DURANTE LA FERMENTACIÓN EN SISTEMAS ABIERTOS, SIN AGUA Y SUMERGIDOS 50%, A TEMPERATURA EXTERNA PROMEDIO DE 23°C A 25°C.	8
FIGURA 5-2. VARIACIÓN DEL PH DEL MUCÍLAGO A TRAVÉS DEL TIEMPO DE FERMENTACIÓN EN SISTEMAS ABIERTOS, SÓLIDOS Y SUMERGIDOS CON 30% Y 50% DE AGUA, SEGÚN LA TEMPERATURA DEL PROCESO Y LA CLASIFICACIÓN DEL CAFÉ EN BABA.	10
FIGURA 5-3. DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN CONTROLADOR CONTINUO	11
FIGURA 5-4. PARTES DE UN SISTEMA DAQ.	12
FIGURA 5-5. DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS FINAL.	15
FIGURA 5-6. COMPORTAMIENTO DE LA PT100	17
FIGURA 5-7. PERFIL DE LA PT100.	18
FIGURA 5-8. ELECTRODO DE PH.....	19
FIGURA 5-9. TRANSMISOR DE 2 HILOS CON SALIDA ANÁLOGA	19
FIGURA 5-10. CHASIS CON 4 RANURAS	20
FIGURA 5-11. MÓDULO UNIVERSAL ANALÓGICO	22
FIGURA 5-12. INTERFAZ GRÁFICA DE LABVIEW	23
FIGURA 7-1. SISTEMA DE ENFRIAMIENTO (CHILLER)	26
FIGURA 7-2. MOTOR - COMPRESOR DEL CHILLER.....	27
FIGURA 7-3. BOMBA DE SUMINISTRO Y RETORNO DEL CHILLER	27
FIGURA 7-4. MANGUERA CONECTADA ENTRE EL TANQUE FERMENTADOR Y EL CHILLER PARA QUE RECIRCULE DESDE EL TANQUE HASTA EL CHILLER.....	28
FIGURA 7-5. MANGUERA CONECTADA ENTRE EL CHILLER Y EL TANQUE FERMENTADOR PARA QUE TRANSPORTE EL AGUA FRIA AL TANQUE DESDE EL CHILLER.	28
FIGURA 7-6. RADIADOR DEL CHILLER.	28
FIGURA 7-7. TANQUE FERMENTADOR DE CAFÉ	29
FIGURA 7-8. COMPUERTA DEL TANQUE CON ORIFICIO CENTRAL.....	30
FIGURA 7-9. SISTEMA DE EVACUACIÓN DEL MUCÍLAGO DE CAFÉ DEL TANQUE FERMENTADOR UBICADO EN LA PARTE INFERIOR CENTRAL DEL MISMO.	30
FIGURA 7-10. UBICACIÓN DE SENSORES DE ADQUISICIÓN DENTRO DEL TANQUE FERMENTADOR.	31
FIGURA 7-11. TRANSMISOR DE PH.....	32
FIGURA 7-12. UBICACIÓN DEL SENSOR DE PH EN LA PARTE INFERIOR DEL TANQUE FERMENTADOR.	32
FIGURA 7-13. UBICACIÓN DEL SEGUNDO SENSOR DE PH EN LA PARTE SUPERIOR DEL TANQUE FERMENTADOR.	32
FIGURA 7-14. UBICACIÓN DE LA PT100 EN EL TANQUE FERMENTADOR EN LA PARTE SUPERIOR.	33
FIGURA 7-15. UBICACIÓN DE LA SEGUNDA PT100 EN LA PARTE INFERIOR DEL TANQUE FERMENTADOR.	33
FIGURA 7-16. FUENTE REGULADORA DE VOLTAJE PARA TRANSMISORES DE PH.....	34
FIGURA 7-17. CONEXIÓN DEL MÓDULO UNIVERSAL, EL COMPUTADOR Y LA FUENTE REGULADORA DE VOLTAJE.	34
FIGURA 7-18. CONEXIÓN DE LOS SENSORES AL MÓDULO UNIVERSAL PARA LA ADQUISICIÓN DE LAS SEÑALES.	35
FIGURA 7-19. CAJA DE CONTROL DE TEMPERATURA.	35
FIGURA 7-20. PARTE INTERNA DE LA CAJA DE CONTROL DE TEMPERATURA.	36

FIGURA 7-21. CONEXIÓN GENERAL CONTROLADOR DE TEMPERATURA A LA BOMBA DE SUMINISTRO, COMPRESOR Y SISTEMA DE ENFRIAMIENTO CHILLER.	36
FIGURA 7-22. CONEXIÓN DEL SENSOR DE TEMPERATURA DEL CONTROLADOR AL TANQUE FERMENTADOR PARA MONITOREO Y ACCIONAMIENTO DEL CHILLER.	37
FIGURA 7-23. CONEXIÓN DE PT100 DE 3 HILOS AL CANAL 0 Y 1 DEL MÓDULO UNIVERSAL PARA ADQUISICIÓN DE DATOS DE LA VARIABLE DE TEMPERATURA.	38
FIGURA 7-24. CONEXIÓN DE TRANSMISOR DE PH AL CANAL 2 Y 3 DEL MÓDULO UNIVERSAL PARA ADQUISICIÓN DE DATOS DE LA VARIABLE DE PH.	38
FIGURA 7-25. CONEXIÓN DE LOS PINES DE ALIMENTACIÓN DEL TRANSMISOR DE PH A LA FUENTE REGULADORA DE VOLTAJE A 24V.....	39
FIGURA 7-26. PUNTOS DE CONEXIÓN DEL CHASIS DE NATIONAL INSTRUMENT CON LA FUENTE DE 110V, CON EL PC POR USB Y CON EL MÓDULO UNIVERSAL.	39
FIGURA 7-27. PUNTOS DE CONEXIÓN DEL ELECTRODO DE PH AL TRANSMISOR DE PH.	40
FIGURA 7-28. SISTEMA GENERAL DE ADQUISICIÓN Y CONTROL DE TEMPERATURA Y PH PARA FERMENTACIÓN DE CAFÉ.	41
FIGURA 7-29. PARTE FRONTAL DEL SISTEMA GENERAL DE CONTROL DE TEMPERATURA Y PH PARA FERMENTACIÓN DE CAFÉ.	41
FIGURA 7-30. PANEL DE CONTROL DE ADQUISICIÓN DE DATOS DE TEMPERATURA.....	42
FIGURA 7-31. COMPONENTES DEL PANEL FRONTAL PARA LA ADQUISICIÓN DE TEMPERATURA.....	43
FIGURA 7-32. PANEL DE CONTROL DE ADQUISICIÓN DE DATOS PARA EL PH.	44
FIGURA 7-33. COMPONENTES DEL PANEL FRONTAL PARA ADQUISICIÓN DE PH.....	45
FIGURA 7-34. DIAGRAMA DE BLOQUES GENERAL DE ADQUISICIÓN DE DATOS EN LABVIEW.	46
FIGURA 7-35. GRÁFICA DE VARIACIÓN DE PH PARA LA PRIMERA PRUEBA DE ADQUISICIÓN DE DATOS CON CONTROL DE TEMPERATURA A 15°C.	49
FIGURA 7-36. GRÁFICA DE VARIACIÓN DE TEMPERATURA PARA LA PRIMERA PRUEBA DE ADQUISICIÓN DE DATOS CON CONTROL DE TEMPERATURA A 15°C.....	49
FIGURA 7-37. GRÁFICA DE TEMPERATURA CE CONTROL PARA CADA PRUEBA VS EL VALOR DE PH PROMEDIO OBTENIDO EN CADA PRUEBA.	57
FIGURA 12-1. SOPORTE DE PAGO DEL CHILLER.	66
FIGURA 12-2. SOPORTE DE PAGO DE SENSOR DE TEMPERATURA PT100.	67
FIGURA 12-3. SOPORTE DE PAGO A NATIONAL INSTRUMENTS.	68
FIGURA 12-4. SOPORTE DE PAGO A CASA HERMES POR COMPRA DE FUENTE REGULADORA DE VOLTAJE.	69
FIGURA 12-5. SOPORTE DE PAGO A TELMO J DIAZ POR PRUEBAS DE CATACIÓN.....	70
FIGURA 12-6. SOPORTE DE PAGO A INSTRUMATIC POR SENSOR DE PH Y TRANSMISOR DE PH.	71
FIGURA 12-7. SOPORTE DE PAGO A SENSOMATIC POR CABLES DE PT100.	72
FIGURA 12-8. FUNCIÓN WAIT (MS).	73
FIGURA 12-9. CONTROL TAB.	73
FIGURA 12-10. DAQMX CONFIGURE INPUT BUFFER.	73
FIGURA 12-11. DAQMX START TASK.VI.	75
FIGURA 12-12. DAQMX READ.	76
FIGURA 12-13. INDEX ARRAY.	76
FIGURA 12-14. BUILD ARRAY.....	77

FIGURA 12-15. GET WAVEFORM COMPONENTS.	78
FIGURA 12-16. TRANSPOSE 2D ARRAY.	78
FIGURA 12-17. TDMS WRITE.	79
FIGURA 12-18. TDMS OPEN.	80
FIGURA 12-19. COMPOUND ARITHMETIC.	82
FIGURA 12-20 TDMS CLOSE.....	83
FIGURA 12-21. WHILE LOOP.	84
FIGURA 12-22. DAQMX CLEAR TASK.	84
FIGURA 12-23. SIMPLE ERROR HANDLER.	85

LISTA DE ANEXOS

Pág

ANEXO 1: Soporte de pagos de facturas para la selección y compra de los elementos de adquisición y control para el sistema.....	75
ANEXO 2: Descripción de los instrumentos virtuales utilizados para la programación del diagrama de bloques y el panel de control con el fin de obtener al adquisición y almacenamiento de variables.....	82

1 INTRODUCCIÓN

La tradición industrial de PENAGOS HERMANOS se remonta a finales del Siglo XIX, con la conformación de una Sociedad para el estudio, la promoción y ejecución de Proyectos Industriales. Hacia los años cuarenta se hacen las primeras exportaciones de maquinaria agrícola hacia América Latina, estableciendo de esta manera el inicio de la que hoy es reconocida como una de las más extensas y eficientes líneas de comercialización y distribución de productos industriales a nivel internacional.

Desde entonces PENAGOS HERMANOS se ha caracterizado por proveer soluciones integrales para el sector industrial y en especial para la agroindustria, iniciando con la fabricación de trapiches, motores hidráulicos Pelton, tornos, taladros entre otros. Los años ochenta marcaron una época brillante para PENAGOS HERMANOS, pues se incorporan tecnologías de Italia y Brasil para modernizar la línea de maquinaria agrícola, y se incursiona en la fabricación de equipos para el procesamiento del café, revolucionando por completo los sistemas tradicionales de Beneficio Húmedo del Café, recibiendo por ello el reconocimiento de importantes entidades nacionales e internacionales.

Los pasos para generar café pergamino a partir del café cereza durante el proceso del beneficio húmedo, inicia con la recolección, el despulpado, la fermentación, luego el lavado, el secado, el ensacado, y por último, el almacenamiento. Se ha comprobado por medio de estudios e investigaciones, que, para obtener café de excelente calidad, es necesario tener un control durante el proceso de fermentación. En éste proceso se produce la remoción del mucílago y la actuación de microorganismos que, bajo diversos parámetros, alteran la temperatura, el pH, entre otras variables, generando ciertas particularidades en el grano.

Éste proyecto busca controlar el proceso de fermentación del mucílago de café en un tanque, con el fin de obtener un café de excelente calidad. El proceso se desea automatizar, de manera que, con base en pruebas realizadas con diferentes valores de las variables a trabajar (temperatura, pH y tiempo) a través de la adquisición de datos en el software LabVIEW, se obtengan unos rangos o puntos limitados de las variables que permiten generar las propiedades deseadas en el grano; posteriormente, se procederá a crear el código de control con la ayuda de la interfaz gráfica de LabVIEW, de manera que

al final, el operario digite los valores de las variables y el sistema automáticamente controle los niveles de pH, temperatura y tiempo para alcanzar los valores deseados.

El presente documento compila el desarrollo del trabajo. En el primer capítulo se establecen los objetivos a trabajar.

En el segundo capítulo se describen los fundamentos teóricos acerca de la fermentación del mucílago de café, los efectos del pH, la temperatura y el tiempo durante el proceso, las posibles estrategias de control, la descripción de la adquisición de datos y por último, la justificación de selección de los sensores, actuadores y controladores.

En el tercer capítulo se plantea la metodología a trabajar para el desarrollo del proyecto, la adquisición de datos, el monitoreo y el control a realizar.

En el cuarto capítulo se describe un boceto de la interfaz gráfica de LabVIEW para el registro de datos, almacenamiento y control de las variables

2 DATOS GENERALES DE LA EMPRESA

Nombre:	Penagos Hermanos & Cía. S.A.S
Dirección:	Zona industrial Rincón de Girón contiguo a Trans Ejes
Teléfono:	<u>+57-6-469999</u>
Función:	Brindar soluciones integrales para Incrementar la Productividad y Competitividad del Empresario del agro
Área de trabajo:	Productividad y Tecnología para las líneas de café, maquinaria agrícola, palma, cacao y accesorios para la línea de gas.
Gerente General:	Jose Maria Engel
E-mail:	jengel@penagos.com
Gerente de área:	Elias Ariza
E-mail:	Gerentel del área comercial e I+D (eariza@penagos.com)
Jefe Directo:	Elias Ariza
E-mail:	Gerentel del área comercial e I+D (eariza@penagos.com)
Incentivos Laborales:	Con la empresa se firmó un contrato de vinculación laboral de aprendizaje, que se dio inicio el 27 de Enero del 2015, por un término de 6 meses, culminando el 28 de Julio del 2015. Fue concedido un auxilio de sostenimiento equivalente a \$644.350 mensualmente.
Horario de Trabajo:	De Lunes a Viernes de 7:30am a 5:45pm.

3 JUSTIFICACION

En Penagos Hermanos, las prácticas se desarrollan según el perfil de estudiante y de la necesidad que se esté presentando. En el área de Investigación y Desarrollo (I+D), se encuentran dos líneas, café y agrícola, en las cuales se desarrollan nuevos productos, innovaciones, adecuaciones y proyectos de investigación.

Para el caso de la línea de café, se está realizando un proyecto para fermentación controlada, que consiste en diseñar, construir, automatizar y controlar una máquina para procesar café en estado de fermentación, para al mismo tiempo realizar un estudio de mercadeo con el fin de conocer el auge que tendría éste producto al final.

La práctica en la empresa es de vital importancia para el estudiante dado que en la etapa universitaria lo que se trabaja es técnicamente 100% teórico y dicho estudiante debe prepararse para incursionar en el mundo laboral, por lo que la práctica académica se constituye como una prueba que se realiza con el fin de que aprenda, conozca y evalúe por qué rama le es más adecuado o fácil trabajar.

El rol del estudiante en práctica en el área de Investigación y Desarrollo permite brindar la posibilidad de confrontar los conocimientos teóricos con la puesta en práctica de los mismos, permitiendo desarrollar actitudes, habilidades y destrezas en el campo de la mecatrónica. Además permite poner a prueba la solidez, coherencia y pertinencia de los enfoques teóricos, metodológicos e investigativos aplicables. En este espacio brindado se permite el desarrollo de la competencia de trabajo en equipo interdisciplinario necesaria para ingresar al mundo laboral.

4 OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar, construir y validar una tecnología para controlar y automatizar la fermentación del café con el fin de lograr perfiles de tazas de café específicos

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Estudiar el comportamiento de las variables relevantes en el proceso de fermentación del mucílago de café en función del tiempo.
2. Determinar los rangos de trabajo y las características físicas de las variables que intervienen en el proceso de fermentación.
3. Seleccionar los sensores, actuadores y toda la instrumentación necesaria para la adquisición, control y automatización del sistema.
4. Diseñar e implementar el acople de los elementos de adquisición y control con el tanque fermentador.
5. Programar la interfaz gráfica de usuario para la adquisición de las variables de temperatura y pH.
6. Realizar el control de temperatura para diferentes valores de consigna durante el proceso de fermentación de café.
7. Analizar y comparar la relación existente entre la temperatura de entrada del proceso y los resultados de catación junto con los análisis microbiológicos de las muestras obtenidas.

5 MARCO TEORICO

5.1 EFECTOS DEL PH, LA TEMPERATURA Y EL TIEMPO DURANTE EL PROCESO DE FERMENTACIÓN

En el proceso de fermentación del café, se presentan ciertas clases de microorganismos durante un tiempo específico, los cuales dependen de algunas condiciones ambientales como lo son la temperatura, el pH, el comportamiento del agua, el tiempo de duración del proceso, el potencial redox, entre otros, y también dependen de la cantidad de granos despulpados, de la forma de cultivación y demás. Para este caso, solo se tendrá en cuenta el pH, la temperatura y el tiempo de fermentación.

El pH tiene un potente efecto en la fermentación del mucílago de café, ya que, a partir de este se derivan distintos componentes químicos que rigen las cualidades del grano; mientras transcurre el tiempo de fermentación del café, el pH disminuye hasta cierto punto en el que depende de la temperatura a la que se esté trabajando, luego, el pH de la baba (mucílago) aumenta por acción del ácido láctico, el dióxido de carbono, sales, sustancias básicas y, a la generación de otros ácidos menos importantes. Generalmente, el rango ideal de pH del mucílago en fermentación se encuentra entre 3,5 y 4; luego de que el pH alcance estos valores se aconseja detener la fermentación, retirar el café y lavarlo.

La temperatura altera las variaciones en el nivel de degradación de los microorganismos y también afecta el metabolismo de éstos. La eficacia de los procesos de fermentación anaerobios y también los aerobios, depende de la temperatura con la que se esté trabajando. A causa de la composición química y microorgánica del mucílago, éste se fermenta naturalmente en condiciones ambientales que manejan temperaturas entre los 15°C y los 30°C; por éste motivo, el presente proyecto trabajará un rango de temperatura entre 2°C y 27°C dado que estos microorganismos que interfieren en el proceso son del tipo mesófilos, es decir, son organismos que tienen una temperatura óptima de crecimiento entre los 15 y 35°C.

El tiempo es otro de los factores importantes que afectan la composición total del grano de café. Se calcula que a ciertos tiempos, se producen ciertas alteraciones en el mucílago del café, lo que conlleva a que se controle rigurosamente el tiempo de fermentación para obtener sabores, aromas, y demás características esenciales en el café. En general, para la fermentación natural, los granos de café en baba se depositan en tanques entre 12 a 18 horas.

5.2 DESCRIPCIÓN CUANTITATIVA DE LOS VALORES DE PH Y TEMPERATURA EN FUNCIÓN DEL TIEMPO DURANTE EL PROCESO DE FERMENTACIÓN DEL CAFÉ

Durante¹ el beneficio del café, los granos despulpados se mantienen hasta su lavado, inmersos en el mucílago fermentado, que contiene los diversos productos de la fermentación. Mediante la práctica de procesos de fermentación, lavado y secado controlados, se obtienen bebidas de café con aromas y sabores de buena calidad y especiales. Por el contrario, cuando se realizan mezclas de sustratos, se sobrepasa el tiempo de fermentación, no se controlan los factores y no se conocen los cambios que ocurren en este proceso, se pueden generar defectos en la calidad como el grano manchado y vinagre, y los sabores agrios y fermento en la bebida.

En este epígrafe se ilustran varios aspectos de los procesos microbiológicos y químicos de la fermentación del café, en relación con factores de temperatura ambiente, higiene, tiempo y sistema de fermentación y se dan recomendaciones y buenas prácticas para el control de este proceso.

FACTORES DE LA FERMENTACIÓN

En particular, la velocidad de los compuestos formados en la fermentación del café dependen de la calidad del sustrato, madurez y sanidad del fruto que influyen en la composición química y microbiológica de los granos despulpados; de factores ambientales como la temperatura externa y la higiene de las instalaciones, ambientes y equipos; del tiempo, y del sistema mismo de fermentación.

Sistemas de fermentación: pueden establecerse diferentes sistemas de fermentación del café según la dilución, aireación, agitación, aislamiento o suministro de sustrato. En los sistemas de sustrato sólido no se adiciona agua al café despulpado, en las fermentaciones sumergidas se agrega agua; a su vez, estos sistemas pueden ser abiertos o cerrados, continuos o discontinuos, estáticos o agitados, o desarrollarse a una temperatura o pH constantes, entre otros. En Colombia, la fermentación del café se realiza en sistemas sin agua o sumergidos y en tanques abiertos de diversos materiales.

El sustrato: la materia prima del proceso de fermentación está compuesta por los granos de café despulpados que contienen el mucílago que se fermenta. Los granos de café en baba contienen cantidades variables de mucílago y su calidad depende de la frescura y los controles en el beneficio y despulpado; la presencia de la pulpa y de residuos de

¹ Fuente: Documento pdf "Factores, procesos y controles en la fermentación del café". Agosto de 2012. Gerencia técnica. Programa de investigación Científica. Fondo nacional del café. Avance técnico avt0422.

insecticidas y otras sustancias en el café en baba, influyen en los productos de fermentación, y por consiguiente, en los sabores y aromas del café.

La cantidad de mucílago en los frutos de café depende del estado de maduración y presenta variaciones de cerca del 30% para cada grado de madurez, debido a la humedad y tamaño de los frutos, así, en promedio el fruto fresco verde contiene 1,3% de mucílago, el pintón 8,4%, el maduro entre 1% y 27%, el sobremaduro de 1% a 23%, y en el fruto seco no hay mucílago.

En promedio, frutos de café maduro de la especie arábica contienen 44% de pulpa, 45% de café pergamino y cerca de 11% de mucílago. Igualmente, los granos de café maduros despulpados contienen mayor cantidad de mucílago (18,8%), los pintones 14,9%, y los sobremaduros 17,7%.

La temperatura: los microorganismos fermentadores del café son mesófilos. La mayoría de las levaduras crecen entre 5 y 39%, con óptimos de 28 a 35°C, algunas se desarrollan entre 3 y 10°C y todas mueren por encima de 50°C. Las bacterias lácticas crecen entre 25 y 30°C, pero pueden reproducirse a 0°C, mientras que las bacterias entéricas se desarrollan entre 22 y 37°C.

Por su composición microbiana y química, el mucílago se fermenta en forma natural en las condiciones ambiente de las zonas cafeteras que presentan temperatura del aire entre la noche y el día de 12 a 34°C, según la altitud, con promedios en la temperatura mínima de 16,4%, media de 20,7% y máxima de 26,2°C. Durante la fermentación del café se presentan variaciones de la temperatura de los granos debido a los procesos metabólicos de los microorganismos con la consecuente producción de energía, así, en algunos momentos la temperatura del sistema es mayor que la temperatura del aire externo.

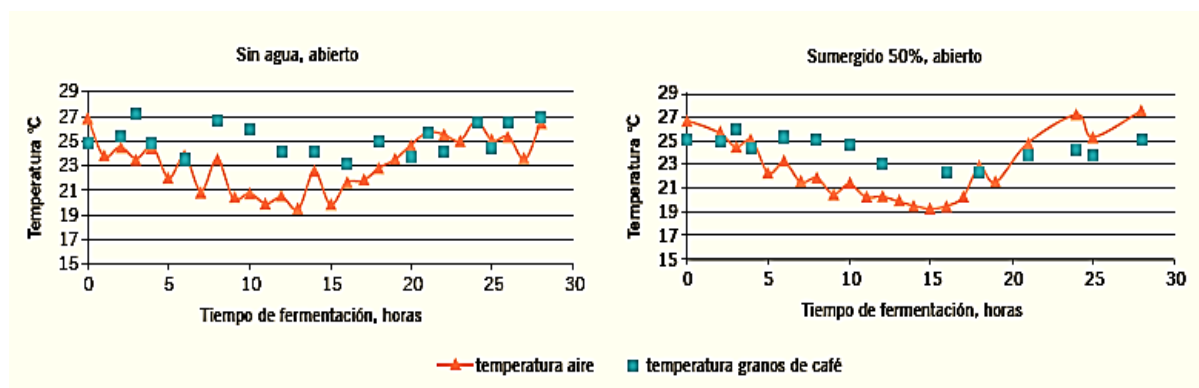


Figura 5-1. Cambios de la temperatura de los granos de café durante la fermentación en sistemas abiertos, sin agua y sumergidos 50%, a temperatura externa promedio de 23°C a 25°C.

Química de la fermentación del mucílago de café: El café en baba maduro y fresco presenta un humedad entre 58% y 61%. De otra parte, en promedio, el 90% del peso del mucílago de café fresco es agua y en el mucílago pintón la humedad representa el 61%, así, el mucílago del fruto pintón contiene mayor cantidad de materia seca que el maduro y sobremaduro. Durante la fermentación se presentan cambios en la humedad del mucílago de café, que son mayores en cuanto mayor es la temperatura ambiente durante el proceso.

pH: el valor de pH se mide en un potenciómetro o pHmetro y mediante tiras de color que están impregnadas de reactivos indicadores especiales. El pH del café en baba fresco es ácido, con valores que dependen de la madurez, del tiempo entre la recolección y el despulpado, y de la manipulación de los frutos y granos en baba; así, el café en baba clasificado sólo por zaranda presenta pH entre 4,9 y 5,6, con un promedio de 5,2; mientras que los granos en baba obtenidos de frutos clasificados con agua y después de despulpados por zaranda tienen un pH de 5,1 a 5,6, y un promedio de 5,4. Por su parte, en sistemas sumergidos, cuando para la fermentación se agrega agua en un 30% del peso de café en baba, el pH inicial es de 5,3 a 5,5 y para 50% alcanza valores de 5,6 a 6,0.

Durante la fermentación del café, el pH del sustrato disminuye más rápido en las primeras 20 horas, por la formación y disociación de ácidos, principalmente el ácido láctico que se genera en las fermentaciones lácticas, el ácido acético que se produce en las heterolácticas y en la acetificación del alcohol, por el ácido málico presente en los granos de café y otros generados en el metabolismo celular como el cítrico, oxálico, fórmico, fosfórico y succínico; también por el ácido propiónico cuando se fermenta el ácido láctico y por el butírico de la fermentación butírica. Es más fuerte el efecto en el pH del ácido láctico que del ácido acético.

La variación del pH durante la fermentación del café es diferente dependiendo de la calidad del grano en baba, del sistema y de la temperatura externa. Así, los sistemas de sustrato sólido (sin adición de agua) son más heterogéneos que los sistemas sumergidos y, por consiguiente, el rango de variación del pH es más amplio para cualquier tiempo. Los sistemas sumergidos inician con un valor de pH mayor que los sistemas sin agua; en los sistemas abiertos la disminución del pH es más lenta que en los cerrados, y a mayor temperatura externa la disminución del pH en la fermentación es más rápida.

En la fermentación del café el pH del mucílago disminuye hasta un valor que depende del sistema de la temperatura de fermentación. Posteriormente, el pH del mucílago de café fermentado aumenta debido a la fermentación del ácido láctico, a la eliminación del dióxido de carbono, a la producción de otros ácidos más débiles, a sales y sustancias básicas que se disuelven y por otras degradaciones.

En general, valores de pH del mucílago fermentado entre 3,7 y 4,1 son adecuados y seguros para interrumpir la fermentación y lavar el café.

Tiempo de fermentación en horas	Sistema de fermentación							
	sin agua	30% agua	50% agua	sin agua	30% agua	50% agua	sin agua	50% agua
	Clasificado por zaranda			Clasificado por sífon y zaranda				
	22 a 25 °C			22 a 25 °C		17 a 19 °C		
0	5,00	5,23	5,43	5,36	5,41	5,81	5,58	5,66
12	4,07	4,42	4,49	3,92	4,39	4,68	4,52	4,65
14	3,95	4,30	4,37	3,76	4,29	4,54	4,39	4,53
16	3,85	4,18	4,27	3,64	4,20	4,40	4,28	4,42
18	3,76	4,06	4,19	3,54	4,13	4,28	4,19	4,31
20	3,68	3,95	4,11	3,47	4,07	4,17	4,11	4,22
22	3,62	3,84	4,05	3,44	4,04	4,07	4,04	4,15
24	3,56	3,74	4,00	3,43	4,02	3,99	4,00	4,08
26	3,52	3,63	3,97	3,45	4,02	3,91	3,96	4,03
28	3,49	3,53	3,94	3,50	4,04	3,85	3,94	3,99
30	3,48	3,44	3,93	3,58	4,07	3,80	3,94	3,96

Figura 5-2. Variación del pH del mucílago a través del tiempo de fermentación en sistemas abiertos, sólidos y sumergidos con 30% y 50% de agua, según la temperatura del proceso y la clasificación del café en baba.

Tiempo de fermentación: se recomienda fijar las horas de fermentación del café en cada finca. Con esta práctica se logra producir café de buena calidad y con características consistentes, optimizar los tiempos de los procesos del café en la finca y controlar la formación de los granos vinagre y de sabores agrios y fermentos en la bebida de café.

5.3 POSIBLES ESTRATEGIAS DE CONTROL

La mayoría de los controladores industriales emplean como fuente de energía la electricidad o un fluido presurizado, como el aceite o el aire. Los controladores también pueden clasificarse, según el tipo de energía que utilizan en su operación, como neumáticos, hidráulicos o electrónicos. El tipo de controlador que se use debe decidirse basándose en la naturaleza de la planta y las condiciones de operación, incluyendo consideraciones tales como seguridad, costo, disponibilidad, fiabilidad, precisión y tamaños.

Los controladores industriales se clasifican, de acuerdo con sus acciones de control, como:

1. Controladores on-off²

En un sistema de control de dos posiciones, el elemento de actuación solo tiene dos posiciones fijas, que, en muchos casos, son simplemente encendido y apagado. El control de dos posiciones o de encendido y apagado es relativamente simple y barato, razón por la cual su uso es extendido en sistemas de control tanto industriales como domésticos donde el elemento final de control no requiera una alta precisión.

Supóngase que la señal de salida del controlador es $u(t)$ y que la señal de error es $e(t)$. En el control de dos posiciones, la señal $u(t)$ permanece en un valor ya sea máximo o mínimo, dependiendo de si la señal de error es positiva o negativa. De este modo,

$$u(t) = U_1, \quad \text{para } e(t) > 0 \quad (1)$$

$$u(t) = U_2, \quad \text{para } e(t) < 0 \quad (2)$$

2. Controladores proporcionales-integrales-derivativos continuos³

En los controladores lineales continuos, la variable de proceso PV se resta de la variable de consigna SP. Se obtiene así una variable denominada error e igual a la diferencia entre el valor real de la salida y el que se pretende obtener. La variable e se aplica a un procesador electrónico que la transforma mediante un operador lineal. En función del tipo de operador lineal se obtienen diferentes controladores continuos que se estudian a continuación.

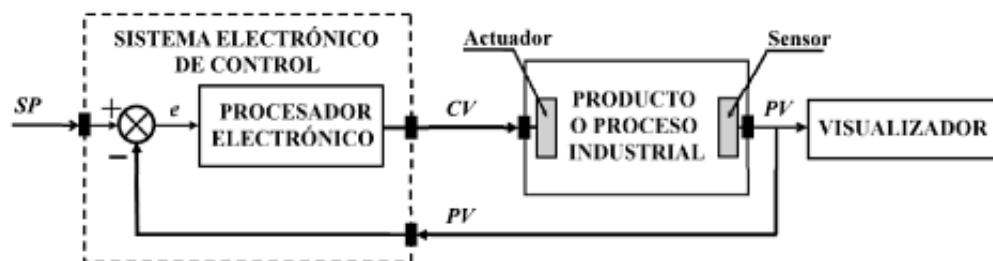


Figura 5-3. Diagrama de bloques de un controlador continuo

² Fuente: OGATA, Katsushiko. Ingeniería de Control Moderna. Tercera Edición. Ed. Prentice Hall. México. 1998

³ Fuente: MANDADO, Enrique. Autómatas programables y sistemas de automatización. Segunda Edición. Ed. Marcombo. España. 2009

Para los controladores PID se reúnen tres acciones: proporcional (P), integral (I) y derivativa (D), su propósito es hacer que la diferencia entre la señal de entrada de referencia y la señal de salida tienda a cero. Esto se logra mediante el uso de la acción integral. Esta acción combinada tiene las ventajas de cada una de las tres acciones de control individuales. La ecuación de un controlador con esta acción combinada está dada por

$$u(t) = K_p e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(t) dt + K_p T_d \frac{de(t)}{dt} \quad (3)$$

O la función de transferencia es

$$\frac{U(s)}{E(s)} = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right) \quad (4)$$

Donde K_p es la ganancia proporcional, T_i es el tiempo integral y T_d es el tiempo derivativo.

5.4 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ADQUISICIÓN DE DATOS

La adquisición de datos⁴ (DAQ) es el proceso de medir con una PC un fenómeno eléctrico o físico como voltaje, corriente, temperatura, presión, sonido, entre otros. Un sistema DAQ consiste de sensores, hardware de medidas DAQ y una PC con software programable.



Figura 5-4. Partes de un sistema DAQ.

⁴ Fuente: <http://www.ni.com/data-acquisition/what-is/esa/>

El proceso de adquisición consta de:⁵

1. Un sensor o transmisor adecuado para medir la variable. Son dispositivos capaces de convertir una magnitud física, como puede ser la temperatura, la presión, el valor de pH, etc., en una diferencia de potencial o una variación de intensidad. Cada uno de estos sensores tiene unas características propias y genera una tensión determinada, por lo que estas señales tienen que ser adaptadas para ser tratadas en una tarjeta de adquisición de datos. En la actualidad, la mayor parte de los sensores generan una salida en tensión o corriente, o bien, modifican una propiedad que puede ser evaluada de forma eléctrica.

2. Acondicionador de la señal eléctrica. Generan, a partir de lo obtenido por los sensores, una señal que sea aceptable por las tarjetas de adquisición de datos. Se resuelven problemas como ruido y amplitud. Las tarjetas de adquisición de datos suelen admitir niveles de tensión que van entre unos márgenes determinados: -10V a 10V, 0 a 10V, 0 a 5V, etc. Las funciones principales que va a tener que realizar el acondicionador de señal son las siguientes:
 - Transformación
 - Amplificación
 - Conversión por medio de optoacopladores
 - Filtrado
 - Excitación
 - Linealización

3. Tarjetas de adquisición de datos. Éstas se encargan de las conversiones de señales desde analógica a digital (ADC) y la comunicación con el ordenador. Como características más relevantes de una tarjeta están:
 - Número de canales analógico
 - Velocidad de muestreo
 - Resolución
 - Rango de entrada
 - Capacidad de temporizador
 - Forma de comunicarse con el computador

⁵Fuente:

<http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/19119/1/Sistemas%20de%20adquisici%C3%B3n%20y%20Procesamiento%20de%20datos.pdf>

4. Computador de procesamiento. Es necesitado para la obtención de los datos, es decir, la adquisición de datos, el procesamiento de la señal, el almacenamiento de éstos valores y por último, realizar internamente dentro de un software específico, el control de los respectivos instrumentos utilizados dentro del sistema.

5.5 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS

La siguiente figura consta de los elementos seleccionados durante la etapa inicial del proceso con el fin de obtener la adquisición de los datos de temperatura, pH, hora y fecha con el fin de analizar dichos datos.

Adicional, se muestra un esquema general de sistema para su entendimiento.

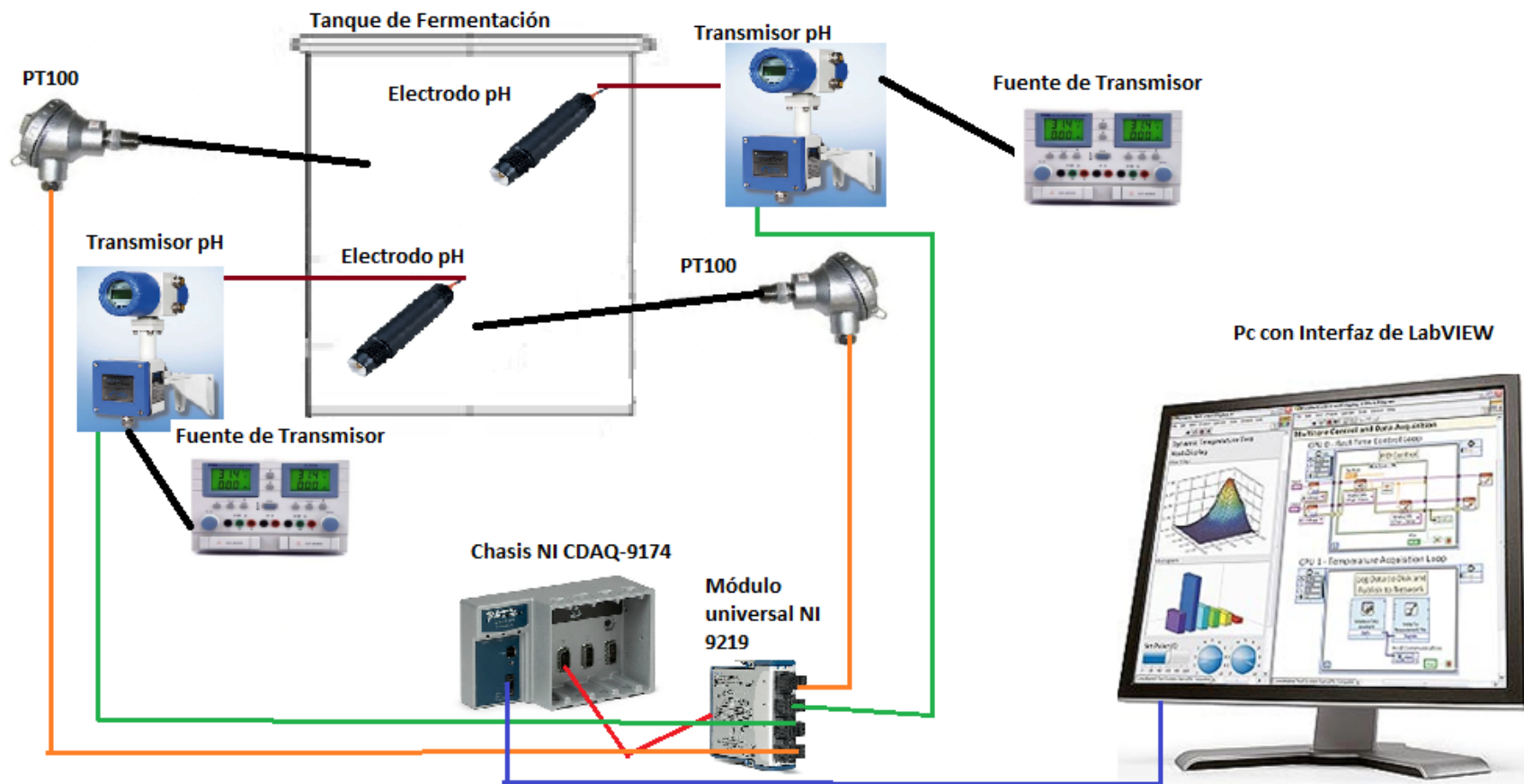


Figura 5-5. Diagrama de bloques del sistema de adquisición de datos final.

5.6 SELECCIÓN DE LOS SENSORES, ACTUADORES, CONTROLADOR Y SOFTWARE

Como se ha mencionado anteriormente, las variables a medir son la temperatura, el pH y el tiempo. Para esto, se han tenido en cuenta ciertos criterios que determinan la mejor instrumentación a trabajar en el proceso.

A continuación se hace una explicación para la selección de los sensores, actuadores y el controlador.

5.6.1 SELECCIÓN DE SENSORES

Se decidió trabajar con 2 sensores de pH y 4 sensores de Temperatura. Como los electrodos de pH tienen internamente sensor de temperatura, entonces, por cada sensor de pH se tendría un sensor de temperatura.

Para la parte del tiempo, no es necesario utilizar un sensor, ya que la misma interfaz de visualización gráfica reporta la fecha y hora de adquisición de datos. Por lo que simplemente con un botón de STOP se detiene el proceso y así se controla el tiempo.

5.6.1.1 SELECCIÓN DEL SENSOR DE TEMPERATURA

Teniendo en cuenta que el rango de temperatura con el cual se va a trabajar está dentro de un rango normal que no supera los 40°C, la necesidad de que sea muy certera la medida de temperatura y que el sensor no necesite calibración alguna o poca, se evaluaron diferentes tipos de sensores de medición de temperatura. Existen diferentes tipos de sensores de temperatura como los son los termistores, las RTD y los termopares.

Los primeros están basados en el comportamiento de la resistencia de los semiconductores, el cual es variable en función de la temperatura. El problema de los termistores es que no son lineales, por lo que es necesario aplicar fórmulas con el fin de determinar la temperatura según la corriente que se está trabajando y otro inconveniente es que son complicados de calibrar. Las RTD son sensores de temperatura basados en la variación de la resistencia de un conductor con la temperatura. Usualmente se utilizan

como RTD materiales como el cobre, el platino, el níquel y el molibdeno. Usualmente se utilizan las RTD de platino porque son las más comunes, tienen mayor linealidad, más rápidas de sensar y mayor margen de temperatura. Los termopares o termocuplas tienen como principio de funcionamiento el efecto termoeléctrico. El termopar genera una tensión que está en función de la temperatura que se está aplicando al sensor. Si se mide con un multímetro la tensión que se genera, se conoce la temperatura. Aunque las termocuplas tengan un alto rango de medida, sean económicos y sea común que se trabaje con ellos en la industria, tienen problemas de precisión.

Con base en lo anterior se decidió trabajar con el sensor de temperatura PT100, el cual consiste en un alambre de platino que a 0 °C tiene 100 ohms y que al aumentar la temperatura aumenta su resistencia eléctrica. No son muy lineales, pero el incremento de la resistencia del platino es creciente y característico por lo que es fácil mediante tablas, encontrar la temperatura exacta a la que corresponde.

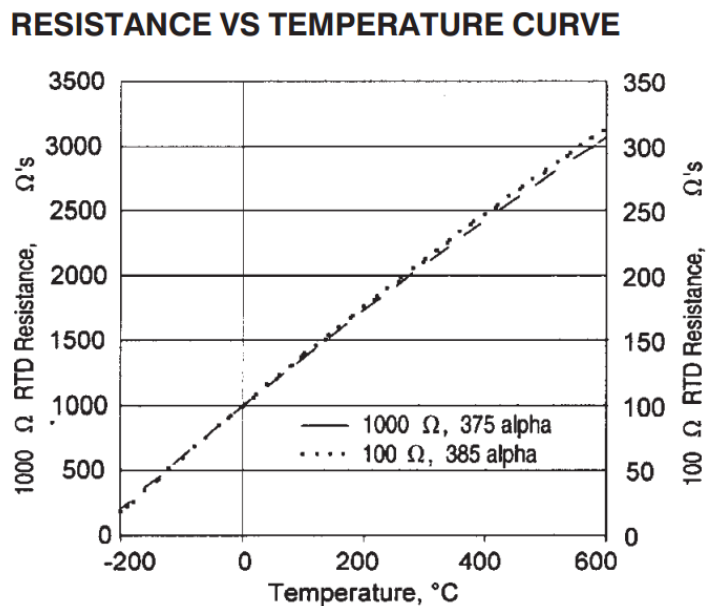


Figura 5-6. Comportamiento de la PT100⁶

Las PT100 que se eligieron son RTD de platino PT100, con una longitud de 1/4 x 35 cm y 50 cm, con conexión ¼ NPT con cabezote estándar en aluminio, con modo de conexión de 3 hilos.

⁶ Fuente: <http://www.arian.cl/downloads/nt-004.pdf>



Figura 5-7. Perfil de la Pt100.⁷

5.6.1.2 SELECCIÓN DEL SENSOR DE PH

Para la selección del sensor de pH se necesitaba que el medidor fuera portable y que midiera permanentemente los valores de pH para así tener un reporte constante de la variación en el nivel de acidez y alcalinidad del mucílago de café. Además, se necesitaba que tuviera salida análoga porque el controlador que se seleccionó requería entrada análoga.

Con estos requerimientos, se consiguieron dos electrodos con conexión en línea con referencia M12-FLAT-PT100-HT, CONEX. ¾" NPT, PLASTICO y para que tuviera salida análoga se consiguieron dos transmisores con salida análoga de 4 a 20 mA de referencia AQUAMON SMARTPRO 8966, los cuales, cada uno debe ir conectado a una fuente de alimentación de doble salida con +/- 12 o 24 V de salida, +/- 240 mA de salida con referencia FUENTE REGULADORA VARIABLE DOBLE MARCA PROTEK MODELO PL-3005T.

Cabe resaltar que el electrodo de pH también mide temperatura, por lo que el pH es dependiente de la temperatura con la que se esté trabajando.

El electrodo tiene un rango de pH de 0 a 14 y una variación de temperatura de 0 a 80°C; la salida del electrodo va conectada al transmisor que es especial para electrodos de pH con rangos de 0 a 14.

⁷ Fuente: <http://cl.clasificados.com/termocuplas-termometros-sensores-89506>

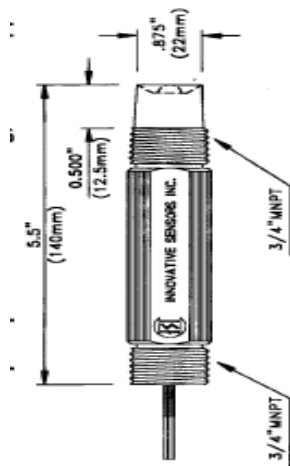


Figura 5-8. Electrodo de pH.⁸



Figura 5-9. Transmisor de 2 hilos con salida analógica⁹

5.6.2 SELECCIÓN DE ACTUADORES

Para la primera parte del proyecto de automatización, sólo se va a realizar la adquisición de datos, el monitoreo y el almacenamiento de éstos. Luego, se analizarán los valores y las variables y se dispondrá a realizar el respectivo control en la interfaz de LabVIEW.

Durante la primera etapa de adquisición, sólo se va a realizar un pequeño control ON-OFF de la temperatura para mantenerla constante a la hora de tomar las muestras, ya que a la hora de analizarlas se exige que éstas muestras estén a una temperatura constante o en un rango pequeño que no varíe tanto.

Para ello, se utilizará un controlador de temperatura OMRON ON-OFF con su respectivo sensor y su sistema refrigerante chiller para controlar la temperatura. El sensor de temperatura es una sonda común que estará ubicada en medio del tanque y estará mandando los valores de temperatura todo el tiempo al OMRON y éste decidirá si, la temperatura del tanque supera el límite máximo deseado, el controlador activa el sistema refrigerante, y si la temperatura del tanque llega por debajo del límite mínimo de temperatura, el controlador activa el sistema para que eleve la temperatura interna del tanque.

⁸ Fuente: PH SENSOR FLAT.pdf

⁹ Fuente: field Aqua SMARTPro Transmitter.pdf

Para el pH, se tiene la posibilidad de utilizar una bomba de diafragma dosificadora de una solución de bicarbonato de sodio para regular el pH cuando éste disminuya o aumente, y mandarla al controlador que envía la señal a un sistema de activación que se encarga de encender o apagar la bomba.

5.6.3 SELECCIÓN DEL CONTROLADOR

5.6.3.1 CHASIS

El controlador que se seleccionó es un CompactDAQ de la marca National Instrument. La referencia es NI cDAQ-9174, el cual es un Chasis NI CompactDAQ¹⁰ USB de 4 Ranuras que fue diseñado para sistemas pequeños y portátiles de pruebas de medidas mixtas. Éste chasis se puede combinar con máximo 4 módulos de E/S de la serie C para un sistema de medidas personalizado de entrada analógica, salida analógica, E/S digital y contadores/temporizadores.



Figura 5-10. Chasis con 4 ranuras

La siguiente tabla representa las especificaciones del Chasis, estos datos son obtenidos de la página principal de National Instruments.

¹⁰ Fuente: <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/207535>

Tabla 5-1. Especificaciones del Chasis 9174 de National Instruments.

GENERAL	
Número de ranuras	4
Sistema Operativo/Objetivo	Real - Time Windows
Disparo integrado	No
REQUERIMIENTOS DE POTENCIA	
Potencia Total Disponible	15 W
Rango de entrada de voltaje	9V- 30V
CONTADORES/TEMPORIZADORES	
Contadores	4
Tamaño	32 Bits
IMPACTO Y VIBRACIÓN	
Impacto Operacional	30 g
Vibración Aleatoria	5 Hz-500Hz
Rango Aleatorio de Frecuencia de Operación	0.3 g
ESPECIFICACIONES FÍSICAS	
Longitud	15.9 cm
Ancho	8.81 cm
Altura	5.89 cm
Peso	574 gramos
Temperatura de operación	-20 °C – 55°C
Máxima altitud	5000 m

5.6.3.2 MODULO DE ENTRADA ANALÓGICA UNIVERSAL

El módulo de entrada se seleccionó analógico dado que es menos complicado trabajar con sistemas análogos que digitales en cuanto a entradas. Por ello se optó por el módulo de entrada analógico de referencia NI 9219, el cual es un Módulo de Entrada Analógica¹¹ Universal de 24 Bits, 100 S/s/canal, 4 Canales. Éste módulo universal de la serie C de 4 canales fue diseñado para pruebas de usos multiplex en cualquier chasis CompactDAQ. Con éste, se puede medir varias señales desde sensores como galgas extensiométricas, detectores de resistencia de temperatura (RTDs), termopares, celdas de carga y otros sensores. Los canales son seleccionados individualmente, así se puede realizar un tipo de medida diferente en cada uno de los cuatro canales.

¹¹ Fuente: <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/208789>



Figura 5-11. Módulo universal analógico

La siguiente tabla representa las especificaciones del módulo universal NI 9219, estos datos son obtenidos de la página principal de National Instruments.

Tabla 5-2. Especificaciones del módulo universal Ni 9219 de National Instruments

ENTRADA ANALÓGICA	
Canales de un solo terminal	0
Canales Diferenciales	4
Resolución de Entrada Analógica	24 Bits
Rango de Voltaje Máximo	
Rango	-60 V – 60V
Precisión	243 mV
Rango de Voltaje Mínimo	
Rango	-0.125 V – 0.125V
Precisión	271 microV
Configuraciones de Puente	Cuarto de Puente Medio Puente Puente Completo
Muestreo Simultáneo	Si
Excitación de Voltaje	2V 2.5V
Acondicionamiento de Señales	Compensación de unión fría Entrada de corriente de 0-20 mA Excitación de corriente Excitación de voltaje Terminación de puente

5.6.4 SELECCIÓN DEL SOFTWARE

El software que se eligió es un sistema de desarrollo base de NI LabVIEW para Windows. Éste es un reconocido entorno de desarrollo optimizado para ingenieros y científicos que crean aplicaciones de pruebas, medidas y control. Con LabVIEW¹², se puede adquirir rápida y fácilmente señales de mundo real, realizar análisis para obtener datos significativos y comunicar o almacenar resultados a través de una variedad de maneras.

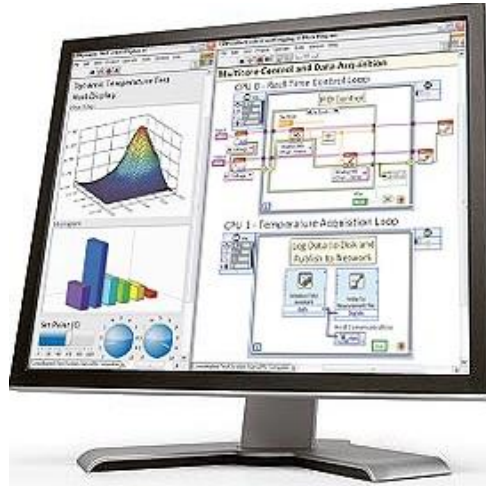
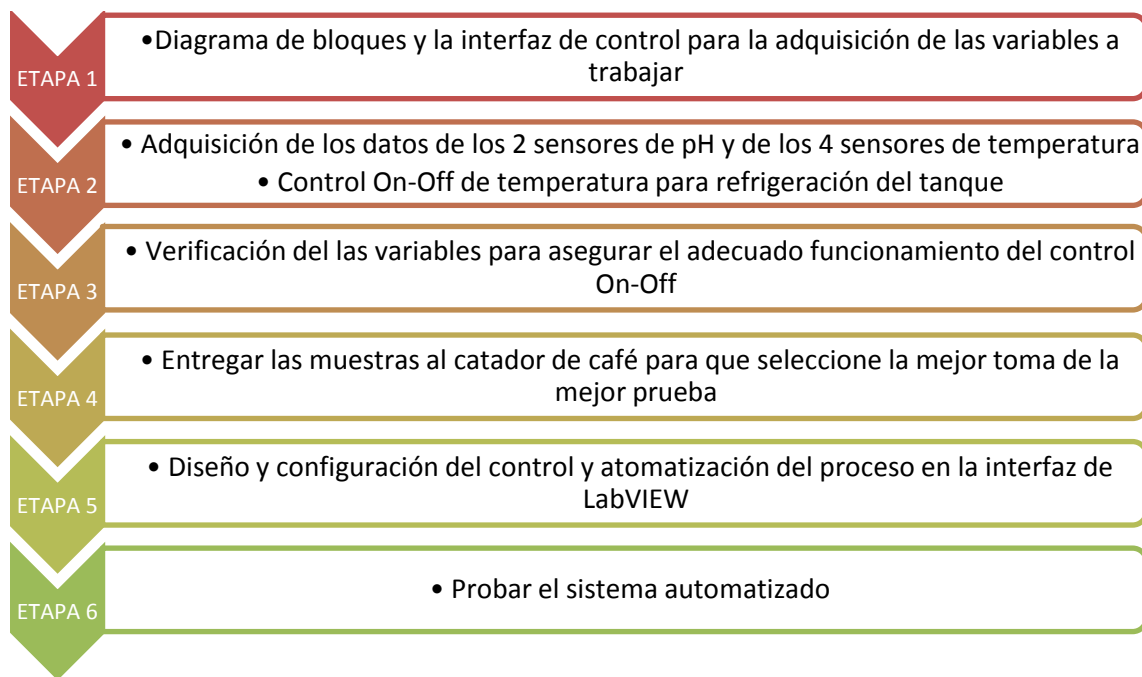


Figura 5-12. Interfaz gráfica de LabVIEW

¹² Fuente: <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/1385>

6 DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA A TRABAJAR

Tomando en cuenta la importancia de mantener las variables de pH, tiempo y temperatura dentro de un rango adecuado para la obtención de café gourmet, se desarrolló una estrategia para optimizar el funcionamiento del sistema de automatización consistente en las etapas que se describen a continuación:



6.1 PLANTEAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE CONTROL

6.1.1 PLANTEAMIENTO DEL SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA

El sistema de control de la temperatura está estructurado de la siguiente forma:

- **Sensor:** 4 RTDs de platino ubicados a través de los tanques a diferentes alturas y a diferentes profundidades para medir la temperatura en distintos puntos y así

enviar la señal al módulo NI9219 donde es filtrada y convertida a digital por un ADC interno del módulo.

- **Controlador:** El computador recibe la señal del sensor gracias al chasis NI cDAQ-9174 a través del puerto USB y la interfaz gráfica diseñada compara el valor medido del Setpoint, evalúa el error y toma la acción correspondiente. La señal que sale del computador se envía al módulo de chasis NI cDAQ-9174 donde es convertida a señal análoga.
- **Actuador:** Se tiene como opción a seleccionar el controlador OMRON que activa o desactiva el sistema de refrigeración para regular la temperatura cuando la señal sale del sensor de temperatura destinado únicamente a medir la temperatura para el controlador, ésta señal entra al controlador y el controlador toma la acción correspondiente, ya sea activar o desactivar el actuador que vendría siendo un sistema de enfriamiento (Chiller) que permite enfriar el tanque fermentador. El Chiller consiste en una bomba, compresor, tanque de agua, agitador, refrigerante, mangueras que conectan a la entrada y salida del tanque y, sistema de alimentación.

6.1.2 PLANTEAMIENTO DEL SISTEMA DE CONTROL DE PH

El sistema de control del pH está estructurado de la siguiente forma:

- **Sensor:** Dos electrodos de pH que van conectados cada uno a un transmisor de salida análoga que se encarga de enviar la señal al módulo de entrada NI9219 donde es filtrada y convertida a digital por un convertidor de análogo a digital.
- **Controlador:** El computador recibe la señal del sensor gracias al chasis NI cDAQ-9174 a través del puerto USB y la interfaz gráfica diseñada compara el valor medido del Setpoint, evalúa el error y toma la acción correspondiente. La señal que sale del computador se envía al módulo de chasis NI cDAQ-9174 donde es convertida a análoga por un DCA.
- **Actuador:** Se tiene como opción a seleccionar la bomba de diafragma que dosifica una solución de bicarbonato de sodio para regular el pH. Cuando la señal sale del módulo chasis NI cDAQ-9174 llega a un activador que se encarga de encender o apagar la bomba mencionada anteriormente.

7 RESUMEN DE LOS RESULTADOS

7.1 DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES QUE CONFORMAN EL SISTEMA

Los siguientes epígrafes describen cada una de las partes que conforman el sistema automático de fermentación, en el cual, se presenta una imagen de cada componente y una explicación sobre cómo funciona, qué función ejerce dentro del sistema y cómo viene conectado junto a otro elemento si es el caso.

7.1.1 SISTEMA DE ENFRIAMIENTO CHILLER

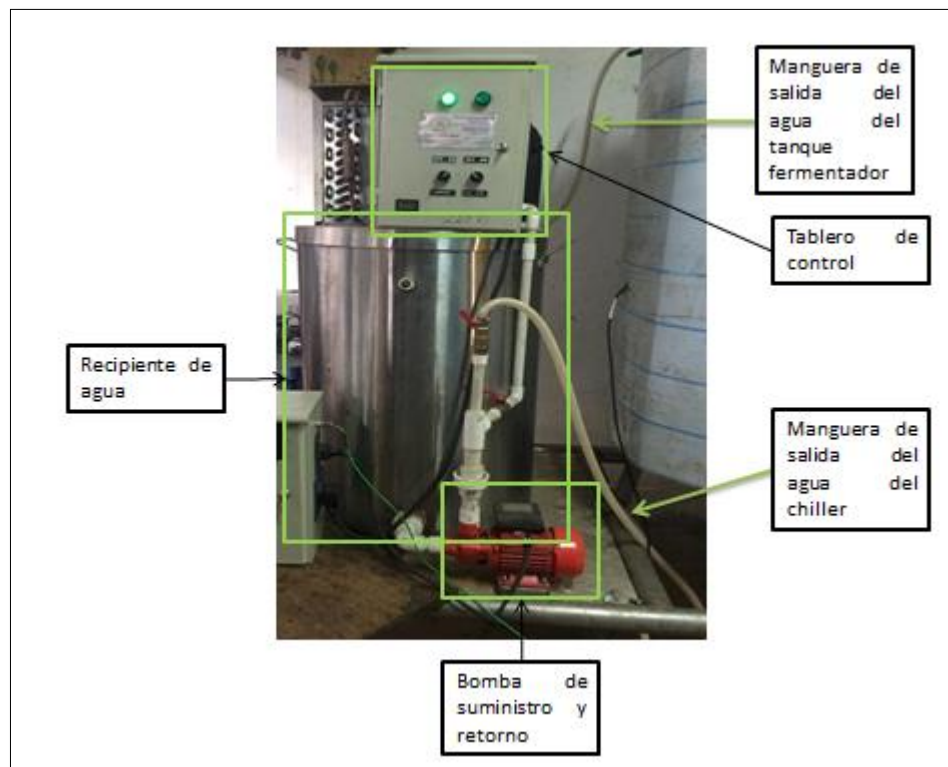


Figura 7-1. Sistema de enfriamiento (Chiller)

Éste es el actuador que sirve para controlar la temperatura del tanque que fermenta el café; consiste en un recipiente de H₂O de 250 litros de dimensiones 92 cm de ancho x 174 cm de altura, una válvula de expansión, 30 m de tubería de cobre (serpentín), un termostato, un filtro secador de H₂O, una bomba de suministro y retorno, un tablero de control, un compresor, mangueras de entrada y salida de H₂O al tanque fermentador y un radiador.

Éste sistema básicamente consiste en enfriar a través del compresor y el serpentín, el H₂O que se encuentra dentro del recipiente, y, por medio de la bomba de suministro y retorno, llevar el líquido al tanque fermentador por medio de las mangueras y realizar. Éste método de enfriamiento se realiza a través de un controlador de temperatura tipo OMRON. Cuando el controlador manda la señal, el chiller enciende su compresor y su bomba para que inicie el proceso de enfriamiento hacia el tanque fermentador, pero cuando desactiva su señal, sólo queda funcionando la bomba, es decir, el agua queda circulando hasta calentarse lo suficiente, y el compresor se apaga para que no enfríe más el agua. Más adelante, dentro del epígrafe de la caja de control de temperatura se detalla el funcionamiento de control de la variable mencionada.



Figura 7-2. Motor - compresor del Chiller



Figura 7-3. Bomba de suministro y retorno del chiller



Figura 7-4. Manguera conectada entre el tanque fermentador y el Chiller para que recircule desde el tanque hasta el chiller.



Figura 7-5. Manguera conectada entre el chiller y el tanque fermentador para que transporte el agua fría al tanque desde el chiller.



Figura 7-6. Radiador del chiller.

7.1.2 TANQUE

Éste tanque es un reactor de doble camisa, de 105 cm de altura con 77 cm de ancho. Tiene de volúmen 0,5 metros cúbicos, y tiene capacidad para 300 Kg de café en pulpa. Hay unos huecos de 1 pulgada de diámetro atravesando los lados del tanque, que sirven para ingresar y conectar los sensores de temperatura y pH al interior del tanque y medir dichas variables al mucílago de café cuando éste ingresa. En medio de las dos camisas de dicho tanque, ingresa la manguera que transporta el agua fría desde el chiller, ubicada en la parte inferior del tanque; además, hay una manguera ubicada en la parte superior del tanque que sirve para transportar el agua del tanque al recipiente del chiller con el fin de circular el agua entre dichos depósitos. Adicional, en la zona inferior central del tanque está ubicado un tubo para ir desechando o evacuando el mucílago que se va desprendiendo del grano de café.



Figura 7-7. Tanque fermentador de café



Figura 7-8. Compuerta del tanque con orificio central.



Figura 7-9. Sistema de evacuación del mucílago de café del tanque fermentador ubicado en la parte inferior central del mismo.

7.1.3 SENSORES

La siguiente imagen muestra la ubicación de los cuatro (4) sensores dentro del tanque fermentador. De ésta manera, cuando el café despulpado es agregado los sensores quedan en contacto con el café en fermentación para tomar los valores de pH y temperatura cada segundo y analizar su comportamiento.

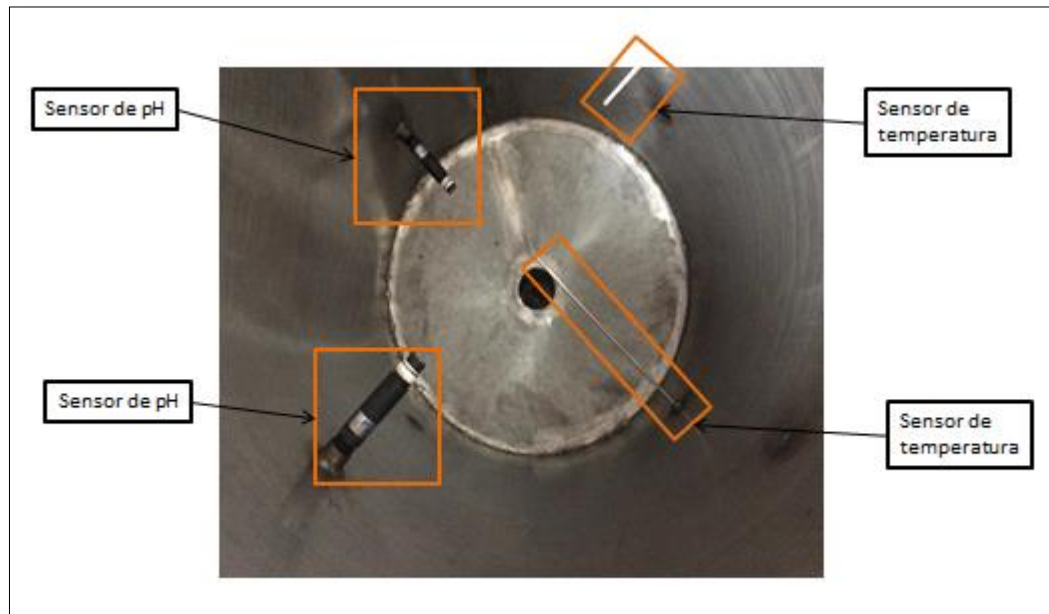


Figura 7-10. Ubicación de sensores de adquisición dentro del tanque fermentador.

Sensor de pH

Los sensores de pH (2) son electrodos especiales para el material denso del mucílago. La forma en la que van dentro del tanque es a través de un cilindro hueco de 1 pulgada de diámetro, la conexión del sensor al chasis de adquisición de datos es por medio de un transmisor, el cual, tiene entrada para el sensor, alimentación de 24V y una salida análoga que conecta con el chasis de National Instruments.



Figura 7-11. Transmisor de pH.



Figura 7-12. Ubicación del sensor de pH en la parte inferior del tanque fermentador.



Figura 7-13. Ubicación del segundo sensor de pH en la parte superior del tanque fermentador.

Sensor de temperatura

Los sensores de temperatura son dos PT100 que van insertadas dentro del tanque para medir la temperatura del mucílago de café y enviar dicha señal al computador por medio del chasis de National Instruments. La conexión con el chasis es de cables únicamente, dado que éste chasis permite la conexión de PT100 de 3 hilos.



Figura 7-14. Ubicación de la PT100 en el tanque fermentador en la parte superior.



Figura 7-15. Ubicación de la segunda PT100 en la parte inferior del tanque fermentador.

7.1.4 FUENTE REGULADORA DE VOLTAJE

La fuente reguladora de voltaje es la que alimenta a los transmisores de pH para que envíen la señal del electrodo de pH al controlador y de éste al computador con el fin de adquirir, manejar y almacenar los valores que se vayan registrando.

La fuente es conectada a una alimentación de 110V y se gradúa a un voltaje de 24V para alimentar el transmisor.



Figura 7-16. Fuente reguladora de voltaje para transmisores de pH.



Figura 7-17. Conexión del módulo universal, el computador y la fuente reguladora de voltaje.

Para el caso del módulo universal, se utilizan los cuatro canales, los dos primero para conectar los sensores de temperatura y los dos últimos para conectar los sensores de pH con los respectivos transmisores.

La figura que se muestra a continuación, representa las conexiones de los sensores al módulo universal en donde, los 3 hilos de cada PT100 can conectados a los canales 0 y 1, y, los dos hilos del transmisor van conectados a los canales 2 y 3.

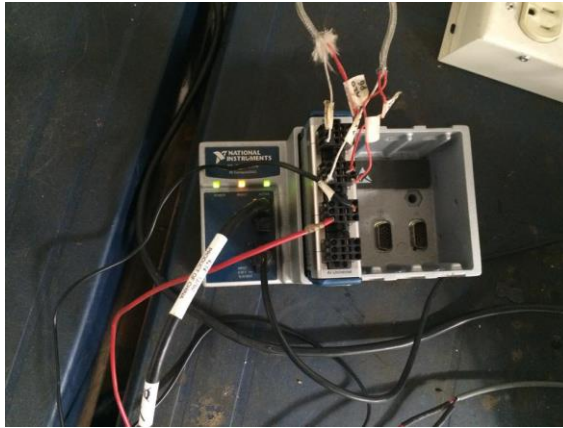


Figura 7-18. Conexión de los sensores al módulo universal para la adquisición de las señales.

7.1.5 CAJA DE CONTROL DE TEMPERATURA

Para la caja de control de temperatura se utiliza un controlador tipo OMRON de referencia TZN4S junto a un sensor de temperatura termocupla tipo K.



Figura 7-19. Caja de control de temperatura.



Figura 7-20. Parte interna de la caja de control de temperatura.



Figura 7-21. Conexión general controlador de temperatura a la bomba de suministro, compresor y sistema de enfriamiento chiller.

Sensor de temperatura

El sensor de temperatura termocupla tipo K (cable verde en la imagen) va conectado desde la caja de control de temperatura al tanque fermentador con el fin de que el controlador tipo OMRON reciba la señal de temperatura del agua del reactor y, si el valor de temperatura del proceso está por encima del valor de Setpoint, el controlador activa el compresor para que inicie el proceso de enfriamiento del agua en el chiller y circule ésta entre los dos tanque, luego, si el valor de temperatura está por debajo del rango del setpoint, se desactiva el compresor y queda funcionando la bomba para que continúe circulando y con el tiempo vuelva al nivel deseado y se aumente un poco la temperatura.



Figura 7-22. Conexión del sensor de temperatura del controlador al tanque fermentador para monitoreo y accionamiento del chiller.

7.2 IMAGENES DEL DISEÑO DE CONEXIÓN DE LOS ELEMENTOS DE INSTRUMENTACIÓN.

Los numerales que se presentan a continuación muestran las conexiones de cableado más importantes que se hicieron para acoplar el sistema de adquisición de datos. Además, de cómo se realizaron y una imagen de cada una para visualizar la conexión hecha.

1. Conexiones a pines del módulo universal 9219 en el chasis CDAQ 9174.

A. Conexión de pt100 a CDAQ de entrada análoga 0 a 100°C.

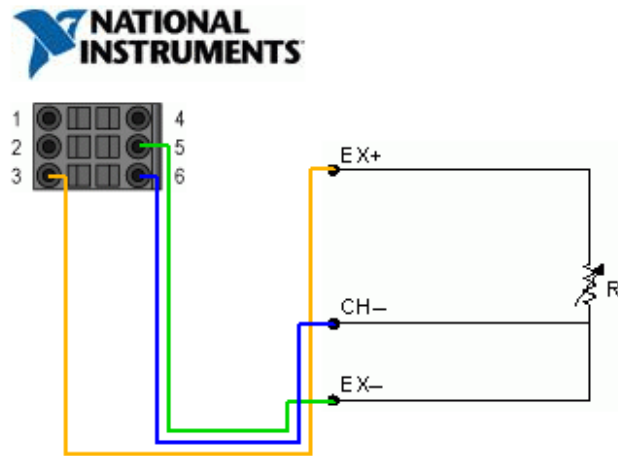


Figura 7-23. Conexión de PT100 de 3 hilos al canal 0 y 1 del módulo universal para adquisición de datos de la variable de temperatura.

B. Conexión de transmisor a CDAQ de entrada análoga de 4 a 20 mA.

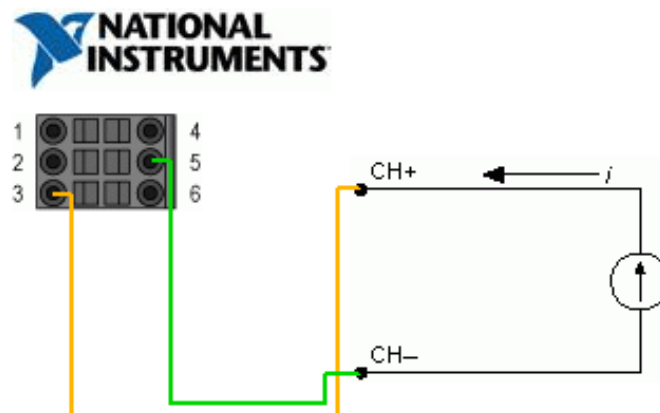


Figura 7-24. Conexión de transmisor de pH al canal 2 y 3 del módulo universal para adquisición de datos de la variable de pH.

2. Conexión del transmisor Aquamon Smartpro a la fuente de alimentación.

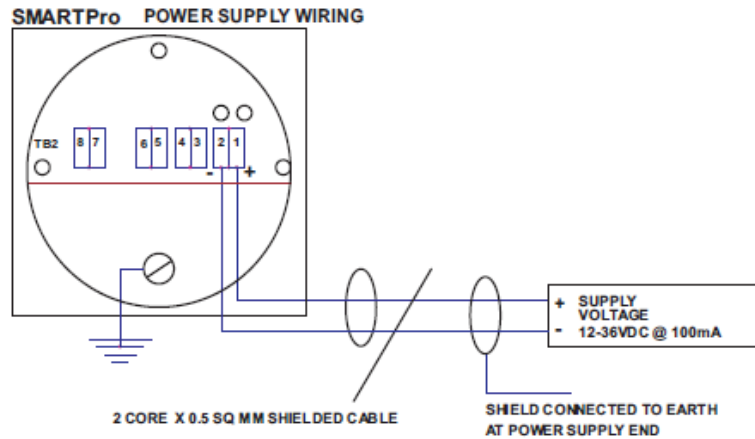
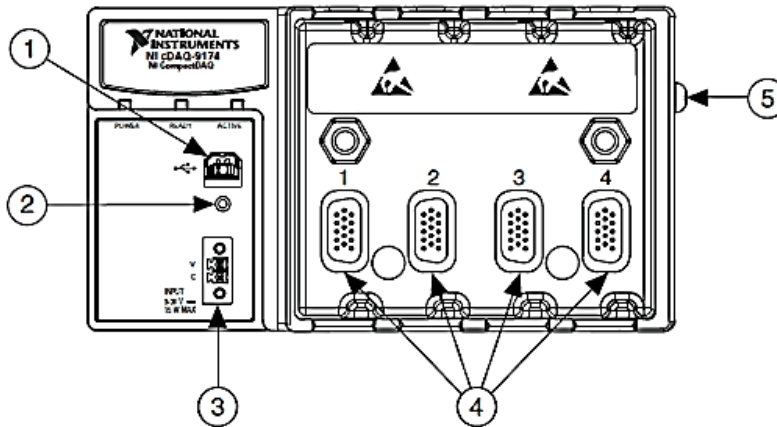


Figura 7-25. Conexión de los pines de alimentación del transmisor de pH a la fuente reguladora de voltaje a 24V.

3. Conexión del chasis 9174 a la fuente de alimentación.



. Chasis cDAQ-9174: (1) Conector USB, (2) Cable USB para Liberación de Tensión, (3) Conector de Potencia de 9 VDC, (4) Ranuras del Módulo y (5) Tornillo a Tierra

Figura 7-26. Puntos de conexión del chasis de National Instrument con la fuente de 110V, con el PC por USB y con el módulo universal.

4. Conexión de la fuente reguladora de alimentación.

Line voltage	Mark Position	Location Fuse No.	Fuse Rating(250V)
AC 220V/110V	220V/110V	F1	T3.15AL

5. Conexión del sensor de pH al transmisor de pH.

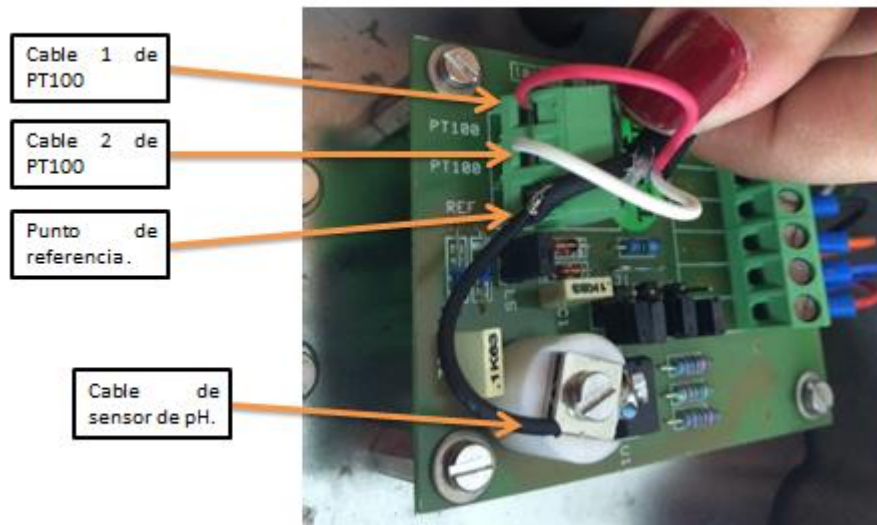


Figura 7-27. Puntos de conexión del electrodo de pH al transmisor de pH.

7.3 FOTOS DEL SISTEMA CONECTADOS CON LOS RESPECTIVOS ELEMENTOS DE CONTROL.

Las siguientes imágenes representan el sistema de fermentación general conectado con sus respectivos elementos de medición, adquisición y control. En éstas se encuentran el tanque, el chiller, la caja de control de temperatura, la fuente reguladora de voltaje y el hardware de National Instruments para adquirir los valores de los sensores.



Figura 7-28. sistema general de adquisición y control de temperatura y pH para fermentación de café.



Figura 7-29. Parte frontal del sistema general de control de temperatura y pH para fermentación de café.

7.4 PROGRAMACIÓN DE LA INTERFAZ GRÁFICA PARA MONITOREO Y ALMACENAMIENTO DE VARIABLES

7.4.1 DESCRIPCIÓN DEL PANEL DE CONTROL

Lo que se va a describir a continuación son las ventanas del panel de control en donde los datos que se registran son valores de temperatura y pH que se obtienen a partir de una instrumentación conectada al hardware de National Instruments.

❖ Adquisición de Temperatura

En la siguiente pantalla se ve la adquisición de datos del sensor de temperatura; en donde, se muestra tanto en forma de termómetro como en valor numérico y además, se aprecia una tabla donde se detallan la fecha, la hora y el valor de temperatura que se está registrando. Adicional a esto, se configuró en el diagrama de bloques la adquisición para que registrara datos cada segundo. También hay un botón de STOP que le permite al usuario detener la toma de datos en cualquier momento. La gráfica de temperatura que se aprecia traza los datos que se obtienen en todo momento de los dos sensores de temperatura con el fin de analizar su comportamiento continuamente.

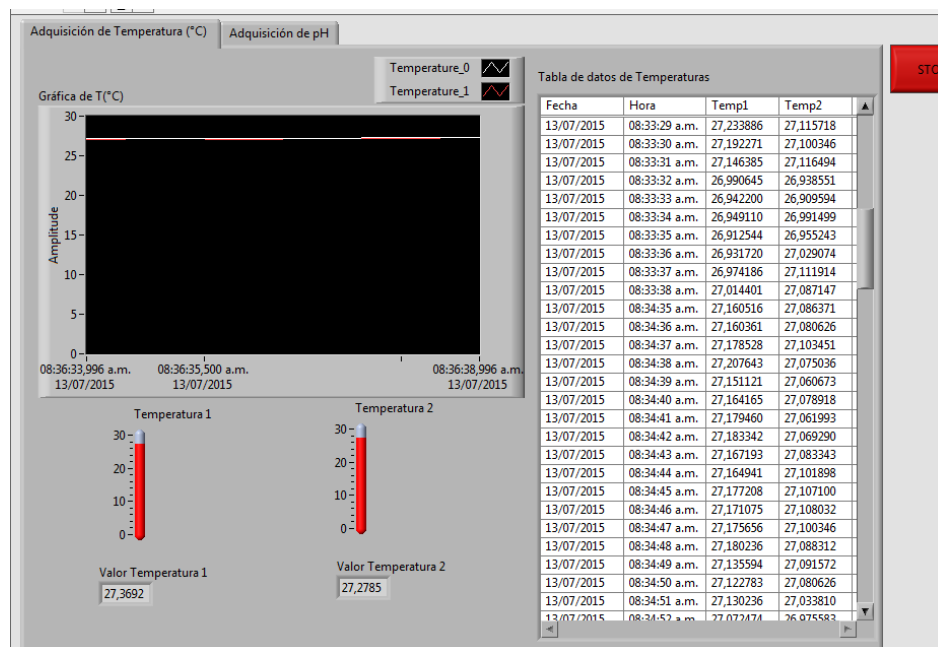


Figura 7-30. Panel de control de adquisición de datos de temperatura.

En la siguiente imagen se muestran las partes del panel de control de la ventana de adquisición de temperatura. Allí se observan los elementos del panel de usuario. Aunque el cliente final no va a tener el computador con el software de LabVIEW en el sistema, para futuras pruebas o proyectos relacionados, el usuario debe conocer los elementos utilizados y cómo funciona, por lo tanto, haciendo una breve explicación, el software funciona de la siguiente forma: en la pestaña del panel de control o la pestaña del diagrama de bloques, el usuario oprime el botón RUN ubicado en la parte superior izquierda de cualquiera de las dos pestañas, y el sistema conectado empieza a funcionar, entonces, la tabla de datos, la gráfica de variable, el termómetro y el valor numérico adquirido cada segundo es mostrado en el panel frontal de control. De ésta manera, la tabla se va llenando con los datos segundo a segundo, y, si la persona desea detener el programa simplemente da un click al botón rojo de STOP y el programa se detiene inmediatamente.

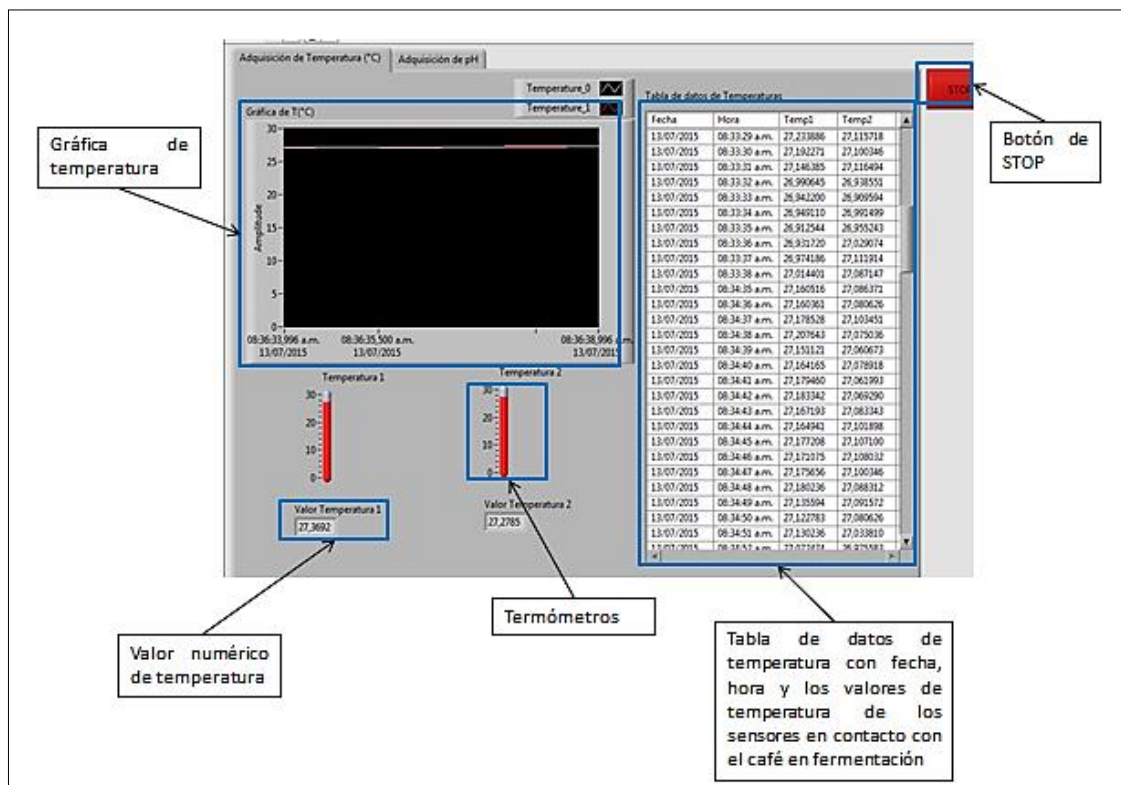


Figura 7-31. Componentes del panel frontal para la adquisición de temperatura.

❖ Adquisición de pH

En la siguiente pantalla se ve la adquisición de datos del sensor de pH; en donde, se muestra tanto en forma de metrómetro como en valor numérico y además, se aprecia una tabla donde se detallan la fecha, la hora y el valor de pH que se está registrando. Adicional a esto, se configuró en el diagrama de bloques la adquisición para que registrara datos cada segundo. También hay un botón de STOP que le permite al usuario detener la toma de datos en cualquier momento. La gráfica de pH que se aprecia traza los datos que se obtienen en todo momento de los dos sensores de pH con el fin de analizar su comportamiento continuamente.

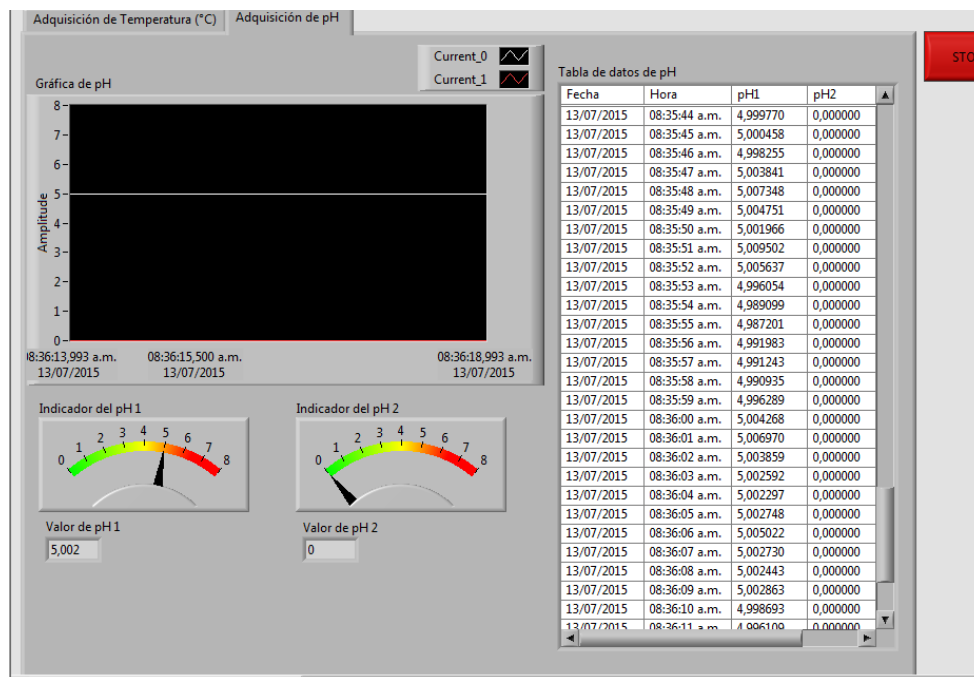


Figura 7-32. Panel de control de adquisición de datos para el pH.

En la siguiente imagen se muestran las partes del panel frontal de control de la ventana de adquisición de pH. Allí se observan los elementos del panel de usuario. No es necesario explicar el funcionamiento de ésta ventana, ya que funciona de la misma forma que la ventana de panel de control de adquisición de temperatura.

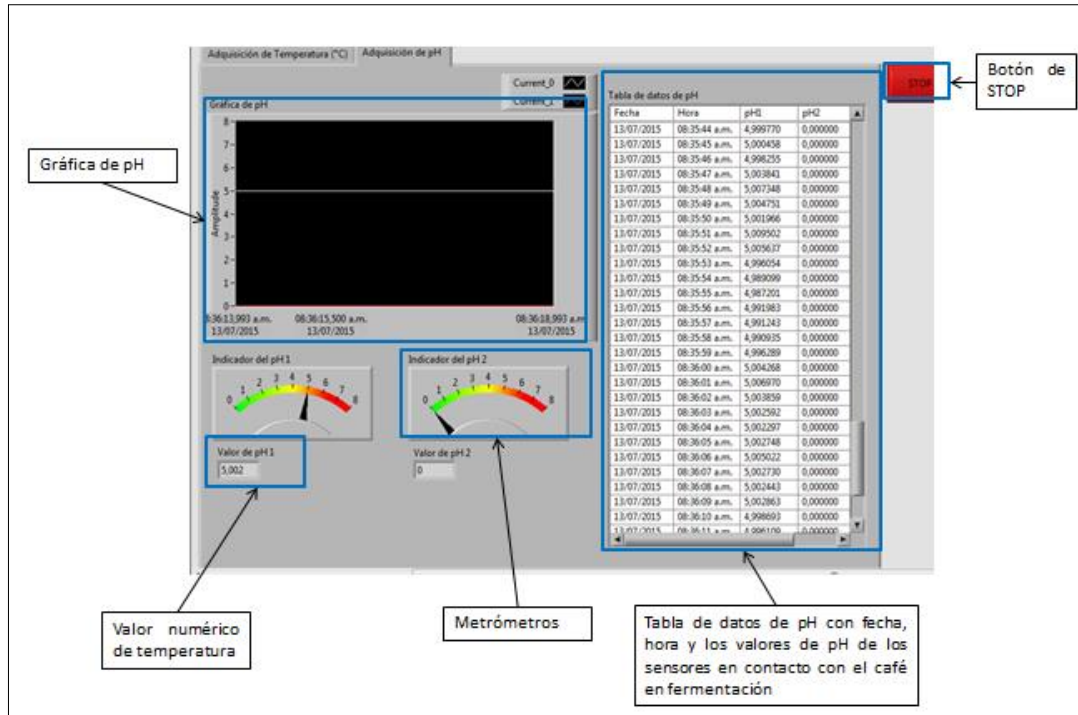


Figura 7-33. Componentes del panel frontal para adquisición de pH.

7.4.2 DESCRIPCIÓN DEL DIAGRAMA DE BLOQUES

Para el diagrama de bloques, inicialmente se tenía un código que partía de un DAQ assistant y se separaban las señales y se trabajaba con cada una de ellas para luego unir las en señales de temperatura y de pH, pero al realizar la primera prueba de adquisición de datos, el buffer se llenaba y a la hora de adquirir los datos se detenía el VI (programa) por lo que se tuvo que cambiar de DAQ assistant a código de DAQmx y trabajar con datos más ligeros y sencillos para que el buffer no se llenara.

A continuación se hace una breve y general explicación del funcionamiento del diagrama de bloques para entender su funcionamiento y el manejo de sus señales: se parte del hardware de adquisición para obtener las 4 señales que se quieren que son dos de temperatura y dos de pH, posteriormente se agregan unos indicadores, gráficas y demás para mostrar en el panel frontal el comportamiento de éstas señales, luego, a partir de los datos que se vayan obteniendo cada segundo se agrega y construye una tabla con el fin de agrupar los valores de fecha, hora y de las variables correspondientes. Al final, se agrega un elemento para escribir los datos en un archivo de Excel para su posterior análisis.

Cabe resaltar que se trabajan las dos variables (temperatura y pH) por aparte para tener una mejor organización y seguimiento.

La siguiente imagen representa el código del diagrama de bloques general y una pequeña descripción de sus partes para visualizar el orden de los elementos de la programación utilizados para la adquisición y el almacenamiento de las variables.

Más adelante, en el segundo anexo se puede observar la explicación detallada de los elementos y bloques que componen el diagrama de bloques, su funcionalidad y justificación de uso.

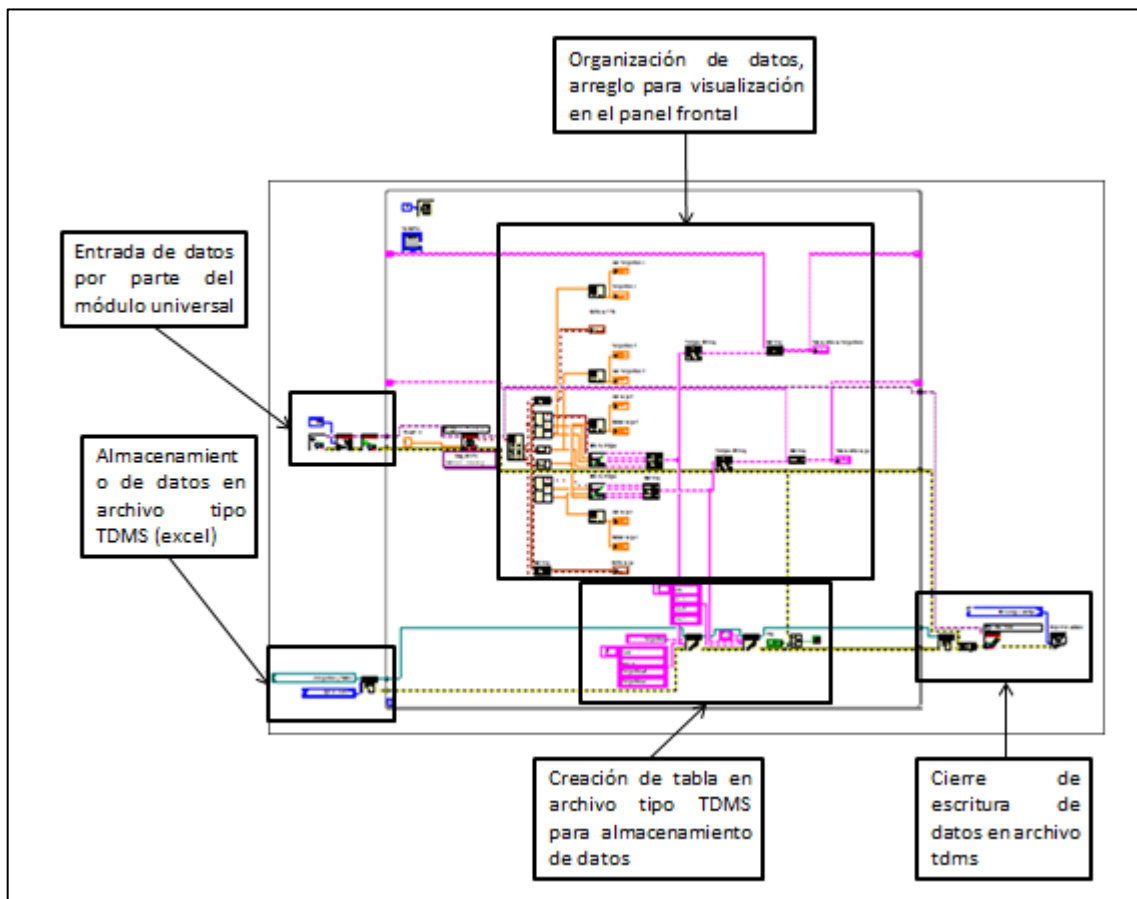


Figura 7-34. Diagrama de bloques general de adquisición de datos en LabVIEW.

7.5 RESULTADOS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS CON CONTROL DE TEMPERATURA

Los resultados que se muestran para ésta prueba y las demás, representan los valores de pH y temperatura que miden los sensores en contacto con el café en estado de fermentación, sin embargo, para el caso de la temperatura, se establece un control de ésta variable diferente en cada prueba y éste valor no es representado en las tablas que se exponen. El valor de temperatura del tanque, el cual es el que se controla, es totalmente diferente al valor de temperatura del café, dado que éste fruto en estado de fermentación produce cambios internos en su composición que hacen que se aumente la temperatura, y ésta es la presentada en las tablas y gráficas.

7.5.1 RESULTADOS DE PRUEBA 1 CON CONTROL DE TEMPERATURA A 15°C

La primera prueba que se hizo fue controlando la temperatura a 15°C y dejando que el pH variara naturalmente; se obtuvo 609 Kg de café recién recolectado, el cual llegó el día 12 de Mayo de 2015 a las 5:00 pm desde la Hacienda el Roble, la cual es la encargada de proveer del café tipo caturra, a la planta y, se hizo un flote para eliminar la pasilla lo más posible y posteriormente despulpar el café donde se agregaron al tanque 210 Kg aproximadamente.

El proceso de fermentación inició a las 9:00 p.m del día 12 de Mayo de 2015 y ésta es llamada hora 0. Se tomó la prueba para su análisis en laboratorio y se tomó 1 Kg de esa misma hora para lavarlo y ponerlo a secar, esto se hizo para todas las muestras tomadas en las horas 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 34 y 36 con el fin de analizar el comportamiento del café en estado de fermentación. La muestra tomada para lavar y secar y continuar su proceso hasta llegar a taza, es con propósitos de comparación para catarla al final y comparar los resultados de laboratorio de análisis microbacteriano con los resultados de puntaje del catador para ver cuáles son las mejores muestras y según el análisis con qué comportamiento trabaja la mejor taza, de ésta manera, analizar qué sucede en cada muestra y obtener perfiles de taza de calidad.

Haciendo un resumen de los datos obtenidos en el archivo Excel durante la adquisición de las variables, se obtuvo el siguiente patrón: desde la hora cero hasta la hora 12, los datos de pH estuvieron en un promedio de 7,032543; mientras que los datos de temperatura variaron en un pequeño rango de 24,192 a 28,623; el comportamiento de la temperatura

inició en 24,192 y fue aumentando a medida que transcurría el tiempo hasta llegar a un valor promedio de 28,623. Luego, entre la hora 12 y la 14, se presentó un fuerte cambio en el valor de pH, ya que éste empezó a descender rápidamente hasta la hora 14 a un valor de 3,867; mientras que la temperatura mantenía su valor en 28,639. En la hora 16 (1:00 p.m del día 13 de Mayo de 2015), el pH aumentó a 3,924 y la temperatura a 29,506. En la hora 18, la temperatura estaba a 29,991 y el pH en 3,913; y a partir de ésta hora, los valores de temperatura y de pH varía unos cuantos decimales pero mantienen el rango; para temperatura varía entre 29,712 a 30,048 y para pH varía entre 3,883 y 3,917.

A continuación se presenta una tabla de datos con el fin de observar el comportamiento de la temperatura y el pH para ésta primera prueba:

Tabla 7-1. Datos de los resultados de la primera prueba de adquisición.

MUESTRA #	HORA	FECHA	HORA	TEMPERATURA1	PH1
Muestra1	0	12/05/2015	09:00:00 p.m.	24,192	7,032543
Muestra2	12	13/05/2015	09:00:00 a.m.	28,623	7,032543
Muestra3	14	13/05/2015	11:00:00 a.m.	28,639	3,867
Muestra4	16	13/05/2015	01:00:00 p.m.	29,506	3,924
Muestra5	18	13/05/2015	03:00:00 p.m.	29,991	3,913
Muestra6	20	13/05/2015	05:00:00 p.m.	29,712	3,883
Muestra7	22	13/05/2015	07:00:00 p.m.	30,048	3,917
Muestra8	24	13/05/2015	09:00:00 p.m.	29,712	3,883
Muestra9	26	13/05/2015	11:00:00 p.m.	30,048	3,917
Muestra10	28	14/05/2015	01:00:00 a.m.	29,712	3,883
Muestra11	30	14/05/2015	03:00:00 a.m.	30,048	3,917
Muestra12	32	14/05/2015	05:00:00 a.m.	29,712	3,883
Muestra13	34	14/05/2015	07:00:00 a.m.	30,048	3,917
Muestra14	36	14/05/2015	09:00:00 a.m.	30,048	3,917

Ahora, se pretendía mostrar una gráfica para la primera prueba que mostrara la respuesta transitoria del pH del sistema antes de que se estabilizara, dado que ésa iniciaba en un nivel de 7.03 y disminuía a 3,86 en dos horas, pero, por inconvenientes presentados para la primera prueba, los datos de dicho estado transitorio no fueron almacenados, por lo que impidió presentar el comportamiento mencionado anteriormente, por lo tanto, se presentan dos gráficas de variación de pH y temperatura a medida que transcurre el tiempo.

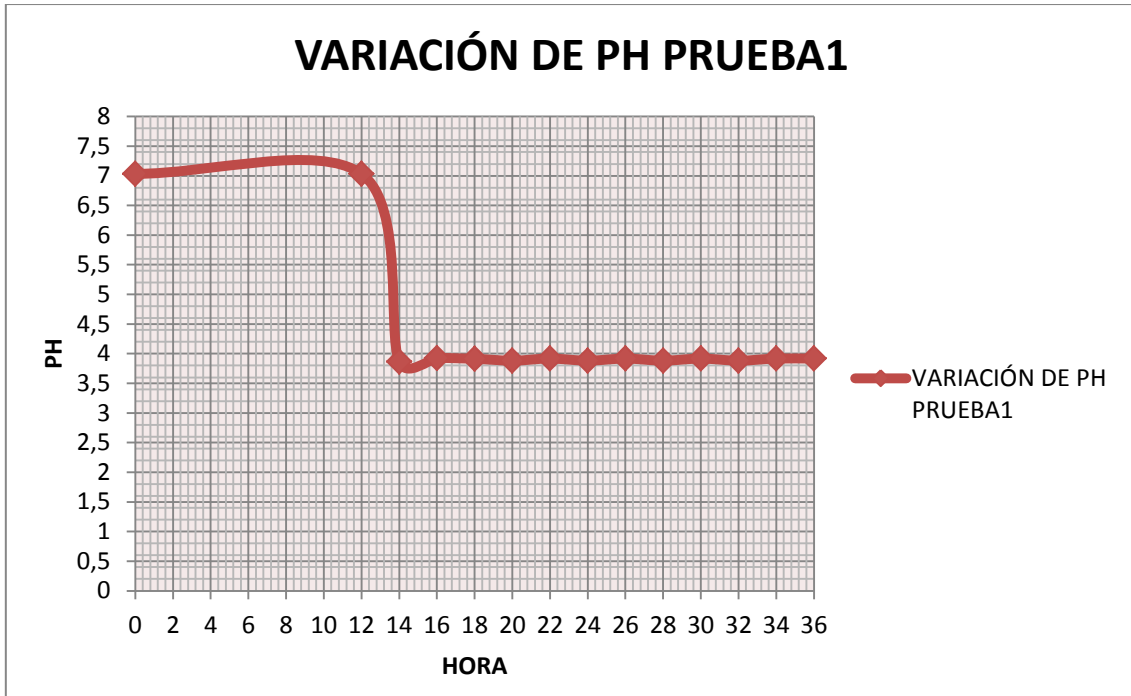


Figura 7-35. Gráfica de variación de pH para la primera prueba de adquisición de datos con control de temperatura a 15°C.

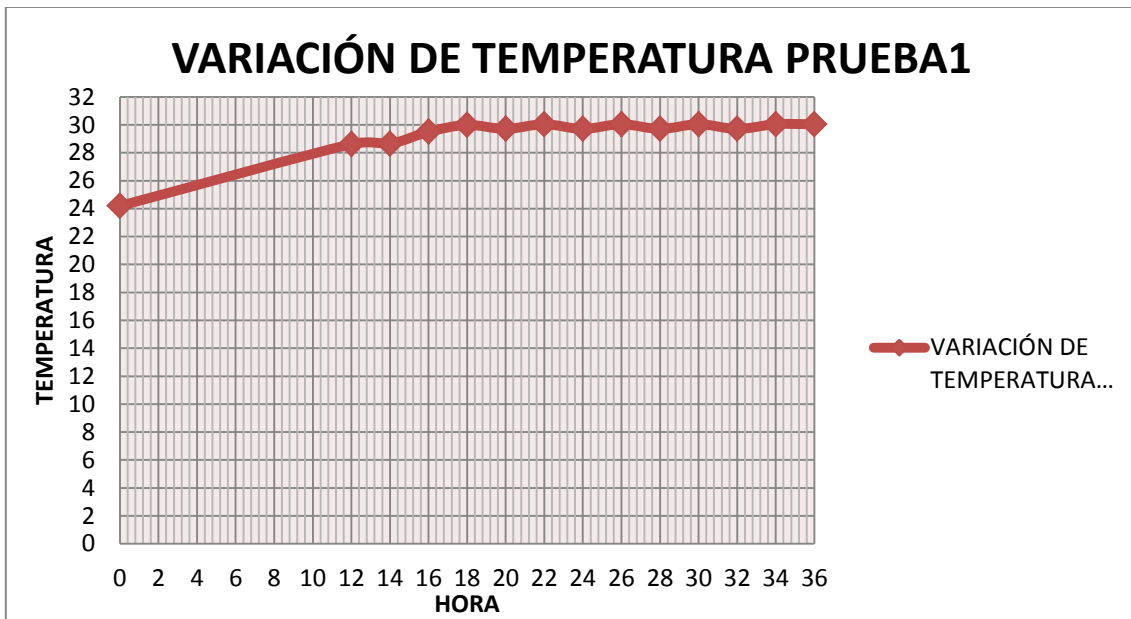


Figura 7-36. Gráfica de variación de Temperatura para la primera prueba de adquisición de datos con control de temperatura a 15°C.

Durante la primera prueba se presentaron ciertos inconvenientes que fueron los siguientes.

- El sistema de enfriamiento (Chiller) tardó demasiado en enfriar el tanque fermentador estando encendido desde más de 12 horas antes de la hora 0. Adicional a esto no alcanzó a descender la temperatura del tanque a los 15°C si no que estaba en un promedio de 16,5°C.
- El tiempo de muestreo para la adquisición inició adecuadamente, pero luego de aproximadamente una hora, empezó a generar un retardo por lo que la hora mostrada en el panel frontal y en el archivo Excel eran incorrectas.
- La cantidad de café despulpado que se obtuvo fue poco, dado que sólo alcanzó a tocar los sensores inferiores de temperatura y pH, los superiores quedaron midiendo el tanque vacío.
- El transmisor de uno de los electrodos de pH funcionó adecuadamente durante las primeras 10 horas pero al llegar a revisarlo se observó que estaba apagado y tuvo que desconectarse. Afortunadamente como el café sólo alcanzó a tocar uno de cada uno de los sensores sólo se utilizó una RTD y un electrodo con su respectivo transmisor.
- Para solucionar los problemas se inició por cambiar el refrigerante de chiller y aislar los tubos y mangueras del sistema para mantener la temperatura. Además, arreglar la programación de la adquisición para que muestre la hora adecuada. El proveedor del transmisor se llevó éste elemento para análisis y arreglo. Se estima que para la próxima prueba el café alcance a tocar todos los sensores y así tener una mayor cantidad de datos en diferentes puntos para su análisis.

7.5.2 RESULTADOS DE PRUEBA 2 CON CONTROL DE TEMPERATURA A 2°C

La segunda prueba para la adquisición que se hizo fue controlando la temperatura a 2°C y dejando que el pH variara naturalmente; se obtuvo 356 Kg de café recién cosechado, el cual llegó el día 3 de Junio de 2015 a las 5:00 pm a la planta y se hizo un flote para eliminar la pasilla lo más posible y posteriormente despulpar el café donde se agregaron al tanque 172 Kg aproximadamente.

El proceso de fermentación inició a las 7:00 p.m del día 3 de Junio de 2015 y ésta es llamada hora 0. Se tomó la prueba para su análisis en laboratorio y se tomó 1 Kg de esa misma hora para lavarlo y ponerlo a secar, esto se hizo para todas las muestras tomadas en las horas 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 34 y 36 con el fin de analizar el

comportamiento del café en estado de fermentación. La muestra tomada para lavar y secar es con propósitos de comparación para catarla al final y comparar los resultados de laboratorio con el catador para ver cuáles son las mejores muestras y según el análisis con qué comportamiento.

A continuación se presenta la tabla que representa el comportamiento de la temperatura y el pH:

Tabla 7-2. Datos de los resultados de la segunda prueba de adquisición.

MUESTRA #	HORA	FECHA	HORA	TEMPERATURA1	TEMPERATURA2	PH
Muestra1	0	03/06/2015	07:00:00 p.m.	25,454042	15,813715	5,640230
Muestra2	12	04/06/2015	07:00:00 a.m.	25,068158	3,653185	3,739462
Muestra3	14	04/06/2015	09:00:00 a.m.	24,251144	4,612056	3,853356
Muestra4	16	04/06/2015	11:00:00 a.m.	19,923451	8,698037	3,687926
Muestra5	18	04/06/2015	01:00:00 p.m.	20,901762	6,713347	3,710519
Muestra6	20	04/06/2015	03:00:00 p.m.	17,528772	11,648861	3,689981
Muestra7	22	04/06/2015	05:00:00 p.m.	18,210115	4,050580	3,909458
Muestra8	24	04/06/2015	07:00:00 p.m.	16,480857	4,214749	3,783649
Muestra9	26	04/06/2015	09:00:00 p.m.	15,118854	3,663825	3,909682
Muestra10	28	04/06/2015	11:00:00 p.m.	13,414224	3,444482	3,861448
Muestra11	30	05/06/2015	01:00:00 a.m.	11,796087	2,885359	3,782351
Muestra12	32	05/06/2015	03:00:00 a.m.	11,596077	3,093796	3,834184
Muestra13	34	05/06/2015	05:00:00 a.m.	10,561671	2,722565	3,795783
Muestra14	36	05/06/2015	07:00:00 a.m.	10,109126	2,954040	3,838210

7.5.3 RESULTADOS DE PRUEBA 3 CON CONTROL DE TEMPERATURA A 12°C

Ésta prueba que se hizo fue controlando la temperatura a 12°C y dejando que el pH variara naturalmente; se obtuvo 259 Kg de café recién cosechado, el cual llegó el día 9 de Junio de 2015 a las 5:00 pm a la planta y se hizo un flote para eliminar la pasilla lo más posible y posteriormente despulpar el café donde se agregaron al tanque 130 Kg aproximadamente.

A continuación se presenta la tabla que representa el comportamiento de la temperatura y el pH:

Tabla 7-3. Datos de los resultados de la tercera prueba de adquisición.

MUESTRA #	HORA	FECHA	HORA	TEMPERATURA1	TEMPERATURA2	PH1
Muestra1	0	09/06/2015	07:00:00 p.m.	11,585412	11,612229	3,854821
Muestra2	12	10/06/2015	07:00:00 a.m.	14,046631	10,683972	3,841418
Muestra3	14	10/06/2015	09:00:00 a.m.	15,079709	12,256974	3,898232
Muestra4	16	10/06/2015	11:00:00 a.m.	13,081442	9,996733	4,423551
Muestra5	18	10/06/2015	01:00:00 p.m.	13,917711	11,049434	4,333338
Muestra6	20	10/06/2015	03:00:00 p.m.	12,694192	9,830584	4,278829
Muestra7	22	10/06/2015	05:00:00 p.m.	13,292906	13,754153	4,274187
Muestra8	24	10/06/2015	07:00:00 p.m.	11,399016	8,962354	4,186571
Muestra9	26	10/06/2015	09:00:00 p.m.	11,785576	10,218433	4,285408
Muestra10	28	10/06/2015	11:00:00 p.m.	12,228761	12,582872	4,201210
Muestra11	30	11/06/2015	01:00:00 a.m.	10,674237	8,936794	4,222268
Muestra12	32	11/06/2015	03:00:00 a.m.	11,714629	13,177392	4,318695
Muestra13	34	11/06/2015	05:00:00 a.m.	10,582222	9,431581	4,249210
Muestra14	36	11/06/2015	07:00:00 a.m.	10,703828	9,805790	4,226651

7.5.4 RESULTADOS DE PRUEBA 4 CON CONTROL DE TEMPERATURA A 18°C

Ésta prueba que se hizo fue controlando la temperatura a 18°C y dejando que el pH variara naturalmente; se obtuvo 326 Kg de café recién cosechado, el cual llegó el día 9 de Junio de 2015 a las 5:00 pm a la planta y se hizo un flote para eliminar la pasilla lo más posible y posteriormente despulpar el café donde se agregaron al tanque 160 Kg aproximadamente.

A continuación se presenta la tabla que representa el comportamiento de la temperatura y el pH:

Tabla 7-4. Datos de los resultados de la cuarta prueba de adquisición.

MUESTRA #	HORA	FECHA	HORA	TEMPERATURA1	TEMPERATURA2	PH1
Muestra1	0	30/06/2015	07:00:00 p.m.	15,602711	16,039589	4,962402
Muestra2	12	01/07/2015	07:00:00 a.m.	25,782229	15,808608	3,854699
Muestra3	14	01/07/2015	09:00:00 a.m.	24,789772	17,662552	3,734880
Muestra4	16	01/07/2015	11:00:00 a.m.	23,458912	15,649754	3,685091
Muestra5	18	01/07/2015	01:00:00 p.m.	23,233082	19,098391	3,516370
Muestra6	20	01/07/2015	03:00:00 p.m.	22,591194	16,006778	3,418169
Muestra7	22	01/07/2015	05:00:00 p.m.	21,788579	16,162863	3,664970
Muestra8	24	01/07/2015	07:00:00 p.m.	20,892385	15,479690	3,411246
Muestra9	26	01/07/2015	09:00:00 p.m.	20,301848	15,376557	3,479583
Muestra10	28	01/07/2015	11:00:00 p.m.	20,868517	17,728128	3,532538
Muestra11	30	02/07/2015	01:00:00 a.m.	20,996540	15,165039	3,507569
Muestra12	32	02/07/2015	03:00:00 a.m.	20,602489	12,895581	3,446572
Muestra13	34	02/07/2015	05:00:00 a.m.	20,576066	14,386314	3,419267
Muestra14	36	02/07/2015	07:00:00 a.m.	20,632632	16,387677	3,423249

7.6 RESULTADOS DE CATACIÓN DE LAS PRUEBAS DE ADQUISICIÓN Y CONTROL DE TEMPERATURA Y PH.

De las pruebas realizadas de adquisición de pH y temperatura y del control de temperatura, se tomaron 12 muestras en cada una de ellas con el fin de analizarlas mediante pruebas de catación y de análisis microbacteriológico. De ésta manera, por medio de los mejores resultados de puntuación de taza en la catación, se clasifican las mejores muestras de las diferentes pruebas, y luego, se compara con los resultados de análisis del laboratorio de la UDES, para observar qué sucedió en dichas muestras y obtener patrones y análisis más profundos para lograr siempre dichas cualidades de la muestra con puntuación de taza de excelente calidad.

El proceso de catación es realizado por dos entidades, una que es directamente en la Hacienda el Roble, realizada por el catador Jose Antonio, y otra que es en Bogotá con la empresa Virmax Coffee. Cabe resaltar que, de las cuatro pruebas realizadas, sólo se recibió resultados de la primera prueba, de las otras tres tardan en llegar. En cuanto a la última prueba que fue con control de temperatura a 18°C, no se alcanzó a recibir los resultados de la Hacienda El Roble, por lo que sólo se muestran resultados de catación de las 3 primeras pruebas.

A continuación se muestran las tablas de catación tanto de la Hacienda el Roble como de la empresa VIRMAX COFFEE donde se especifica la prueba y la muestra catada.

Tabla 7-5. Catación de la primera prueba con control de temperatura de 15°C.

DATOS DE TOMA DE DATOS				CATACIÓN DE PRUEBA 1 POR JOSE ANTONIO DE LA HACIENDO EL ROBLE		CATACIÓN DE PRUEBA 1 POR VIRMAX COFFEE	
MUESTRA #	HORA	FECHA	HORA	PUNTAJE	COMENTARIO	PUNTAJE	COMENTARIO
1	0	12/05/ 2015	09:00:00 p.m.	85	frutos rojos, panela, chocolate		
2	12	13/05/ 2015	09:00:00 a.m.	85	cítrica	80	chocolate, cereal, grosella, paja, metaloso, áspero, seco, residual amargo, cereales
3	14	13/05/ 2015	11:00:00 a.m.	descarta da	astringente, sabor a palo	81	seco, crispetas dulces, vainilla, cereales quemados, pan tostado, astringente, residual corto y amargo
4	16	13/05/ 2015	01:00:00 p.m.	85,5	floral, miel	78	Grosella, pimienta, vinilla, seco, nueces, cuerpo áspero, residual amargo,

							seco, verde, astringente
5	18	13/05/2015	03:00:00 p.m.	86	frutos rojos, panela, mora	81	seco, galleta, vainilla, disperejo, naranja, agridulce, cuerpo delgado, residual seco, nueces, galleta saltin
6	20	13/05/2015	05:00:00 p.m.	descartada	astringente, sabor a palo	83.5	Caramelo, especias, seco, nueces. Naranja, dulce, residual perdurable, sube al enfriar.
7	22	13/05/2015	07:00:00 p.m.	descartada	astringente, sabor a palo	82	caña de azúcar, dulce, flores, mantequilla, muy seco, maíz, cuerpo áspero, residual seco y amargo.
8	24	13/05/2015	09:00:00 p.m.	85,5	suave, miel, agradable	83.5	mantequilla, chocolate, especias, pimienta, cereales, leve seco, cuerpo ásperos torna amarga, y un poco astringente
9	26	13/05/2015	11:00:00 p.m.	85	cítrica, limón, naranja	75	grosella, chocolate amargo, oscuro, áspero, aceite, muy áspero, amargo, asfalto
10	28	14/05/2015	01:00:00 a.m.	descartada	astringente, sabor a palo	81	mantequilla, chocolate, especias, muy seco, galleta, cereales, amargo, residual seco, astringente, vegetal
11	30	14/05/2015	03:00:00 a.m.	85,5	lima, en comparación con la 6 es más amarga	82.5	Chocolate, un poco seco, mantequilla, galleta, cuerpo áspero, se torna amargo al enfriar.
12	32	14/05/2015	05:00:00 a.m.	85	limón	82.5	naranja, chocolate, cremoso, mantequilla, panela, cuerpo áspero, un poco más dulce, residual amargo
13	34	14/05/2015	07:00:00 a.m.	descartada	astringente, sabor a palo	80	frutos rojos, muy seco, maíz, muy seco, amargo, plano, simple, residual amargo, seco
14	36	14/05/2015	09:00:00 a.m.	85,5	cítrica, en comparación con la 1 tiene más cuerpo, es más brillante	82	cereal, crispetas dulces, vainilla, muy seco, amargo, residual seco polvoso, gellata, nueces

Tabla 7-6. Catación de la segunda prueba con control de temperatura de 2°C.

RESULTADOS DE TOMA DE DATOS				CATACIÓN DE PRUEBA 2 POR CATADOR JOSE ANTONIO DE LA HACIENDO EL ROBLE	
MUESTRA #	HORA	FECHA	HORA	PUNTAJE	COMENTARIO
1	0	03/06/2015	07:00:00 p.m.	82,5	astringente, manchoso
2	12	04/06/2015	07:00:00 a.m.	84,5	chocolate
3	14	04/06/2015	09:00:00 a.m.	85,5	agradable, equilibrado
4	16	04/06/2015	11:00:00 a.m.	86	agradable, equilibrado
5	18	04/06/2015	01:00:00 p.m.	83	[Astringente]
6	20	04/06/2015	03:00:00 p.m.	85,5	suave, cítrico, limón
7	22	04/06/2015	05:00:00 p.m.	82,5	áspera
8	24	04/06/2015	07:00:00 p.m.	83	astringente
9	26	04/06/2015	09:00:00 p.m.	84	plana, no se siente casi
10	28	04/06/2015	11:00:00 p.m.	83,5	toronja, cítrico con amargo, herbal
11	30	05/06/2015	01:00:00 a.m.	83	astringente, un poco quemada
12	32	14/05/2015	05:00:00 a.m.	84,5	cítrica, más brillante que la muestra 1, limonaria
13	34	14/05/2015	07:00:00 a.m.	83	amarga, cítrica, agras, chocolate
14	36	14/05/2015	09:00:00 a.m.	84,5	notas cítricas, naranja

Tabla 7-7. Catación de la tercera prueba con control de temperatura de 12°C.

RESULTADOS DE TOMA DE DATOS				CATACIÓN DE PRUEBA 3 POR JOSE ANTONIO DE LA HACIENDO EL ROBLE	
MUESTRA #	HORA	FECHA	HORA	PUNTAJE	COMENTARIO
1	0	09/06/2015	07:00:00 p.m.	80	
2	12	10/06/2015	07:00:00 a.m.	84	chocolate, mora
3	14	10/06/2015	09:00:00 a.m.	85	chocolate, manzana roja
4	16	10/06/2015	11:00:00 a.m.	85,5	cítrico, naranja, panela
5	18	10/06/2015	01:00:00 p.m.	85,5	naranja, chocolate, mora
6	20	10/06/2015	03:00:00 p.m.	83	melón, piña
7	22	10/06/2015	05:00:00 p.m.	84	chocolate, mora
8	24	10/06/2015	07:00:00 p.m.	84	floral, plana
9	26	10/06/2015	09:00:00 p.m.	83	chocolate, muy seca
10	28	10/06/2015	11:00:00 p.m.	80,5	mora, chocolate
11	30	11/06/2015	01:00:00 a.m.	83	mora, chocolate
12	32	11/06/2015	03:00:00 a.m.	84,5	chocolate, naranja
13	34	11/06/2015	05:00:00 a.m.	85	naranja, mandarina
14	36	11/06/2015	07:00:00 a.m.	84	naranja, panela

La siguiente figura representa la gráfica de los datos de temperatura y pH general de cada prueba para visualizar los valores generales de cada prueba y su comportamiento. Por ejemplo, para la prueba con control de temperatura a 2°C, el valor de pH promedio fue de 3,93, para la prueba con control de temperatura a 12°C, el valor de pH promedio fue de 4,18, para la prueba con control de temperatura a 15°C, el valor de pH promedio fue de 4,34 y para la prueba con control de temperatura a 18°C, el valor de pH promedio fue de 3,64. Esto quiere decir que a medida que aumenta la temperatura de control en el tanque, aumenta el pH, pero, para el caso de la prueba con control de temperatura a 18°C presenta un comportamiento diferente que puede estar asociado a la temporada de cosecha, dado que ésta prueba fue realizada por fuera de cosecha baja y la calidad de los granos fue baja también. Así que esto puede influir en que el nivel de pH fuera tan bajo que no superaba el valor de pH de 3,7.

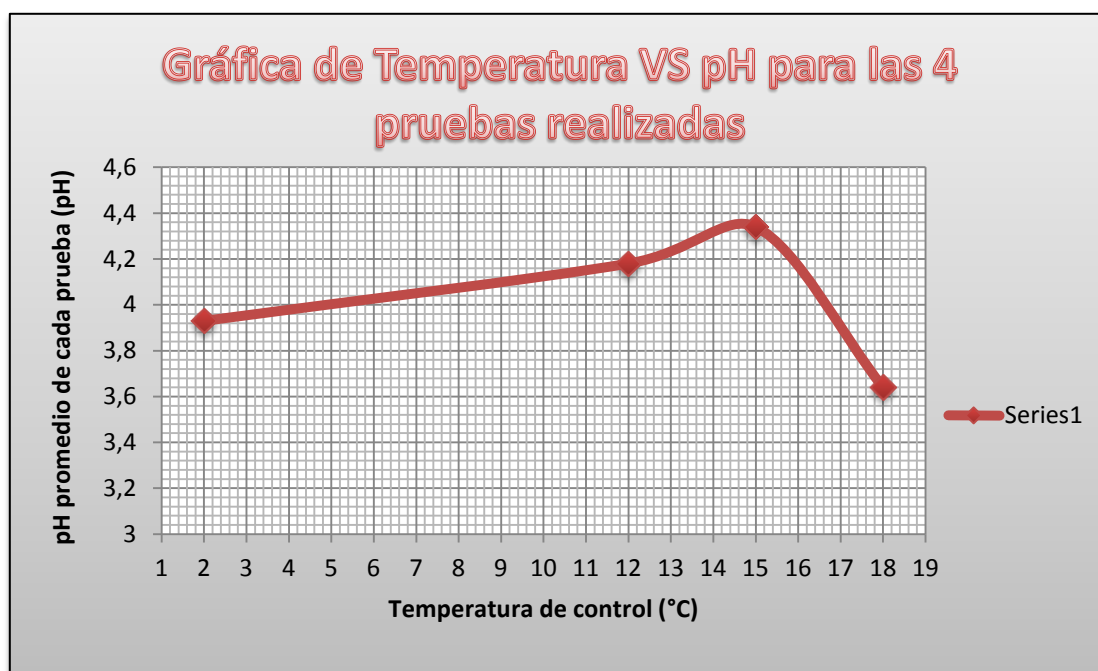


Figura 7-37. Gráfica de temperatura de control para cada prueba VS el valor de pH promedio obtenido en cada prueba.

8 CUADRO DE RESULTADOS

OBJETIVOS	RESULTADOS ESPERADOS	RESULTADOS OBTENIDOS	INDICADOR VERIFICABLE DEL RESULTADO	No. DE ANEXO SOPORTE	OBSERVACIONES
<p>Estudiar el comportamiento de las variables relevantes en el proceso de fermentación del mucílago de café en función del tiempo.</p>	<p>Conocimientos básicos y avanzados sobre la producción del café, el beneficio húmedo del café, el proceso de fermentación del café, los parámetros que influyen en el cambio de características del café.</p>	<p>Búsqueda detallada de todos los procesos por el que pasa el café, de los proyectos que se han realizado con éste, de las investigaciones que ha realizado el instituto CENICAFE.</p>	<p>Marco teórico del presente documento.</p>		

Determinar los rangos de trabajo y las características físicas de las variables que intervienen en el proceso de fermentación.	Limitar los rangos de trabajo para cada variable a utilizar dentro de las necesidades establecidas.	Búsqueda y cotización de sensores basados en los rangos establecidos.	Marco teórico del presente documento.		
Seleccionar los sensores, actuadores y toda la instrumentación necesaria para la adquisición, control y automatización del sistema.	Compra de instrumentación para el proceso de automatización, dentro de los cuales entra, sensores, controlador, software, transmisor, cables, fuente de alimentación y demás.	Adquisición de toda la instrumentación requerida para el correcto funcionamiento del proceso.	Soporte de facturas de compra de elementos de medición, adquisición y control.	Anexo 1	El contenido del anexo 1 equivale a los soportes de pago (facturas de compra) de los elementos de control.

Diseñar e implementar el acople de los elementos de adquisición y control con el tanque fermentador.	Sistema de conexión de los elementos de medición a sus respectivas fuentes de alimentación y demás para su funcionamiento.	Implementación física del sistema de control con la instrumentación adecuada que representa el diagrama de conexión de los elementos de control.	Imagen del diseño de conexión de los elementos de instrumentación.	Capítulo 7 del presente documento donde se observan las imágenes de los elementos conectados y acoplados.	
Programar la interfaz gráfica de usuario para la adquisición de las variables de temperatura y pH.	Archivo de LabVIEW configurado para adquisición de datos de temperatura y pH.	Programa configurado de LabVIEW con la interfaz gráfica para la adquisición de las variables lista.	Imagen del panel frontal de control y del diagrama de bloques.	Capítulo 7 del presente documento donde se demuestra la interfaz gráfica realizada.	
Realizar el control de temperatura para diferentes valores de consigna durante el proceso de fermentación de café.	Control de temperatura por el controlador tipo OMRON conectado y listo para utilizar en las pruebas.	Pruebas realizadas con eficiencia del control de temperatura.	Tablas de resultados de las pruebas realizadas para la adquisición de las señales y el control de temperatura	Capítulo 7 del presente documento con las tablas agregadas.	

<p>Analizar y comparar la relación existente entre la temperatura de entrada del proceso y los resultados de catación junto con los análisis microbiológicos de las muestras obtenidas.</p>	<p>Estudio de relación entre la temperatura de entrada del proceso y los resultados de catación junto con los análisis microbiológicos de las muestras obtenidas</p>	<p>Resultados de catación y avance de resultados de análisis microbiológicos. Éste objetivo se va a dejar para la fase 2 del presente proyecto.</p>			
---	--	---	--	--	--

9 DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO ACTUAL O POTENCIAL DE LOS RESULTADOS

Indiscutiblemente éste proyecto de investigación cambiará la perspectiva a nivel mundial de lo que se ha hecho hasta ahora sobre el beneficio del café y su proceso de fermentación. Si el producto logra salir a la venta, servirá como un ícono del avance tecnológico. El simple hecho de experimentar con el control de los parámetros que influyen en el café para lograr un café de excelente calidad hace que se presenten comportamientos totalmente diferentes a lo que se ha logrado, dado que el caficultor suele trabajar en éstos procesos con las tradiciones que se le han inculcado durante generaciones.

El impacto potencial que tiene éste proyecto es que el caficultor o usuario sólo tendrá que solicitar la calidad de café con el valor de pH que elija, los sabores o el cuerpo que quiera que tenga el café y Penagos Hermanos programa el control de la temperatura según la necesidad del cliente y el sistema se encargará de controlar, fermentar y lograr éstos niveles a partir del pH y la temperatura deseada por la persona.

Se podrá lograr café de excelencia y de ésta manera llegar a niveles de competencia de venta y comercio del café que no se ha logrado en Colombia.

10 CONCLUSIONES

Realizar la práctica académica es una excelente experiencia que ayuda a identificar tanto las falencias como habilidades al estudiante mientras se realiza la pasantía. Además, ayuda a que el estudiante aplique las bases teóricas aprendidas durante la carrera profesional en la búsqueda de soluciones a los diferentes problemas planteados para los retos durante la práctica.

Se logró desarrollar la programación en LabVIEW para la adquisición de datos de las variables de pH y de temperatura con el fin de lograr un sensado constante en el sistema de fermentación, esto para analizar las muestras por el catador y buscar soluciones al control.

Las pruebas realizadas durante la adquisición de datos lograron arrojar resultados inesperados y, por medio de las cataciones de cada muestra de cada prueba se encontraron tazas con niveles excelente de 85 en adelante que ayudan a considerar sus parámetros iniciales para configurar un control con un setpoint a dichos valores.

Se desarrollaron diferentes ideas con soluciones para la selección, acoplamiento y configuración del sistema con la instrumentación, las cuales fueron basadas en las diferentes materias de la carrera de Ingeniería Mecatrónica.

Se comprende la gran importancia que tienen las bases teóricas para la puesta en práctica de éstas en el campo laboral.

Como recomendación, es indispensable que el estudiante realice pequeñas prácticas o actividades en empresas industriales con el fin de que vaya conociendo en el transcurso de la carrera, lo que se realiza y tome experiencia, para así, cuando llegue a realizar la práctica académica al final de la carrera no le sea tan fuerte el cambio y no se sienta perdido en éste nuevo mundo.

Las pruebas realizadas durante los meses de Mayo y Junio de 2015 se realizaron en temporada baja, es decir, cuando la cosecha del café caturra que se recolectaba para las pruebas, tenía baja cantidad de fruto cereza. La temporada alta de cosecha para el café caturra inicia a partir de Septiembre hasta Diciembre en cada año, y las características cambian drásticamente en cada temporada, porque en temporada alta es donde sale el mejor café que se produce en la Hacienda, por lo que el café recolectado para las pruebas anteriormente mencionadas tiene distintas características y lo hace de menor calidad que

el otro. Aun así, durante las pruebas de adquisición y control se obtuvieron resultados muy buenos (un porcentaje de catación entre 84 y 86, donde un café sobresaliente tiene un valor de catación de 80 a 85, y un café excelente tiene un valor de catación de 86 a 90 puntos), los cuales, si se analizan, se puede concluir que es posible obtener una fermentación homogénea bajo ciertas condiciones (valores de temperatura y de pH constantes, entre 10 y 15°C para temperatura y, entre 3,8 y 4,2 para pH), independientemente de la calidad del fruto cereza con el que se esté trabajando.

Para esta fase 1 del proyecto se hizo solamente el control de la temperatura para observar qué sucedía con el pH, por lo que éstos están sumamente ligados. En la fase 2, se pretende hacer lo contrario, controlar el pH para observar qué sucede con la temperatura y qué efectos tiene sobre las pruebas y los resultados de taza. Adicional, analizar qué resulta de estos experimentos.

11 BIBLIOGRAFÍA

- [1] Medirtemperatura. Sensor de temperatura. Tomado de la red el día 26 de Febrero de 2015. De URL: <http://medirtemperatura.com/sensor-temperatura.php>

- [2] National Instruments. Sensor de temperatura. Tomado de la red el día 26 de Febrero de 2015. De URL: <http://www.ni.com/white-paper/10635/es/>

- [3] National Instruments. NI 9219. Tomado de la red el día 26 de Febrero de 2015. De URL: <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/208789>

- [4] National Instruments. NI cDAQ-9174. Tomado de la red el día 26 de Febrero de 2015. De URL: <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/207535>

- [5] National Instruments. Sistema de Desarrollo Base de NI LabVIEW para Windows. Tomado de la red el día 26 de Febrero de 2015. De URL: <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/1385>


- [6] Avances Técnicos Cenicafé [Publicación en línea]. Gerencia Técnica. Programa de Investigación Científica. Fondo Nacional del Café, [2012]. [Consulta: Febrero 2 de 2015]. Avt0422.

- [7] Martínez Ramírez, Guillermo Andrés, & Rodríguez Walteros, Carolina. (2007). Diseño y construcción de un biodigestor anaerobio de lecho fijo para operación en continuo a escala piloto con control de temperatura y pH. (Tesis de pregrado). Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga.

12 ANEXOS

ANEXO 1: Soporte de pagos de facturas para la selección y compra de los elementos de adquisición y control para el sistema.

www.scs.com/_scs/mail-static/_fj



SERVICIO TÉCNICO ESPECIALIZADO

Proyectos y Servicios Santander

Aire Acondicionado - Refrigeración Venta - Instalación - Reparación - Mantenimiento

MIGUEL ANGEL DURAN RODRIGUEZ - NIT. 73.135.292-1 Regimen Simplificado

FACTURA DE VENTA

0128

CLIENTE: **PENAGOS HERMANOS**

DIRECCION: **CONTINUO TRANSEYES**

NIT: **890200686-1**

TEL: **6159990**

CIUDAD: **SEFON**

DIA	MES	AÑO
10	03	15

CONCEPTO	CANT.	V./UNIDAD	VALOR
<ul style="list-style-type: none"> - FABRICACION DE UN CHILLER DE (92cms de ancho por 7.42 AL) - RECIPIENTE DE H₂O 250 LITROS - UNA VALVULA DE EXPANSION - 30 mts tuberia de cobre 7/8 - UN TERMOSTATO - UN FILTRO SECADOR DE H₂O - una bomba de suministro y retorno - tablero de control 			
<p>SON: SEIS MILLONES NOVECIENTOS</p> <p>SESENTA Y NUEVE MIL</p>			<p>TOTAL A PAGAR 6.969.000</p>

ACEPTADA

Duran Rodriguez

FIRMA Y SELLO

MIGUEL ANGEL DURAN RODRIGUEZ

NIT. 73.135.292-1

Diagonal 56B No. 141-28 B. Florida Campestre - Tel. 6582102 - Cel. 313 3683967 - Floridablanca (S.) E-mail: hielto12@gmail.com

Figura 12-1. Soporte de pago del Chiller.



SENSOMATIC DEL ORIENTE S.A.S.
Suministros - Montajes - Proyectos

FACTURA DE VENTA

Nº 13263

NIT. 804.012.954-1 - REGIMEN COMUN

CRA 25 No. 40A-08 P.B.X. 6434400 - 6551744 - 8809272 CEL. 311-5130392 BUCARAMANGA - facturacion@sensomaticdeloriente.com

CIUDAD Y FECHA: BUCARAMANGA, FEBRERO 17 /2015 COD. ACTIVIDAD ECONOMICA No 459

NOMBRE: PENAGOS HERMANOS & CIA LTDA. NIT: 890.200.686-1

DIRECCION: CONTIGUO TRANSEJES RINCON DE GIRON TEL-6301500 F. VENC. CONTADO

CODIGO	CANT.	DESCRIPCION	Vr. UNITARIO	VALOR TOTAL
	1	TERMOCUPLA PT 100 1/4 X 35 CM	\$ 190.000	\$ 190.000
	1	TERMOCUPLA PT 100 1/4 X 50 CM	\$ 200.000	\$ 200.000
		SUBTOTAL.....		\$ 390.000
		IVA 16%.....		\$ 62.400
		TOTAL.....		\$ 452.400

SEGÚN ORDEN DE COMPRA No 33449

W. Arango
Proyecto Colencias

Febrero 23/2015
A4/E2

SON CUATROCIENTOS CINCUENTA Y DOS MIL CUATROCIENTOS PESOS MCTE **TOTAL \$ \$ 452.400**

OBSERVACIONES:
Favor girar cheque a nombre de Sensomatic del Oriente SAS, ó consignar en la Cta. Cte. del Banco Bogotá No. 157352444 ó Bancolombia Cta. Cte. No 28823328853

REVISOR
[Signature]

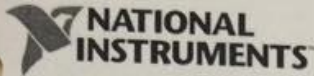
FIRMA Y SELLO VENDEDOR

Acepto la presente y declaro haber recibido y materialmente los artículos arriba detallados
FIRMA Y SELLO COMPRADOR

C.C. _____
FECHA DE RECIBIDO _____

INTEGRADORES DE INGENIERIA EN AUTOMATIZACION ACCIONAMIENTOS INSTRUMENTACION
DISTRIBUIDOR AEGIS EQUIPOS GIRS ALIMENTADORES PARA
www.sensomaticdeloriente.com

Figura 12-2. Soporte de pago de sensor de temperatura PT100.



Factura de Venta

No somos autorretenedores responsables de IVA - REGIMEN COMUN
 Resolución 320001117536 - Fecha 2014/03/05 - Rango 3003-10000
 Actividad Económica Comercial 4799 tarifa 11.04 x1000

National Instruments Colombia S.A.S.
 Avenida Calle 26 No. 59 - 65 Oficina 701
 Bogotá - Colombia
 NIT: 900491284-5
 Tfon/Fax: 01 800 5181773

Dirección de Facturación

Penagos Hermanos y Cia Ltda
 Zona industrial del Ricon de Giron
 Arriba de Transejes
 GIRON
 Colombia

Dirección de Envío

Penagos Hermanos y Cia Ltda
 Zona industrial del Ricon de Giron
 Arriba de Transejes
 GIRON
 Colombia

Referencia de Pago 3389	Factura de Venta 3389	Fecha 20-MAR-2015	Página 1	de 2
Número Cuenta del Cliente 898467	Contacto para el Cliente Atención al cliente	Número Pedido del Cliente 0000033530		
NIT de Cliente 890.200.686-1	Fecha de Envío 09-MAR-2015	Número de confirmación 2744032		
Persona de Contact Yuleny Arenas	Referencia de Envío 487031435030	Vencimiento Factura 19-APR-2015		
Condiciones de Envío		Condiciones de Pago Net 30		
Notas				

Línea N°	Número de Parte	Descripción	Código I.V.A.	Cant.	Precio Unitario	Precio Neto
1	779781-01	NI 9219 4 CH-CH ISOLATED, 24-BIT, +/-60V, UNIVERSAL AI MODULE		1	3,356,000	3,356,000
2	781157-01	CDAQ-9174, COMPACTDAQ CHASSIS (4 SLOT USB)		1	2,445,000	2,445,000
3	776671-35	LABVIEW BASE DEVELOPMENT SYSTEM, WINDOWS, ENGLISH Nuevo(s) Licencia(s) de un usuario con 1 año(s) LABVIEW STANDARD SERVICE PROGRAM Ver página de información de licencia de usuario		1	2,500,000	2,500,000

Código	Descripción	I.V.A. %	Valor de Bienes	I.V.A.
		16%	8,301,000	1,328,160

A4/E2

Terminos y Condiciones de Venta: Todas las ventas estan sujetas a aceptacion de los terminos y condiciones de venta de National Instruments. Al enviar una orden de compra usted acepta que National Instruments no estara obligado con ningun termino o condicion contradictoria y/o adicional.

1. www.ni.com/legal
2. Llamar a su representante de servicio al cliente.
3. Solicitar una cotizacion de comprar.

Nombre del Banco: Bancolombia
 Tipo de Cuenta: Corriente
 Numero de la Cuenta: 9329 3140651
 Recibido: _____

Nombre del beneficiario de la Cuenta: National Instruments Colombia S.A.S.
 Por favor envíe un correo con la información de su pago a: latamrfsc@ni.com
 o llame al teléfono gratuito: 0180 09133092
 Fecha Recibido: _____

Impreso por computador por National Instruments Colombia S.A.S. NIT: 900491284-5

Figura 12-3. Soporte de pago a National Instruments.

CASA HERMES LTDA.
 NIT. 890.204.206-6 - REGIMEN COMUN
 BUCARAMANGA - BOLOMBA
 FUNDADA EN 1954

CELESTINO 2007 PUNTO 17 830 244
 TELEFONO 700 210 0001
 CAJAS 300 210 001

www.casahermesltda.com

PEÑAGOS HNDOS. Y CIA. LTDA.
 890209566-1

FACTURA DE VENTA N. A-02153 11:28:58

FECHA DE FACTURA: 25/03/2015
 FACTURA DE VENTA FANC: 2153

CODIGO	DETALLE	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
D-385	FUENTE REGULADA PODER DOBLE PL-300ST PROTEX S/N: 007207	1.00	1.453.488	1.453.488
	Venta gravada 1.253.868			
	Iva en ventas 200.488			
	Total Fra. 1.453.488			
	TOTAL FACTURA			1.453.488

CANCELADO
 NIT 890.204.206-6
 CAJA NO. 2015
 ENTREGADO

FACTURACION NO 48000173477 DE 18/04/2013 DESDE A 130 HASTA A 10000

HABILITADA SGH RES. FACTURACION NO 48000173477 DE 18/04/2013 DESDE A 130 HASTA A 10000

FABRICOS - ELECTRONICOS - SONIDO PROFESIONAL - INSTRUMENTACION - EQUIPOS ESPECIALIZADOS

Figura 12-4. Soporte de pago a casa hermes por compra de fuente reguladora de voltaje.

TELMO J. DIAZ Y CIA. S.A.

NIT. 890.205.512-1

Avenida 39 No. 14 - 92 Tel.: 232 8595 Bogotá - Colombia
Tarifa ICA. 4.14 x 1000. NO SOMOS AGENTES RETENEDORES DE IVA
Resolución por computador DIAN No. 31000071319 Junio 24 de 2013
Fact. del FCS 4340 al 10000 Autorizada

FACTURA DE VENTA

No. FCS-5867

RÉGIMEN COMUN

Señores: PENAGOS HERMANOS Y COMPAÑIA LTDA

NIT.: 890200000-1

Dirección: CLL 28 No 20-80

Fecha: 17/03/2015

Teléfono: 6301600

Ciudad: BUCARAMANGA

Fecha de Vcto: 16/04/2015

Observaciones: SERVICIO DE CATAACION DE MUESTRAS DE CAFE FERMENTADO

LA PRESENTE FACTURA DE VENTA SE ASIMILA PARA TODOS SUS EFECTOS LEGALES A UNA LETRA DE CAMBIO, SEGUN EL ARTICULO 774 DEL CODIGO DE COMERCIO

ARTICULO	CANTIDAD	VR. UNITARIO	TOTAL
SS018 PRUEBAS DE CATAACION	1	\$ 2.471.121,00	\$ 2.471.121,00

AL-A2 / EG

SUBTOTAL: \$ 2.471.121,00
Descuento
IVA liquidado 16,00% \$ 395.379,00
TOTAL: \$ 2.075.742,00

Impresora: Agrowin. Insoft Ltda NIT. 810.000.630-9
RECIBO REAL Y MATERIALMENTE LOS BIENES Y/O SERVICIOS DESCRITOS EN LA PRESENTE FACTURA DE VENTA HACIN POR LA ORDEN DE TELMO J. DIAZ Y CIA. S.A. EL VALOR DE LA MARCHA QUE SUBSCRIBO EN ESTE DOCUMENTO, LA FIRMA DE PERSONAS DISTINTAS AL COMPRADOR SUPONE QUE ESTA AUTORIZADA PARA RECIBIR, FIRMAR, ACEPTAR LA SELLA Y DELIBERAR EN CASO DE DUBIO AL RECIBO REAL Y MATERIAL A SATISFACCION DE LOS BIENES Y/O SERVICIOS DESCRITOS EN LA FACTURA.

Autorizo	Nombre de quien recibe	ACEPTADA Firma y Sello
	Identificación	
	Fecha de recepción	

Figura 12-5. Soporte de pago a Telmo J Diaz por pruebas de catación.


INSTRUMATIC
INSTRUMENTOS Y AUTOMATISMOS S.A.S.
 NIT. 800.081.453 - 1
 CRA. 47A No. 91-86 - TELEFONO: 616 41 69 - FAX: 257 20 05
 E.MAIL: ventas@instrumatic.com.co - www.instrumatic.com.co
 BOGOTA - COLOMBIA

Resolución Dian No. 320001226808
 2015/01/16
 Num Habilita A-68660 AL A-74000
 Num Autoriza A-74001 AL A-77000

IVA REGIMEN COMUN 03-2952-246
 NO SOMOS RETENEDORES DE IVA
 ACT. ECON. 4774 - TARIFA 11.04X1000
 RES. DIAN No. 320000976674
 2913/01/16 NUM. HAB. A-62001 AL A-65000
 NUM. AUT. A-65001 AL A-74000

FACTURA DE VENTA **A - 69303**

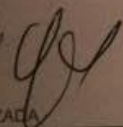

COMPRADOR:				NIT:		
PENAGOS HNOS Y CIA LTDA				890200686-1		
DIRECCION:		TELEFONO:		CIUDAD:		
CALLE 28 NO. 20-80		6301600		BUCARAMANGA		
Fecha Factura (AA/MM/DD)	Fecha Vencimiento (AA/MM/DD)	Forma de Pago	Remisión	Orden de Compra	Pedido No.	Vendedor
15/03/18	15/03/18	0 DIAS F.F.		33721	94338	009
REFERENCIA	DESCRIPCION			CANT.	P/UNITARIO	PRECIO TOTAL
77-0076	2 COND. X AWG-22, CABLE APANTALLADO HOJA ALUMINIO, AISLAMEN			10	2,600	26,000
81-1790	AQUAMON SMARTPRO 8966, TRANSMISOR PH CAMPO, 4-20MA			2	2,730,000	5,460,000
81-0452	M12-FLAT-PT100-HT, SENSOR DE PH, CONEX. 3/4"NPT, PLASTICO			2	1,015,000	2,030,000
Observaciones:				SUB TOTAL 7,516,000		
Esta Factura de Venta causa intereses de mora a la tasa máxima legal vigente mensual a partir de la fecha de su vencimiento de acuerdo con el artículo (Art.) 884 del Código de Comercio.				DESCUENTOS .00 0		
Todo reclamo por falta de entrega, avería, etc. debe ser hecho dentro de los 10 días subsiguientes a la fecha de despacho de la mercancía				SUBTOTAL 7,516,000		
Páguese en cheque a favor de INSTRUMATIC con endoso restrictivo para consignar en cuenta del primer beneficiario o transferencia bancaria.				I.V.A 16 % 1,202,560		
Esta Factura de Venta se asimila en todos sus efectos a un Título Valor cumpliendo con la Ley 1231/2008				RETEFUENTE 187,900		
****IMPORTANTE *** En caso de pago por consignación o transferencia electrónica, favor enviarnos la siguiente información: Fecha - Banco destino - Valor - Número de factura y retenciones causadas.				RETEICA 0		
FIRMA AUTORIZADA 				RETEIVA 0		
Aceptada por haber recibido real y materialmente las mercancías aquí facturadas				NETO A PAGAR \$ 8,530,660		
RECIBI CONFORME				A4/E2 Marzo 18/2015.		

Figura 12-6. Soporte de pago a Instrumatic por sensor de pH y transmisor de pH.



SENSOMATIC DEL ORIENTE S.A.S.
Suministros - Montajes - Proyectos
NIT. 804.012.954-1 - REGIMEN COMUN

FACTURA DE VENTA
Nº 13321

CRA 25 No. 40A-08 P.B.X.: 6434400 - 6851744 - 6809272 CEL. 311-5130392 BUCARAMANGA - facturacion@sensomaticdelorientes.com

CIUDAD Y FECHA:	BUCARAMANGA, MARZO 2 /2015 ✓	COD. ACTIVIDAD ECONOMICA No 4659
NOMBRE:	PENAGOS HERMANOS & CIA LTDA.	NIT: 890.200.686-1
DIRECCION:	CONTIGUO TRANSEJES RINCON DE GIRON TEL.6301600	F. VENC. CONTADO

CODIGO	CANT.	DESCRIPCION	Vr. UNITARIO	VALOR TOTAL
	10	METROS DE CABLE PARA RTD EN FIBRA DE VIDRIO EN MALLA 3 HILOS	\$ 11.500	\$ 115.000
SUBTOTAL.....				\$ 115.000
IVA 16%.....				\$ 18.400
TOTAL.....				\$ 133.400

*Proyecto
calefacciones
Pago Caja Honor*

*A4/E2
Marzo 2/2015.*

CIENTO TREINTA Y TRES MIL CUATROCIENTOS PESOS MCTE

REVISOR

FIRMA Y SELLO VENDEDOR

TOTAL \$ 133.400

Acepto la presente y declaro haber recibido real y materialmente los articulos arriba detallados.
FIRMA Y SELLO COMPRADOR

C.C. _____
FECHA DE RECIBIDO _____

OBSERVACIONES:
Favor girar cheque a nombre de Sensomatic del Oriente SAS, ó consignar en la Cta. Cte. del Banco Bogota No.157352444 ó Bancolombia Cta. Cte. No. 28823328853

SOLUCIONES DE INGENIERIA EN AUTOMATIZACION-ACCIONAMIENTOS-INSTRUMENTACION
INTEGRADOR SIEMENS EN AUTOMATIZACION Y VARIACION DE VELOCIDAD - DISTRIBUIDOR AEGIS EQUIPOS GPRS ALIMENTADOS POR BATERIA
www.sensomaticdelorientes.com

Figura 12-7. soporte de pago a sensomatic por cables de PT100.

ANEXO 2: Descripción de los instrumentos virtuales utilizados para la programación del diagrama de bloques y el panel de control con el fin de obtener al adquisición y almacenamiento de variables.

a. Función wait (ms):

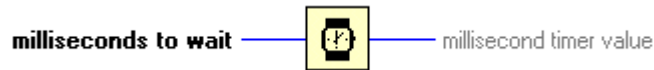


Figura 12-8. función wait (ms).

Espera el número especificado de milisegundos y devuelve el valor del temporizador de milisegundo. Cablear un valor de 0 a los milisegundos de espera de la entrada obliga al hilo actual para obtener el control de la CPU.

Esta función hace las llamadas del sistema asíncrono, pero a sí mismos los nodos funcionan sincrónicamente. Por lo tanto, no se completa la ejecución hasta que haya transcurrido el tiempo especificado.

b. Control tab:



Figura 12-9. control tab.

Es utilizado para organizar por pestañas el panel de control frontal.

c. DAQmx configure Input Buffer:

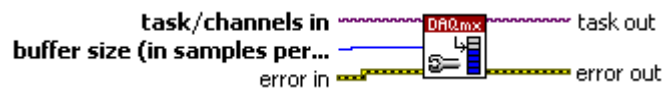


Figura 12-10. DAQmx configure Input Buffer.

Pasa a modo manual la asignación de buffer de entrada automático que el NI-DAQmx realiza.

- Task/channels in: Tarea / canales en es el nombre de la tarea o una lista de canales virtuales a los que se aplica la operación. Si proporciona una lista de canales virtuales, NI-DAQmx crea una tarea de forma automática.
- Buffer size (in samples per channel): Tamaño de búfer (en muestras por canal) es el número de muestras que la memoria intermedia puede contener para cada canal en la tarea. El valor cero indica que no se asigna buffer. Utilice un tamaño de búfer de 0 para realizar una operación temporizada por hardware sin utilizar una memoria intermedia.
 - Status: El estado está VERDADERO (X) si se ha producido un error antes de este VI o FALSO (marca de verificación) para indicar una advertencia o que no hubo error antes de este VI. El valor predeterminado es FALSE.
 - Code: Código es el código de error o de advertencia. El valor predeterminado es 0. Si el estado es TRUE, el código es un código de error negativo. Si el estado es FALSO, el código es 0 o un código de advertencia.
 - Source: La fuente identifica donde se produjo un error. La cadena de origen incluye el nombre de la VI que produjo el error, lo que los insumos están en el error, y cómo eliminar el error.
- Task out: Tarea a cabo es una referencia a la tarea después de este VI o función que se ejecuta. Si un canal está conectado por cable o de la lista de canales a la tarea / canales en, NI-DAQmx crea esta tarea de forma automática.
- Error out: El error de salida contiene información de error. Si el error en indica que se produjo un error antes de este VI o de que corriera la función, el error hacia fuera contiene la misma información de error. De lo contrario, el error de salida describe el estado de error que esta VI o función produce. Haga clic con el error fuera indicador en el panel frontal y seleccione Explicar Error en el menú contextual para obtener más información acerca del error.
 - Status: el estado es TRUE (X) si se produce un error o FALSO (marca de verificación) para indicar una advertencia o que se ha producido ningún error.

- Code: el código es el código de error o de advertencia. Si el estado es TRUE, el código es un código de error distinto de cero. Si el estado es FALSO, el código es 0 o un código de advertencia.
- Source: la fuente identifica dónde y por qué se produjo un error. La cadena de origen incluye el nombre de la VI que produjo el error, lo que los insumos están en el error, y cómo eliminar el error.

d. DAQmx Start Task.VI:

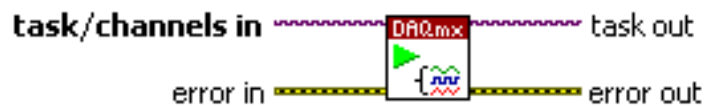


Figura 12-11. DAQmx Start Task.VI.

Las transiciones de la tarea al estado de ejecución son para comenzar la medición o generación. El uso de este VI se requiere para algunas aplicaciones y es opcional para los demás.

Si usted no utiliza este VI, una tarea de medición se inicia automáticamente cuando el DAQmx Read VI se ejecuta. La entrada de arranque automático del DAQmx Escriba VI determina si una tarea de generación se inicia automáticamente cuando el DAQmx Escriba VI corre.

Si usted no utiliza el DAQmx Start Tarea VI y el DAQmx Detener Tarea VI cuando se utiliza el DAQmx Read VI o el DAQmx Escribir VI varias veces, como en un bucle, se inicia la tarea y se detiene repetidamente. Inicio y detención de una tarea repetidamente reduce el rendimiento de la aplicación.

e. DAQmx Read (Analog 1DWfm Nchan 1 Samp).VI:

Lee las muestras de la tarea o los canales virtuales que especifique. Las instancias de este VI polimórfico especifican qué formato de muestras se usan para regresar, ya sea para leer una sola muestra o varias muestras a la vez, y si se leen de uno o varios canales.

Las propiedades DAQmx Read incluyen opciones de configuración adicionales para operaciones de lectura.



Figura 12-12. DAQmx Read.

Lee una forma de onda que contiene una sola muestra de cada canal en una tarea que contiene uno o más canales de entrada analógicos.

f. Index Array:

Devuelve el elemento o subconjunto de la matriz n-dimensión en el índice.

Cuando se cablea un arreglo a esta función, la función cambia de tamaño automáticamente para mostrar las entradas de índice para cada dimensión de la matriz que cablea de n-dimensión de matriz. También puede añadir elementos adicionales o terminales de los subconjuntos cambiando el tamaño de la función. El panel conector muestra los tipos de datos por defecto para esta función polimórfica.

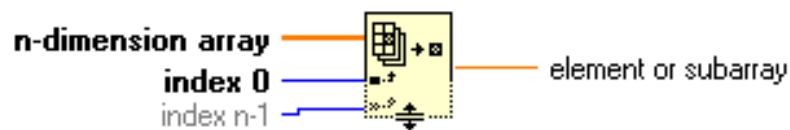


Figura 12-13. Index Array.

- N-dimension array: La matriz n-dimensión puede ser una matriz n-dimensional de cualquier tipo. Si matriz n-dimensión es un conjunto vacío, elemento o de los subconjuntos devuelve el valor predeterminado del tipo de datos definido para la matriz.

- Index 0..n-1: El índice 0..n-1 debe ser numérico. El número de entradas de índice coincide con el número de dimensiones en la matriz n-dimensión.

Si el índice está fuera de rango (<0 o N , donde N es el tamaño de n-dimensión de la matriz), el elemento o subconjunto devuelve el valor predeterminado del tipo de datos definido para la matriz.

- Element of subarray: El elemento del subarreglo tiene el mismo tipo que los elementos de la matriz de n-dimensiones.

g. Build Array:

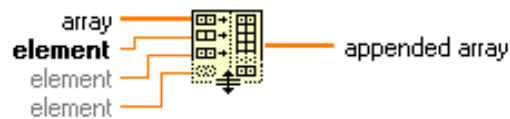


Figura 12-14. Build Array.

Concatena varias matrices o añade elementos a una matriz n-dimensional.

También puede utilizar la función Reemplazar matriz subconjunto de modificar una matriz existente.

El panel conector muestra los tipos de datos por defecto para esta función polimórfica.

Cuando se coloca la función en el diagrama de bloques, sólo hay una entrada disponible. Añadir entradas al nodo haciendo clic derecho en una entrada y seleccionar "Agregar entrada" en el menú contextual o cambiando el tamaño del nodo.

La función Build Array opera en uno de los dos modos en función de si selecciona Concatenar Entradas en el menú contextual. Si selecciona Concatenar Entradas, la función añade todas las entradas en orden, formando una matriz de salida de la misma dimensionalidad como entrada de gama con cable.

h. Get Waveform components:

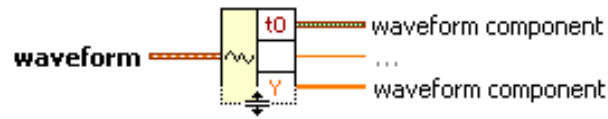


Figura 12-15. Get waveform components.

Devuelve la forma de onda analógica que especifique. Se especifica los componentes haciendo clic en el centro de la terminal de salida y seleccionando el componente que desea.

- Waveform: es la forma de onda de la que desea recuperar los componentes.
- t0: devuelve el tiempo de activación de la forma de onda.
- Dt: devuelve el intervalo de tiempo en segundos entre puntos de datos en la forma de onda.
- Y: devuelve los valores de los datos de la forma de onda.
- Attributes: devuelve los nombres y valores de todos los atributos de forma de onda. También puede utilizar la forma de onda Get Atributo VI para recuperar los nombres y los valores de todos los atributos o el valor de un solo atributo.

i. Transpose 2D array:

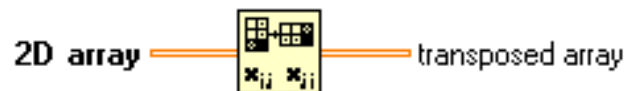


Figura 12-16. Transpose 2D array.

Reorganiza los elementos de matriz 2D tales que la matriz 2D $[i, j]$ se convierte en la matriz traspuesta $[j, i]$.

El panel conector muestra los tipos de datos por defecto para esta función polimórfica.

j. TDMS write:

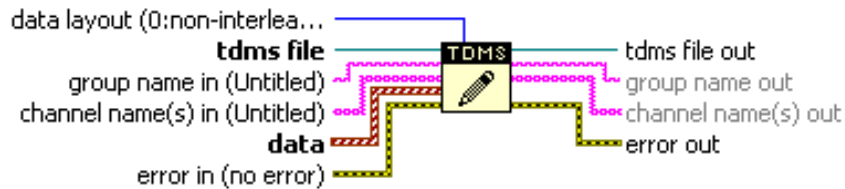


Figura 12-17. TDMS write.

Los Flujos de datos en el archivo .tdms especificado. El subconjunto de datos para escribir está determinado por los valores que identifican el nombre del grupo y el nombre del canal (s) en las entradas.

- Data-layout: el diseño de datos especifica la disposición de los datos que desea transmitir a un archivo .tdms. Usted debe utilizar el mismo diseño de datos para cada canal con el mismo grupo.
- Tdms file: El archivo TDMS especifica un número de referencia al archivo .tdms en el que se debe realizar la operación. Utilice la función TDMS Open para abrir el refnum.
- Group name in: El nombre del grupo en especifica el grupo de canal en el que se realizará la operación. El valor predeterminado es sin título.
- Channel name(s) in: El/los nombre (s) de canal indica los canales en los que realizar la operación. Si no realiza el cableado de datos a esta entrada, los nombres de LabVIEW en los canales se realizará automáticamente. Cuando los datos de forma de onda se cablean a la entrada de datos, LabVIEW utiliza los nombres de forma de onda. El tipo de datos que el nombre del canal (s) en la entrada acepta puede ser una cadena o un arreglo de cadenas

1D. El tipo de datos varía en función de los datos que cablea a la entrada de datos.

- Error in: describe las condiciones de error que se producen antes de que este nodo se ejecute. Esta entrada proporciona un error estándar en la funcionalidad.
- TDMS File Out: devuelve una referencia de archivo TDMS a los archivos .tdms en el que haya realizado la operación.
- Group name out: devuelve el nombre del grupo de canal en el que ha realizado la operación.
- Chaname(s) out: regresa el nombre del canal en el que se realizó la operación.
- Error out: contiene información de error. Esta salida proporciona una funcionalidad el error de salida.

k. TDMS open:

Abre un archivo .tdms para la lectura o escritura. También puede utilizar esta función para crear un nuevo archivo o reemplazar un archivo existente. Cuando esta función crea un archivo .tdms, esta función también crea un archivo .tdms_index. Utilice la función TDMS Close para cerrar la referencia al archivo.

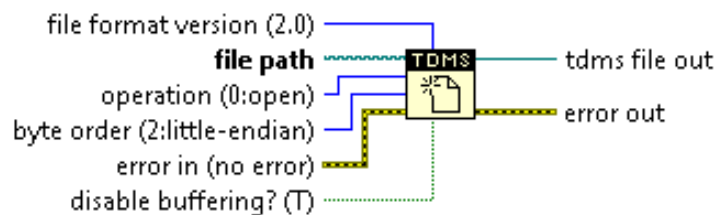


Figura 12-18. TDMS open.

- **Versión formato de archivo** especifica la versión del formato de archivo para la .tdms archivo.

- **La ruta de archivo** especifica la ruta absoluta al archivo que desea abrir. Si utiliza esta función para crear un nuevo archivo, la extensión de archivo del nombre de archivo que especifique en la ruta del archivo debe ser .tdms. De lo contrario, esta función añade automáticamente .tdms al nombre de archivo que especifique. Si utiliza esta función para abrir o actualizar un archivo existente, usted no tiene que asegurarse de que la extensión del archivo es .tdms.
- **operación** especifica la operación a realizar.
- **orden de bytes** especifica el orden de bytes, o en formato endian, de los datos de la .tdms archivo. Orden de bytes especifica si LabVIEW representa valores numéricos en la memoria de la mayoría de byte significativo a menos significativo byte o viceversa.
- **Error ir** describe las condiciones de error que se producen antes de este nodo se ejecuta. Esta entrada proporciona error estándar en la funcionalidad.
- **desactivar el almacenamiento en búfer? (Windows)** especifica si LabVIEW abre, crea o reemplaza una .tdms archivo sin sistema de buffering. El valor predeterminado es TRUE, lo que significa esta función desactiva buffering sistema. Desactivación de buffering sistema puede acelerar las transferencias de datos en ciertas situaciones. Si usted tiene una pequeña cantidad de datos a transferir, no se puede notar una diferencia si se desactiva el almacenamiento en búfer. Para leer o escribir un archivo de datos a una matriz redundante de discos independientes (RAID), considere la posibilidad de abrir el archivo sin búfer para acelerar la transferencia de datos. Para leer el mismo conjunto de datos en varias ocasiones desde el equipo, tenga en cuenta que permite el almacenamiento en búfer.

- **TDMS Out in files** devuelve una referencia de archivo TDMS a las .tdms archivos en el que haya realizado la operación.
- **Error out:** contiene información de error. Esta salida proporciona error cabo norma funcionalidad.

I. Compound arithmetic:

Realiza la aritmética en uno o más numérico, matriz, clúster o entradas booleanas. Para seleccionar la operación (sumar, multiplicar, AND, OR o XOR), haga clic en la función y seleccione Cambiar el modo en el menú contextual. Al seleccionar esta función desde la paleta numérica, el modo por defecto es Add. Al seleccionar esta función desde la paleta booleana, el modo por defecto es OR.

El panel conector muestra los tipos de datos por defecto para esta función polimórfica.

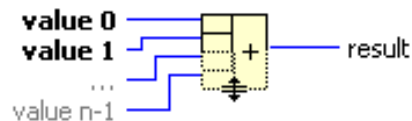


Figura 12-19. Compound Arithmetic.

- **Valor 0..n-1** puede ser un número o valor booleano, un conjunto de números o valores booleanos, un cluster, variedad de grupos, y así sucesivamente. Puede conectar una forma de onda a un solo valor de entrada. Si una entrada es una forma de onda, usted puede tener un número ilimitado de entradas escalares de diferentes tamaños. Si el valor es un cluster de error, sólo el estado de parámetro del cluster de error pasa al terminal de entrada.
- **resultado** devuelve el resultado de la operación seleccionada se aplica a la valor 0..n-1 . Por AND, OR o XOR, resultado devuelve las operaciones bit a bit en las entradas numéricas y operaciones lógicas en las entradas booleanas.

m. TDMS close:

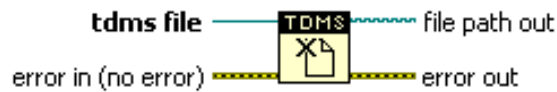


Figura 12-20 TDMS close.

Cierra el archivo .tdms que abrió con la función TDMS open.

Error de E / S opera únicamente en esta función, la cual cierra los .tdms archivo independientemente de si se ha producido un error en una operación anterior.

- **archivo TDMS** especifica un número de referencia a la .tdms archivo en el que realizar la operación. Utilice el TDMS Abrir función para abrir el refnum.
- **Error in** describe las condiciones de error que se producen antes de este nodo se ejecuta. Esta entrada proporciona error estándar en la funcionalidad.
- **Error out** contiene información de error. Esta salida proporciona error cabo norma funcionalidad.

n. While loop:

Repite el código dentro de su subdiagrama hasta que ocurre una condición específica. Un ciclo Mientras ejecuta siempre al menos una vez.

Componentes de un bucle While

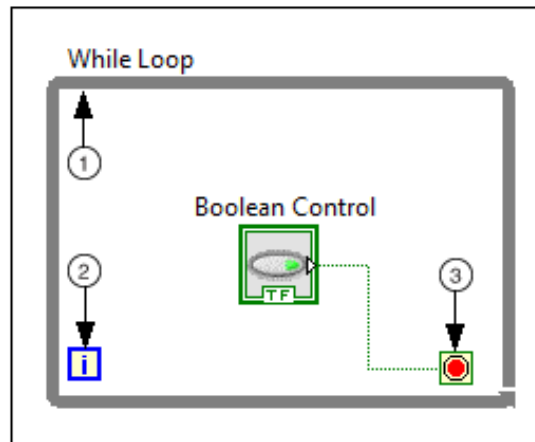


Figura 12-21. while loop.

- ① **Subdiagrama código** -Contiene que el ciclo Mientras se ejecuta una vez por iteración.
- ② **Iteración Terminal (i)** : proporciona la corriente recuento de bucle de iteración. El recuento de bucle siempre empieza en cero para la primera iteración. Si el recuento de iteración excede 2147483647, o $2^{31} - 1$, el terminal de iteración se mantiene en 2147483647 para todas las iteraciones adicionales. Si tiene que llevar la cuenta de más de 2,147,483,647 iteraciones, puede utilizar registros de desplazamiento con un mayor rango de enteros.
- ③ **Condicional Terminal** -evalúa un valor de entrada booleana para determinar si se debe continuar la ejecución del bucle While. Para especificar si el bucle se detiene por un valor booleano VERDADERO o FALSO, configurar el comportamiento de la continuación del bucle. También se puede determinar cuando el bucle se detiene por el cableado de un cluster de error al terminal condicional .

o. DAQmx clear task.VI:



Figura 12-22. DAQmx clear task.

Borra la tarea. Antes de borrar, este VI aborta la tarea, si es necesario, y libera los recursos la tarea reservados. No puede utilizar una tarea tras eliminar a menos que vuelva a crear la tarea.

Si utiliza el DAQmx Crear Tarea VI o el DAQmx Create Virtual Channel VI dentro de un bucle, utilice este VI dentro del bucle después de que haya terminado con la tarea de evitar la asignación de memoria innecesaria. Consulte Creación de tareas y destrucción para obtener más información sobre cuándo utilizar este VI.

p. Simple error handler.VI:

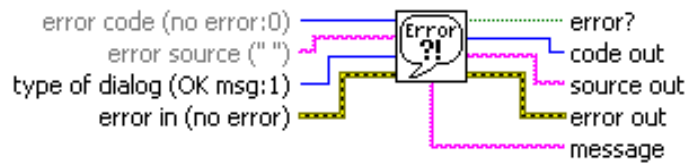


Figura 12-23. simple error handler.

Indica si se ha producido un error. Si se produce un error, este VI devuelve una descripción del error y, opcionalmente, muestra un cuadro de diálogo.

Este VI llama al General Error Handler VI y tiene la misma funcionalidad básica que Handler Error general pero con menos opciones.