

SUBSECRETARÍA DE EDUCACIÓN SUPERIOR
DIRECCIÓN GENERAL DE EDUCACIÓN
TECNOLÓGICA
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ



SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA

SEP

TRABAJO PROFESIONAL

COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO EN ELECTRONICA

QUE PRESENTA:

JOSE ABNER ZEPEDA LOPEZ

CON EL TEMA:

**“CONTROL DE TEMPERATURA CON
HONEYWELL Y TERMOPAR TIPO J”**

MEDIANTE :

**OPCION VII
(MEMORIA DE EXPERIENCIA PROFESIONAL)**

TUXTLA GUTIERREZ, CHIAPAS

MAYO 2016

DEDICATORIAS

A mi familia.

.... En memoria de mis padres!

INTRODUCCION

CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES.....7

1.1 Introducción del proyecto.....	8
1.2 Problemática.....	9
1.3 Justificación.....	9
1.4 Objetivo.....	9
1.5 Delimitación del problema.....	10

CAPÍTULO 2: INVESTIGACIÓN11

2.1 Conceptos básicos.....	12
2.2 Marco teórico.....	16
2.2.1 Electroválvula.....	16
2.2.1.1 Funcionamiento de electroválvulas 2/2 vías.....	17
2.2.2 Termopar.....	18
2.2.2.1 Efecto Peltier.....	19
2.2.2.2 Efecto Thomson.....	19
2.2.2.4 Ley de las temperaturas intermedias.....	20
2.2.2.5 Ley de los metales intermedios.....	20
2.2.2.6 Leyes de los comportamientos de los termopares.....	22
2.2.2.7 Unión de los termopares.....	24
2.2.2.8 Materiales de los termopares.....	24
2.2.2.9 Tipos de termopares.....	25
2.2.2.10 Límites máximos de temperatura.....	29
2.2.2.11 Límites de error de los termopares.....	30
2.2.2.12 Conexión de termopares en serie o paralelo.....	31
2.2.2.13 Características de termopar J y tipos.....	34
2.2.3 Controlador UDC 2500 Honeywell.....	37
2.2.3.1 Características.....	38
2.2.3.2 Controlador de límite superior.....	38
2.2.3.3 Controlador de límite inferior.....	38
2.2.3.4 Pantallas fáciles de leer.....	38

2.2.3.5 Facil de utilizar	389
2.2.3.6 Posibilidad de montaje en cualquier lugar.....	39
2.2.3.7 Consideraciones físicas para su montaje	39
2.2.3.8 Método de montaje	41
2.2.3.9 Instalación eléctrica y cableado.....	41
2.2.4.0 Alimentación desde la red eléctrica	41
2.2.4.1 Puesta a tierra del controlador	42
2.2.4.2 Cableado del circuito de control/alarma	42
CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL PROYECTO.....	43
3.1 Proceso.....	46
3.2 Materiales utilizados	46
3.3 Construcción	46
3.3.1 Cableado y conexión de controlador Honeywell UDC 2500	46
3.3.2 Configuración.....	48
CAPÍTULO IV: PRUEBAS	51
CAPÍTULO V: CONCLUSIÓN.....	56
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	58

INTRODUCCION

El presente trabajo, intenta “dar cuenta” del proceso e implementacion del proyecto denominado “Control de temperatura utilizando Controlador Honeywell UDC 2500” realizado en la empresa MASECA, ubicada en la Ciudad de Ocozocuatla de Espinosa, Chiapas.

En el entendido de que el control de temperatura es parte esencial para la elaboración de la harina de calidad para la elaboracion de harina y esto se tornaba complicado para la empresa MASECA; el proyecto surge como respuesta a esa necesidad de controlar la temperatura adecuada de manera automática, sin alterar el rango establecido.

Dentro de las principales razones que justificaron la realizacion del proyecto es porque las empresas que se dedican a la elaboración de este tipo producto, pueden mejorar la calidad de elaboracion utilizando otros procesos que superen lo manual, apegandose a la normas que las rigen y disminuyendo en gran medida la carga de trabajo para el personal de la empresa.

El texto se estructuró en 5 capítulos, los cuales son; Aspectos generales, Investigación, Pruebas, Desarrollo del proyecto y Conclusiones.

El primer capítulo tiene la intención de dar a conocer las generalidades del proyecto, en él se aborda la problemática, la justificación, los objetivos y la delimitación del problema.

El Capítulo II, El cual denominé “investigación” se abordan los conceptos básicos y todo el marco teórico que aborda ampliamente el tema de las “electroválvulas” y los “termopares”

El capítulo III, se denominó “Desarrollo del proyecto”, en él se especifican todos los materiales utilizados y la implementación del dispositivo electrónico. Se da cuenta además de cómo se realiza el proceso de cableado y conexión de controlador Honeywell UDC y cada uno de los pasos para realizar la configuración.

El “capítulo VI: Pruebas”, se describen y se incluyen graficas de la manera en que se echó a andar el proyecto de Control de temperatura utilizando Controlador Honeywell UDC 2500 en la empresa ya mencionada. El último capítulo se destinaron a las conclusiones.

El avance de la ciencia y la tecnología ha ido permitiendo trabajar en la automatización de ciertos procesos de producción que anteriormente se realizan de manera manual. Esto garantiza que aquellos viejos problemas del hambre que aquejaba nuestra sociedad en siglos pasados, sean solo “tristes recuerdos” de la historia y no un problema de la época actual.

CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES

1.1 Introducción del proyecto

En México el maíz en forma de tortilla se ha consumido desde tiempos ancestrales y ha sido el principal componente de la dieta de los mexicanos durante generaciones. Es posible que alguna vez se haya preguntado ¿De dónde viene la harina de maíz para preparar esta comida? Todo el procedimiento para preparar la harina de maíz desde cero es muy laborioso. Para lograr harinas precocidas de maíz de alta calidad se realiza la cocción del mismo una vez desgerminado y previo a la refinación. Con este tratamiento se logra inactivar o destruir eventuales factores anti nutricionales y mejorar la digestibilidad y la disponibilidad de los diferentes constituyentes bioquímicos. Se trata de un tratamiento del tipo térmico o hidrotérmico, unido a un tratamiento mecánico. El principal interés se centra en desorganizar la estructura cristalina del almidón para alcanzar su estado de gelatinización.

La temperatura a la cual ocurren estos fenómenos se la llama temperatura de gelatinización y está asociada con la ruptura de los puentes secundarios de hidrógeno que mantienen las cadenas de polímeros unidas. La temperatura de gelatinización en el caso de la cebada está en un rango de 59-64°C, para el trigo 65-67°C y para el sorgo entre 67 y 77°C.

Como se puede notar, para obtener la harina que normalmente conseguimos en los supermercados o en la tienda de la esquina, es un proceso que incluye una serie de pasos detallados usando ayuda de maquinaria mecánico-electrónicas para su producción, y justamente del uso y optimización de dicha maquinaria depende gran parte de la calidad de este producto.



1.2 Problemática

El control de temperatura es una parte esencial para la elaboración de harina en excelentes condiciones (buena calidad) y esto se tornó muy complicado para las industrias donde se elabora dicho producto, ya que el control de la temperatura adecuada, tiene que regularse de manera manual y estar constantemente verificando que la temperatura utilizada sea la adecuada y no se altere del rango establecido.

1.3 Justificación

Debido al problema que causa el control de temperatura para la elaboración de harina de excelente calidad, se necesita de un control de temperatura de manera automática ya que esto definitivamente traerá muchos beneficios en las industrias que se dedican a la elaboración de este producto, ya que podría mejorarse la calidad y disminuir en gran medida la carga de trabajo para el personal de la empresa, así como también ayudaría en el reprocesamiento de harina. El reprocesamiento es volver a procesar la harina si esta no cumple con los estándares de calidad que marca la norma, así disminuirá en aproximadamente un 90% el reproceso del producto y de esa manera también se evitara los costos que implica dicho reproceso.

1.4 Objetivo

Implementar un dispositivo que controle y monitoree constantemente la temperatura de forma automática, de esa manera se tratara de que la temperatura sea lo más constante posible y si existe alguna variación o alteración de esta, el circuito alertara de manera visual y audible para que el personal pueda tomar medidas correspondientes y así hacer que el proceso sea más eficiente y obtener un producto de mejor calidad.



1.5 Delimitación del problema

El dispositivo que se desarrollará, será bajo las condiciones y necesidades de una empresa específica (GRUMA SA DE CV.). Todas las adaptaciones y modificaciones que se le realice al prototipo serán únicamente para optimizar el o los tipos de máquinas que dicha empresa utiliza para su producción.

Si dicho dispositivo se pretende utilizar en empresas con objetivos similares, se tendrá que evaluar para obtener una conclusión y así poder realizar las modificaciones necesarias si así lo requiere.



CAPÍTULO 2: INVESTIGACIÓN



2.1 Conceptos básicos

Temperatura: es una magnitud física que refleja la cantidad de calor, ya sea de un cuerpo, de un objeto o del ambiente. Dicha magnitud está vinculada a la noción de frío (menor temperatura) y caliente (mayor temperatura).

La temperatura está relacionada con la energía interior de los sistemas termodinámicos, de acuerdo al movimiento de sus partículas, y cuantifica la actividad de las moléculas de la materia: a mayor energía sensible, más temperatura.

El estado, la solubilidad de la materia y el volumen, entre otras cuestiones, dependen de la temperatura. En el caso del agua a presión atmosférica normal, si se encuentra a una temperatura inferior a los 0°C , se mostrará en estado sólido (congelada); si aparece a una temperatura de entre 1°C y 99°C , se encontrará en estado líquido; si la temperatura es de 100°C o superior, por último, el agua presentará un estado gaseoso (vapor).

La temperatura puede ser medida en varias escalas, una de las escalas más utilizadas es: grados Celsius.

La escala Celsius lleva el nombre de astrónomo sueco Anders Celsius (1701-1744). En 1742, Celsius creó una escala de temperatura en la que 0 grados era el punto de ebullición del agua y 100 grados el punto de congelación.

Alrededor de esa época otros físicos desarrollaron independientemente una escala similar pero a la inversa, de tal manera que 0 grados era el punto de fusión del hielo y 100 grados en el punto de ebullición del agua. Esta nueva escala fue ampliamente



adoptada en todo el continente europeo y, por lo general, se la conoce como la escala centígrada.

La escala fue nombrada oficialmente como "La escala Celsius" en 1948 para evitar confusión con el uso de grados centígrados como una medida angular.

Control: La palabra control proviene del término francés *contrôle* y significa comprobación, inspección, fiscalización o intervención. También puede hacer referencia al dominio, mando y preponderancia, o a la regulación sobre un sistema.

Stephen Robbins define el control como "un proceso de vigilar las actividades para cerciorarse de que se desarrollan conforme se planearon y para corregir cualquier desviación evidente".

Termopar: Es un mecanismo de medida de temperatura que está construido por dos alambres de material diferente A y B conectados a un circuito, unidos en una junta termoeléctrica llamada junta de medición (T1) y cerrado el circuito en otra junta llamada de referencia (T2), un voltímetro de resistencia infinita detecta una fuerza electromotriz "E", o si se conecta a un amperímetro, se mide una corriente "I". La magnitud del voltaje "E" depende de los materiales y de las temperaturas T1 y T2. La corriente "I" es simplemente "E" dividido por la resistencia total del circuito, incluyendo la resistencia del amperímetro. Si se permite que pase la corriente, se genera una potencia eléctrica; que viene de una corriente de calor de los alrededores de los alambres. Así se obtiene la conversión directa de energía térmica en energía eléctrica.

Controlador: es todo aquello que está al mando (un manejador) y puede manipular funciones que a su vez ejecutan una acción. En tecnología un controlador ser un software que permite que el equipo se comunice con hardware o con dispositivos. También puede referirse a un programa informático que permite al sistema operativo interactuar con un periférico, haciendo una abstracción del



hardware y proporcionando una interfaz (posiblemente estandarizada) para utilizar el dispositivo.

Se puede esquematizar al manejador o controlador de dispositivo como un “manual de instrucciones” que le indica cómo debe controlar y comunicarse con un dispositivo en particular.

Harina: Se entiende por harina de maíz al polvo fino que se obtiene moliendo el cereal mediante diferentes métodos, como cultivo tradicional de los pueblos originarios de América es en esta parte del mundo donde se consume más asiduamente, especialmente en Iberoamérica donde es parte fundamental de las cocinas de Colombia, México, Perú, Ecuador y Venezuela.

Nixtamalización: La nixtamalización es el proceso mediante el cual se realiza la cocción del maíz con agua y cal, el cual es utilizado principalmente para la obtención de masa (nixtamal) para la elaboración de tortillas; siendo este proceso de origen mesoamericano. La palabra proviene de nixtamal, preparado cuyo nombre proviene del náhuatl *nextli* ("cenizas de cal") y *tamalli* (masa de maíz cocido);¹ este preparado el cual tiene muchos usos, algunos de origen contemporáneo y otros de origen histórico. Se utiliza principalmente para elaborar harina de maíz, con la que se preparan numerosos platos, como tortillas, tamales y arepas. El nixtamal puede utilizarse fresco o puede secarse para uso posterior. Se utiliza en la preparación de pozole y en la preparación de menudo en diversas regiones de México, sobre todo el elaborado con maíz cacahuazintle; además se utiliza en la preparación de muchos otros alimentos.

Cal: La cal² es un término que designa todas las formas físicas en las que pueden aparecer el óxido de calcio (CaO) y el óxido de calcio y magnesio (CaMgO₂), denominados también, cal viva (o generalmente cal) y dolomía calcinada respectivamente. Estos productos se obtienen como resultado de la calcinación de las rocas (calizas o dolomías). Adicionalmente, existe la posibilidad de



añadir agua a la cal viva y a la dolomía calcinada obteniendo productos hidratados denominados comúnmente cal apagada o hidróxido de calcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) y dolomía hidratada ($\text{CaMg}(\text{OH})_4$).

Otras denominaciones de la cal viva son las siguientes: *Cal*, *Cal aérea*, *Cal de construcción*, *Cal química*, *Cal de albañilería* y *Cal fundente*.

La cal se ha usado, desde la más remota antigüedad, de conglomerante en la construcción; también para pintar (encalar) muros y fachadas de los edificios construidos con adobes o tapial (habitual en las antiguas viviendas mediterráneas) o en la fabricación de fuego griego.

Vapor: puede referirse a lo siguiente:

- vapor: aquel gas que se puede condensar por presurización a temperatura constante o por enfriamiento a presión constante.
- Vapor de agua.
- El vapor como fuente de propulsión o de generación de energía eléctrica o mecánica.
- El vapor o piróscafo, barco impulsado por máquinas de vapor.
- El vapor como método de cocción.
- Vapor, nombre con el que se conocen algunos buques por llevar una máquina de vapor para propulsión naval.
- Vapor de ruedas, buque de vapor con propulsión mediante ruedas laterales.
- Vaporcito o "el Vaporcito de El Puerto", nombre de la motonave que une Cádiz con El Puerto de Santa María a pesar de funcionar con motores de explosión desde hace años.



Contenedor: Un contenedor es un recipiente de carga para el transporte marítimo o fluvial, transporte terrestre y transporte multimodal. Se trata de unidades estancas que protegen las mercancías de la climatología y que están fabricadas de acuerdo con la normativa ISO (*International Organization for Standardization*), en concreto, ISO-668, por ese motivo, también se conocen con el nombre de contenedores ISO.

Los contenedores pueden utilizarse para transportar objetos voluminosos o pesados: motores, maquinaria, pequeños vehículos, etc., o mercancía paletizada. Menos frecuentes son los que transportan carga a granel. Las dimensiones del contenedor se encuentran normalizadas para facilitar su manipulación Normalmente miden entre 2 y 5 metros.

Los contenedores son fabricados principalmente de acero corten, pero también los hay de aluminio y algunos otros de madera contrachapada reforzados con fibra de vidrio

2.2 Marco teórico

2.2.1 Electroválvula

Las electroválvulas son dispositivos que responden a pulsos eléctricos. Gracias a la corriente que circula a través del solenoide es posible abrir o cerrar la válvula controlando, de esta forma, el flujo de fluidos. Al circular corriente por solenoide genera un campo magnético que atrae el núcleo móvil y al finalizar el efecto del campo magnético, el núcleo vuelve a su posición, en la mayoría de los casos, por efecto de un resorte.

Las electroválvulas son más fáciles de controlar mediante programas de software. Es ideal para la automatización industrial.

Las electroválvulas se utilizan en gran número de sistemas y rubros industriales que manejan fluidos como el agua, el aire, el vapor, aceites livianos, gases neutros y otros. En particular, las electroválvulas suelen implementarse en lugares de difícil acceso

ya que pueden ser accionadas por medio de acciones eléctricas. También son utilizadas en vacío o hasta en altas presiones y altas temperaturas.

Las electroválvulas se aplican a surtidores automáticos de combustibles, irrigación de parques, fuentes de agua danzantes, dosificadores de líquidos o gases, regulación de niveles de líquidos, en máquinas envasadoras, lavaderos automáticos de autos, máquinas de limpieza, procesos de niquelado o galvanizado, en máquinas de café y en muchos lugares más.

2.2.2.1 Funcionamiento de electroválvulas 2/2 vías

El funcionamiento de dicha válvula es muy simple, cuando al solenoide se le aplica un voltaje el núcleo se mueve, permitiendo el fluido de la sustancia o vapor.

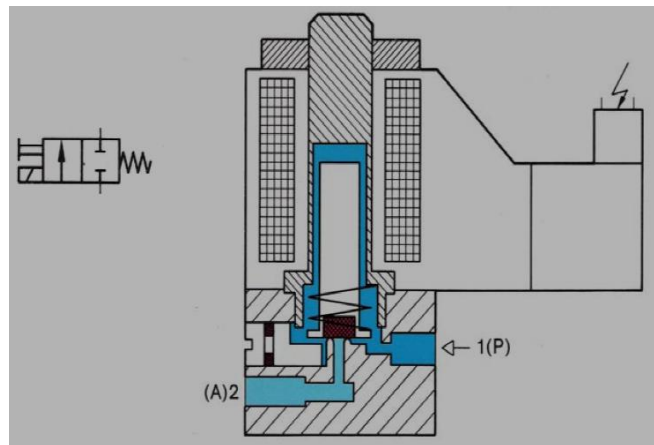


Imagen 2. Esta cerrada en posición de reposo, entre la posición 1(P) y 2(A) esta cerrado el paso por un nucleo

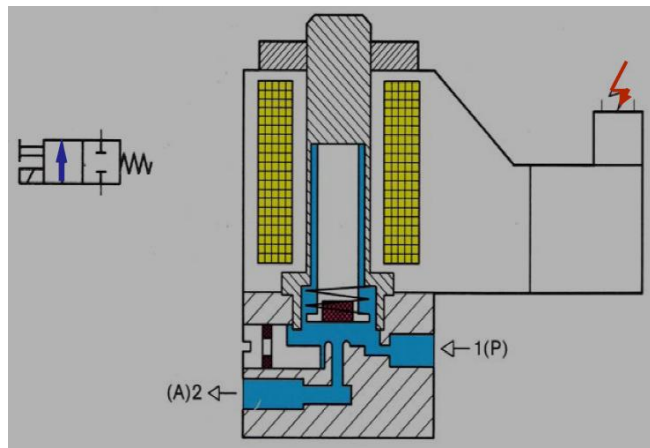


Imagen 3. Cuando se aplica tensión al solenoide el núcleo es atraído abriendo paso entre 1(P) y 2(A)

Nota: cuando se desconecta la tensión, el núcleo adopta su posición inicial por medio de un resorte recuperador.

2.2.2 Termopar

Es un mecanismo de medida de temperatura que está construido por dos alambres de material diferente A y B (*fig. 1*), unidos en una junta termoeléctrica llamada junta de medición y cerrado el circuito en otra junta llamada de referencia T, un voltímetro de resistencia infinita detecta una fuerza electromotriz¹ “E”, ó si se conecta a un amperímetro, se mide una corriente “I”. La magnitud del voltaje “E” depende de los materiales y de las temperaturas T.

La corriente “I” es simplemente “E” dividido por la resistencia total del circuito², incluyendo la resistencia del amperímetro. Si se permite que pase la corriente, se genera una potencia eléctrica; que viene de una corriente de calor de los alrededores de los alambres. Así se obtiene la conversión directa de energía térmica en energía eléctrica. El efecto es reversible, de manera que obligando a pasar una corriente de una fuente exterior a través de un circuito termoeléctrico produciría una corriente de calor hacia y del circuito.

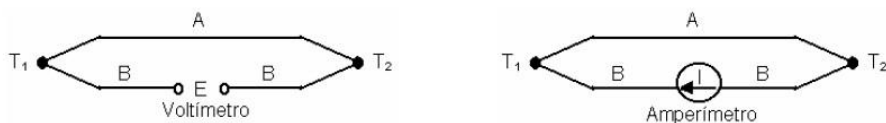


Figura 1. Representación de termopar.

En la práctica, la junta de medición es la junta del termopar que está sometida a la temperatura que se quiere medir y la junta de referencia es la unión que está a temperatura conocida o cuya temperatura es automáticamente compensada y normalmente es transferida al instrumento por medio del cable de extensión.

La relación entre el voltaje “E” y la temperatura T_1 y T_2 , que es la base de la medida termoeléctrica de la temperatura, se llama efecto Seebeck. En 1821, Seebeck observó que cuando fundía un alambre de cobre a uno de hierro y calentaba el extremo fundido, obtenía una fuerza electromotriz (fem). También descubrió que fluía una corriente del cobre al hierro en el extremo o terminal calentado. Esta fue la primera observación de la que se tiene conocimiento del fenómeno de la corriente termoeléctrica. Los descubrimientos posteriores revelaron que el flujo de corriente observado por Seebeck se debía, aparentemente, a dos causas independientes. Cada una de ellas recibió el nombre de los científicos que las descubrieron. Hoy en día, estas dos fuentes de fem se conocen como *efecto Peltier* y *efecto Thomson*.

2.2.2.1 Efecto Peltier

Siempre que se someta a temperaturas fluctuantes a la unión de un termopar se producirán cambios en el valor de la fem (mili voltaje) generado que es dependiente únicamente, de la temperatura en la junta de medición T , pero no existe ninguna garantía de que lo haga en modo uniforme.

2.2.2.2 Efecto Thomson



Existe un potencial en un alambre de material homogéneo cuando uno de los extremos está a una temperatura mayor que el otro. La teoría que se utiliza para explicar este fenómeno no concuerda exactamente con todos los efectos experimentales observados.

Otras leyes termoeléctricas relacionadas con el funcionamiento del termopar son la ley de las temperaturas intermedias y la ley de los metales intermedios.

2.2.2.4 Ley de las temperaturas intermedias

La suma de la fem de un termopar con su junta fría a 0°C y su junta caliente a una temperatura T , más la fem de un termopar con su junta fría a la temperatura T y su junta caliente a la temperatura de medición, es igual a la fem de un termopar con su junta fría a 0°C y su junta caliente a la temperatura de medición.

2.2.2.5 Ley de los metales intermedios

Cuando la junta caliente y el instrumento están distantes es necesario introducir cables de extensión de otra naturaleza que el termopar, esto aparentemente provocaría alteraciones en la respuesta. Esta ley nos indica que el valor de la fem se mantendrá constante, siempre que el tercer metal no esté sujeto al efecto Thomson, es decir, que la temperatura a lo largo de él se mantenga constante.

La fuerza electromotriz (fem) producida está formada en su totalidad por una parte debido al efecto Peltier, que se localiza en cada unión, y por otra (usualmente mucho menor), causada por el efecto Thomson, que se distribuye a lo largo de cada conductor entre las uniones. Se supone que la fem del efecto Peltier es proporcional a la temperatura de la unión, mientras que la fem por efecto Thomson son proporcionales a la diferencia entre los cuadrados de las temperaturas de las uniones. Para el voltaje total, la ecuación toma la forma de:

$$E = C_1(T_1 - T_2) + C_2(T_1^2 - T_2^2) \quad \dots\dots\dots (Ecuación 1)$$

En donde:

E = Fem del termopar en mili Volts.

T = Temperaturas de la unión en grados Kelvin.

C1 y C2 = Constantes que dependen del tipo de metal o aleación.

Desafortunadamente, las suposiciones que se hicieron en el análisis mediante el cual se dedujo la ecuación, no se satisface con exactitud en la práctica, por lo tanto, no pueden usarse comúnmente para predecir con precisión las temperaturas de los voltajes medidos; más bien, los materiales para los pares termoeléctricos deben calibrarse dentro del intervalo completo de temperatura en el que se va a usar. En esta calibración solo interesa el voltaje total, y las contribuciones separadas de los efectos Peltier y Thomson no se determinan. Por tanto, la medida de temperatura por medios termoeléctricos se basa en calibraciones “empíricas” y en la aplicación de las llamadas “leyes” termoeléctricas cuya validez ha demostrado la experiencia. Estas leyes que se dan enseguida, son adecuadas para el análisis de la mayor parte de los circuitos prácticos de los termopares. En estos casos, donde la configuración del circuito no conduce por si misma a la aplicación directa de estas leyes, existen otros procedimientos que pueden emplearse como alternativas.

2.2.2.6 Leyes de los comportamientos de los termopares

Las leyes de comportamiento de los termopares pueden enunciarse en la *figura 1.1*:

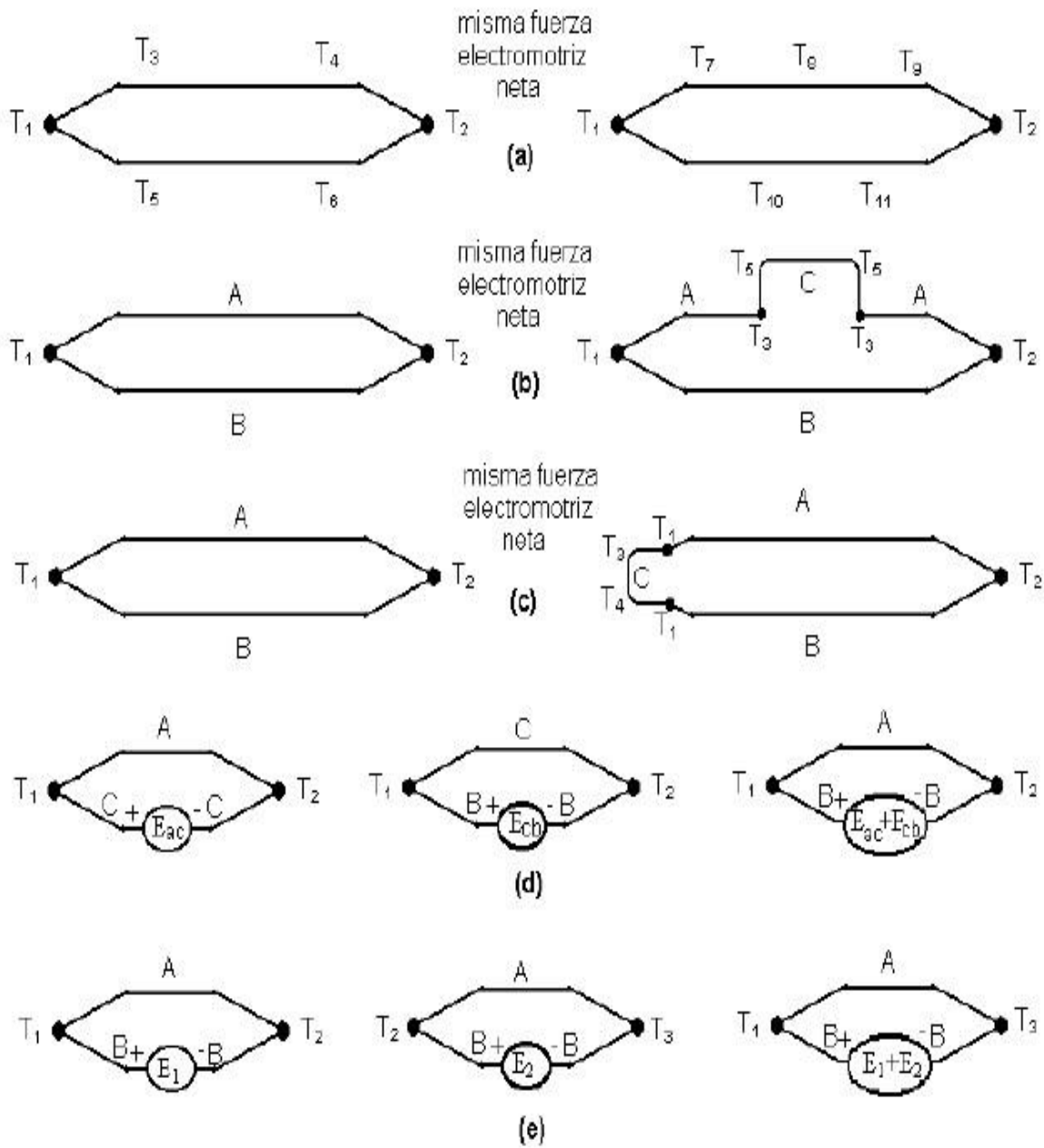


Figura 1.1 Ley de comportamiento de os termopares



- (a) La fem de un termopar con uniones T1 y T2 resulta totalmente inafectada por la temperatura en todo el circuito si los dos metales que se usan son homogéneos.
- (b) Si se inserta un tercer metal homogéneo C en A y B, mientras las dos uniones termoeléctricas nuevas estén a temperaturas iguales, la fem neta del circuito permanece invariable, cualquiera que sea la temperatura de C fuera de las uniones.
- (c) Si se inserta C entre A y B en una de las uniones, la temperatura de C en cualquier punto fuera de las uniones AC y AB están ambas a la temperatura T1, la fem neta es la misma que si C no estuviera allí.
- (d) Si las fem's de los metales A y C es EAC y la de los metales B y C es EBC, la fem térmica de los metales A y B es EAC + ECB.
- (e) Si un termopar produce la fem E1 cuando sus uniones están a T1 y T2 y E2 cuando están a T2 y T3, producción E1 + E2 cuando las uniones estén en T1 y T3.

Estas leyes son de gran importancia en la aplicación práctica de los termopares.

La ley (a) dice que los alambres que conectan las dos uniones pueden exponerse con seguridad a una temperatura desconocida y variable sin afectar el voltaje producido. La ley (b) y (c) permiten insertar un aparato para medir voltaje dentro del circuito, en realidad para medir la fem más bien que para hablar de su existencia. Es decir, el metal C representa el circuito interno (usualmente todo el cobre en los instrumentos precisos) entre los bornes de presión de un mili voltímetro o un potenciómetro. El instrumento puede conectarse de dos maneras, como se muestra en la figura 1.1 (b) y figura 1.1 (c). La ley (c) demuestra también que las uniones del termopar pueden soldarse (introduciendo un tercer metal) sin afectar las lecturas. La ley (d) demuestra que todos los pares posibles de metales no es necesario calibrarlos, ya que cada uno de los metales individuales pueden usarse en pares con un patrón (se usa platino) y se calibra, más adelante profundizaremos en este tema. La ley (e) como podemos notar, nos estamos refiriendo a la ley de las temperaturas intermedias.

2.2.2.7 Unión de los termopares

Existen dos tipos de uniones de los termopares; una consiste en presionar los dos metales entre sí (*figura 1.2a*) y la otra une los metales mediante soldadura (*figura 1.2b*), estos dos tipos de uniones dan voltajes idénticos. Si se deja pasar corriente, las corrientes que pasan pueden ser diferentes, ya que la resistencia del contacto difiere con los diferentes métodos de unión. La unión que más se usa es la de soldadura (ya sea la de gas o la eléctrica), aunque en los pares de cobre y constantán³ se usa tanto la soldadura de plata como la soldadura blanda (con bajas temperaturas solamente).

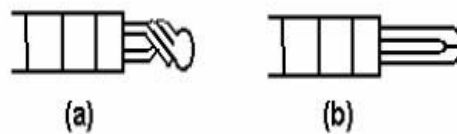


Figura 1.2 Unión de termopares

2.2.2.8 Materiales de los termopares

En aplicaciones industriales, la elección de los materiales empleados para fabricar un termopar depende del rango de temperatura que se va a medir, del tipo de atmósfera a la que estará expuesto el material y de la precisión requerida en la medición.

El material de los termopares se debe seleccionar por su buena resistencia a las atmósferas corrosivas y oxidantes y el rango de temperatura que se va a usar, por su resistencia al cambio de características que afecten su calibración, por estar



libres de corrientes parásitas y por permitir la consistencia en las lecturas dentro de los límites de precisión requeridos.

2.2.2.9 Tipos de termopares

Los termopares están clasificados por tipos de calibración ya que difieren en sus curvas de Fem vs. Temperatura. Algunos generan considerablemente más voltaje a menor temperatura, mientras que otros no comienzan a desarrollar un voltaje significativo hasta que están sometidos a altas temperaturas. Adicionalmente, los tipos de termopar tienen diferentes tipos de compatibilidad con las diferentes atmósferas. La reacción química entre ciertas aleaciones de los termopares y la aplicación en la atmósfera podría causar degradación metalúrgica. Los tipos de termopar normalmente usados en aplicaciones industriales, se identifican con una letra originalmente asignada por la Instrument Society of America (I.S.A.) y nuevamente adoptada como Estándar por el ANSI-MC96.1-1975.

Los tipos de termopar se muestran en la Tabla 1. Adicionalmente, hay algunos tipos de termopares que no están considerados en la simbología de la ANSI, esos tipos de termopar están constituidos por aleaciones de tungsteno y tungsteno-renio. Generalmente para utilizarlos en la medida de altas temperaturas, estos son una alternativa económica en comparación al basado en platino y sus respectivas aleaciones, pero si limita al uso en atmosferas no oxidantes e inertes.

Tipo de termopar	Composición química	Rango de aplicación usual (°C)	Notas
B	Platino 30% Rodio (+) Platino 6% Rodio (-)	1370 a 1700	Fácilmente contaminado, requiere protección.
C*	Tungsteno 5% Renio (+) Tungsteno 26% Renio (-)	1650 a 2315	Sin resistencia a la oxidación. Vacío, hidrógeno ó atmósferas inertes.
E**	Cromel (+) Constantán (-)	95 a 900	No someterlo a la corrosión en temperaturas criogénicas ⁴ .
J	Hierro (+) Constantán (-)	95 a 760	Recomendado en atmósferas reductoras. El cable de hierro se somete a la oxidación en altas temperaturas - Usar un calibre grueso para compensar.
K**	Cromel (+) Alumel (-)	95 a 1260	Satisface en atmósferas oxidantes.
N	Nicrosil (+) Nisil (-)	650 a 1260	Para uso general, mejor resistencia a la oxidación y al sulfuro que el tipo "K".
R	Platino 13% Rodio (+) Platino (-)	870 a 1450	Recomendado en atmósferas oxidantes. Fácil de contaminarse, requiere protección.
S	Platino 10% Rodio (+) Platino (-)	980 a 1450	Patrón de laboratorio, altamente reproducible. Fácil de contaminarse, requiere protección.
T**	Cobre (+) Constantán (-)	-200 a 350	El más estable en rangos de temperatura criogénica. Excelente en atmósferas reductoras y oxidantes dentro del rango de temperatura.

Tabla 1. Tipos de termopares

* Sin símbolo ANSI.

** También conveniente para aplicaciones criogénicas de -200 a 0° C.



Tipo "E".

El termopar tipo "E" es adecuado para usarse a temperaturas de hasta 900° C (1650° F) en atmósferas reductoras medio oxidantes, inertes y al vacío. En temperaturas criogénicas el termopar no está sujeto a la corrosión. Este termopar tiene la fem más grande por grado de todos los termopares usados comúnmente.

Tipo "J".

El termopar tipo "J" puede ser usado expuesto o aislado, donde haya una deficiencia de oxígeno libre. Para una larga vida y limpieza de este, se recomienda usar un tubo protector. Ya que el alambre de hierro (JP) se oxidara rápidamente sobre temperaturas de 540° C (1000° F), Es recomendado usar un alambre de calibre grueso para compensar. La máxima temperatura de operación recomendada es de 760° C (1400° F).

Tipo "K".

De acuerdo a su confiabilidad y su precisión, el termopar tipo "K" es usado extensamente en temperaturas de hasta 1260° C (2300° F). Es bueno proteger este tipo de termopar con un adecuado tubo protector de metal o cerámica, especialmente en atmósferas reductoras. En atmósferas oxidantes, así como un horno eléctrico, el tubo protector no es siempre necesario cuando otras condiciones son adecuadas, este es necesario solamente para la limpieza del termopar y protección mecánica en general.

Tipo "N"

Este termopar basado en aleación de níquel es usado principalmente en altas temperaturas de hasta 1260° C (2300° F). El termopar tipo N en comparación con el tipo K puede proveer una mejor resistencia a la oxidación en altas temperaturas y una vida más amplia en donde el sulfuro este presente.



Tipo “T”

Este termopar puede ser usado tanto en atmósferas oxidantes como reductoras, sin embargo para una larga vida se recomienda utilizar un tubo protector. Ya que por su estabilidad en bajas temperaturas, es un termopar superior para una amplia variedad de aplicaciones en temperaturas bajas y criogénicas.

Tipo “R”, “S” y “B”

La temperatura máxima de operación recomendada para los tipos R y S es de 1450° C (2640° F); El tipo B se recomienda para usarse hasta 1700° C (3100° F). Este tipo de termopar es muy fácil de contaminarse. Particularmente las atmósferas reductoras dañan a este tipo de termopares. Los termopares de metales nobles deben siempre estar protegidos.

Tipo “C”

Este termopar de metal refractario puede ser usado hasta temperaturas de hasta 2315° C (3100° F). Debido a que no tiene ninguna resistencia a la oxidación, su uso es restringido al vacío, hidrógeno y a atmósferas inertes.

Las relaciones temperatura – Fem. de cada uno de estos tipos de termopares, están reportadas en la tabla del Instituto Americano de Estándares, ANSI MC96.1-1975. Para darnos una idea de los valores, estos son indicados en forma gráfica en la *figura 1.3*:

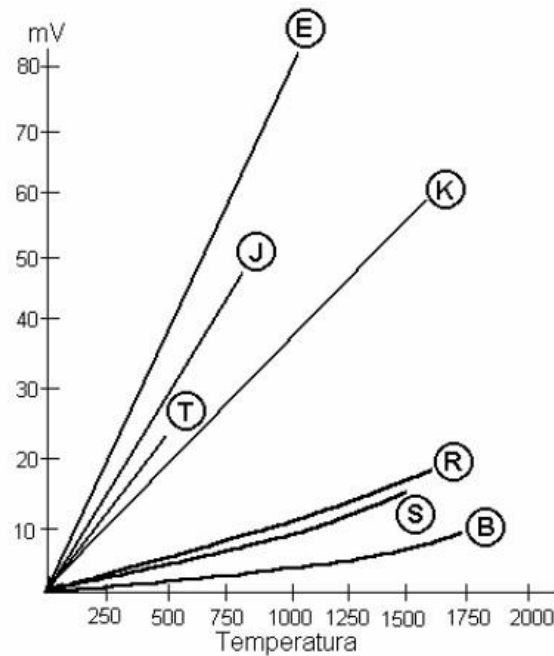


Figura 1.3 Relaciones tem-Fem de cada uno de los tipos de termopares.

2.2.3.10 Límites máximos de temperatura

La tabla 1.1 que se muestra a continuación nos proporciona los límites superiores de temperatura de varios elementos con sus respectivos calibres de alambres. Estos límites se aplican para elementos protegidos. Estos datos no aplican para los elementos termopar en blindajes metálicos, aisladas con material compactado (Aeropak). En operaciones reales, puede haber instancias donde los límites de temperatura recomendados puedan ser excedidos. Igualmente existen aplicaciones donde no será obtenida satisfactoriamente la vida de los elementos en los límites de temperatura recomendados.



De cualquier modo, en general, los límites de temperatura listados son como proveer la vida de los elementos satisfactoriamente cuando los alambres son operados en esa temperatura continuamente.

TERMOPAR TIPO	CALIBRES AWG = (mm)				
	8 = 3.25	14 = 1.63	20 = 0.81	24 = 0.51	28 = 0.33
T	***	370° C	260° C	200° C	150° C
J	760° C	590° C	480° C	370° C	320° C
E	860° C	650° C	540° C	430° C	430° C
K	1260° C	1090° C	980° C	870° C	760° C
R	***	***	***	1480° C	***
S	***	***	***	1480 ° C	***
B	***	***	***	1700° C	***
N	1260° C	1090° C	980° C	870° C	760° C

Tabla 2. Límites superiores de temperatura y calibres de alambres.

2.2.3.11 Límites de error de los termopares

Sobre los valores nominales de temperatura y Fem, reportados por las tablas, se admite una tolerancia o sea un límite de error que es la máxima desviación permisible en grados centígrados de los valores estándar de temperatura-Fem para



TERMOPAR TIPO	TEMPERATURA °C	LÍMITES DE ERROR	
		GRADO ESTANDAR *	GRADO ESPECIAL *
T	0 a 350	±1.0° C o ±0.75%	±0.5° C o ±0.4%
J	0 a 760	±2.2° C o ±0.75%	±1.1° C o ±0.4%
E	0 a 900	±1.7° C o ±0.5%	±1.0° C o ±0.4%
K	0 a 1250	±2.2° C o ±0.75%	±1.1° C o ±0.4%
R	0 a 1450	±1.5° C o ±0.25%	±0.6° C o ±0.1%
S	0 a 1450	±1.5° C o ±0.25%	±0.6° C o ±0.1%
B	870 a 1700	±0.5%	***
N	0 a 1250	±2.2° C o ±0.75%	±1.1° C o ±0.4%
T	-200 a 0	±1.0° C o ±1.50%	±0.5° C o ±0.8%
E	-200 a 0	±1.7° C o ±1.0%	±1.0° C o ±0.5%
K	-200 a 0	±2.2° C o ±2.0%	***

Tabla 3. Límites de error según la norma ANSI MC96.-1975

2.2.3.12 Conexión de termopares en serie o paralelo

Varios termopares se pueden conectar juntos, en serie o en paralelo, a fin de obtener funciones útiles. La conexión en serie con todas las juntas de medición a una temperatura y las juntas de referencia a otras se utiliza principalmente como medio para aumentar la sensibilidad (*figura 1.4*).

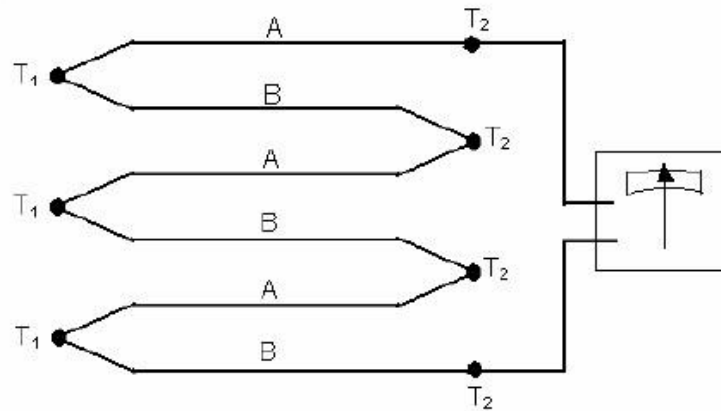


Figura 1.4 Conexión en serie de junta de medición

A este arreglo se le llama pila termoeléctrica y la salida de n termopares es n veces mayor que la de un solo par. En este tipo de conexiones la fem total desarrollada es la suma de la de los termopares individuales usados. La resistencia total es la suma de las resistencias individuales. Esto se expresa algebraicamente como lo muestran las ecuaciones 1.1 y 1.2.

..... (Ecuación 1.1)

$$E_m = E_1 + E_2 + E_3 + \dots + E_n$$

..... (Ecuación 1.2)

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

En donde:

E_m = Diferencia de potencial en el mili voltímetro.

$E_{1, 2, 3, \dots, n}$ = Potencial desarrollado por cada termopar usado.

R_T = Resistencia total.

$R_{1, 2, 3, \dots, n}$ = Resistencia de cada termopar usado.

La temperatura promedio del sistema o el proceso se encuentra dividiendo la fem total (E_m) entre el número de termopares utilizados (n). Este arreglo proporciona más sensibilidad, pero puede ser menos preciso debido a la incertidumbre que hay por falta de homogeneidad de los termopares.

Los termopares múltiples, conectados en paralelo (figura 1.5) se deben conectar directamente a las dos terminales comunes en que se mide la fem neta.

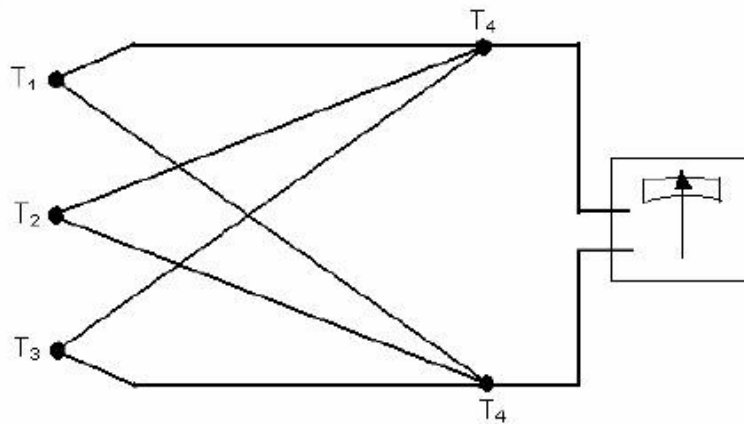


Figura 1.5 Termopares conectados en paralelo.

Este arreglo mide la fem promedio, se manera que debe tenerse cuidado de mantener a los termopares tan parecidos como los permita la medición. En un arreglo en paralelo, las resistencias del medidor indicador y la de la línea afectan la lectura o la indicación del potencial, como lo muestra la ecuación 1.3.

$$E_m = \left(\frac{e_1}{r_1} + \frac{e_2}{r_2} + \frac{e_3}{r_3} + \dots + \frac{e_n}{r_n} \right) \left[\frac{R_m}{1 + (R_m + R_l)(1/r_1 + 1/r_2 + 1/r_3 + \dots + 1/r_n)} \right] \dots \text{(Ecuación 1.3)}$$

En donde:

E_m = Diferencia de potencial en el medidor indicador.

R_m = Resistencia del medidor indicador.

R_l = Resistencia de la línea del circuito.

$r_1, 2, 3, \dots, n$ = Resistencia de las unidades independientes.

$E_1, 2, 3, \dots, n$ = Potencial generado por cada unidad.

Se debe establecer una unión de referencia tanto en el arreglo en serie como en el de paralelo con el objeto de obtener mediciones de temperaturas exactas.

La aplicación más común del arreglo en serie es en los pirómetros de radiación total, mientras que en el arreglo en paralelo se usaba en lugares donde se requería que la temperatura fuera homogénea (ejemplo cámaras humidificadoras).

2.2.3.13 Características de termopar J y tipos.

El rango de utilización de los termopares tipo J (Fe-Kons) está entre 0°C y 800°C en función del tipo de construcción a realizar. Para los termopares con salida a cable la temperatura máxima recomendable es de 300°C estando muy condicionada por el tipo de cable de extensión utilizado. En el caso de los termopares con cabezal de conexiones, no existe esta limitación y es posible llegar a trabajar hasta 800°C como

temperatura máxima. Las vainas de protección que se utilizan están fabricadas en acero inoxidable. En ciertas construcciones es necesario utilizar termopares encamisados, también llamados mantel, en los que el hilo de termopar, simple o doble, está aislado de la protección metálica exterior por óxido de magnesio prensado. Los materiales habituales de estas protecciones son aceros inoxidable y aceros refractarios. En las siguientes imágenes (figuras 1.5a-1.5f) se pueden observar los tipos de termopar J.

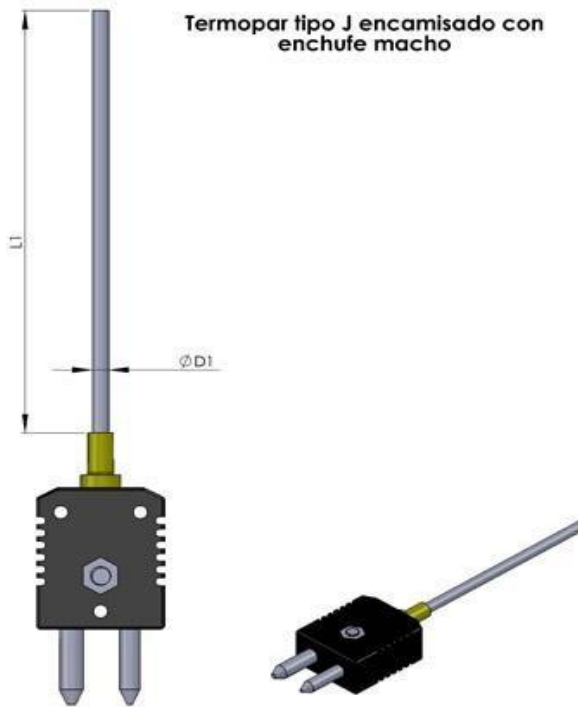


Figura 1.5a

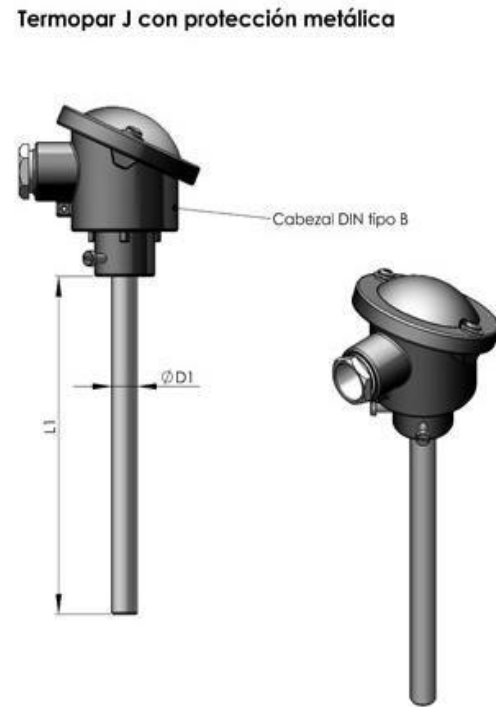


Figura 1.5b

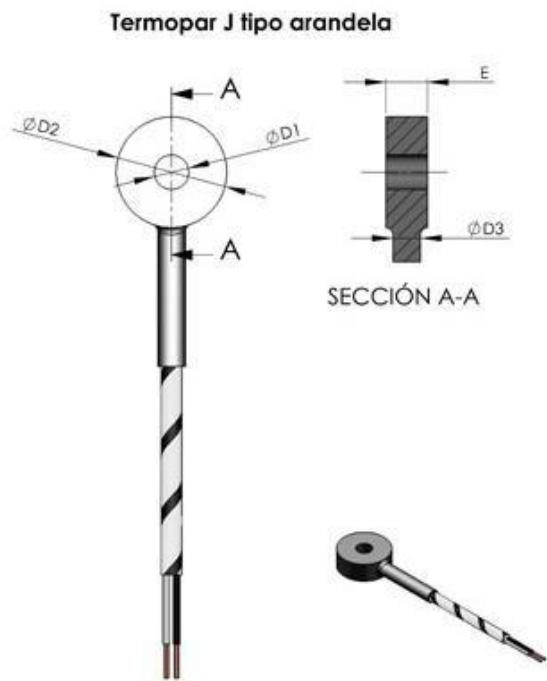


Figura 1.5c

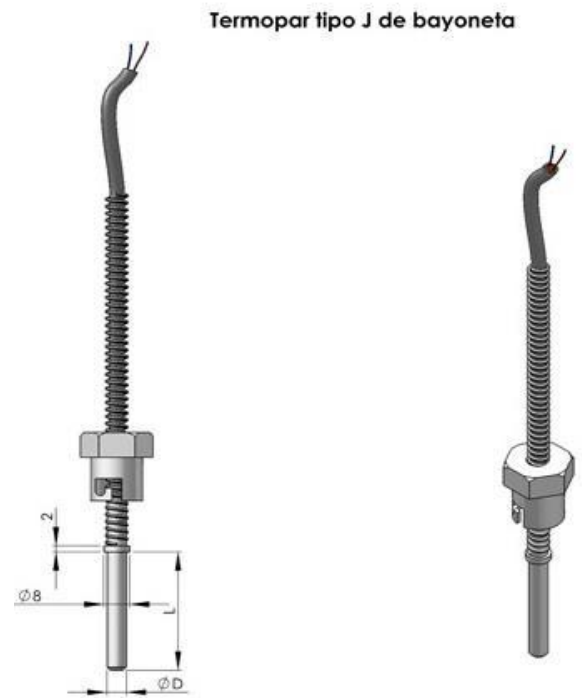


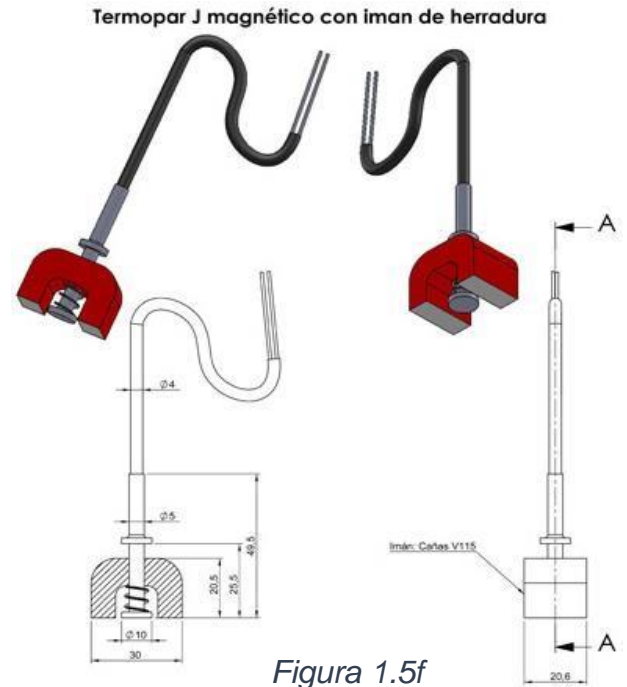
Figura 1.5d

2.2.3 Controlador UDC 2500 Honeywell

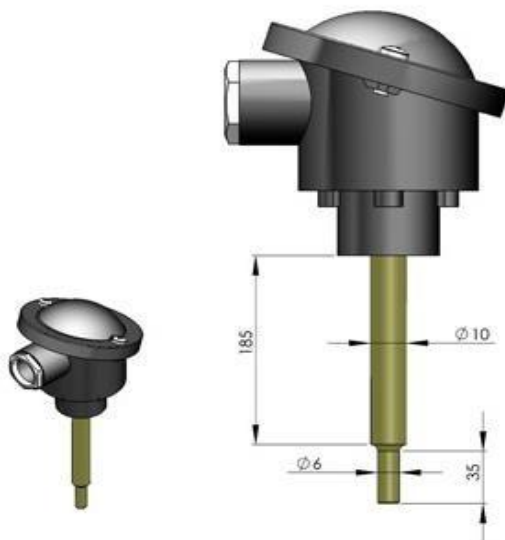
Los controladores de control de límite UDC2500 aceptan señales de entrada de varios tipos de sensores externos, como termopares (T/C) y detectores de temperatura de resistencia (RTD). Acondicionan estas señales, según sea necesario, para obtener el valor de la variable de proceso (PV) equivalente que acciona diversos circuitos del controlador.

La señal de la PV equivalente se compara con el punto de consigna de control de *Figura 1.5e* límite, y cualquier señal de error recibida del

amplificador diferencial desactiva la bobina de un relé de salida de límite electromecánico unipolar de doble carrera (SPDT).



Termopar tipo J con protección metálica de alta dureza



Cuando se desactiva, el relé de salida se “bloquea” y permanece en ese estado hasta que la señal de salida de la PV desciende por debajo del punto de consigna de límite superior o asciende por encima del punto de consigna de límite inferior y el controlador se reinicializa manualmente desde el teclado o desde una ubicación remota (opción de entrada de contacto).

El contacto del relé de salida termina en el terminal posterior del controlador en el que se realizan las conexiones de



cableado de campo adecuadas. Un mensaje “LIMIT” parpadeante en la pantalla inferior indica que el relé de salida está desactivado.

2.2.3.1 Características

- Fuente de alimentación de 90–264 V c.a. o 24 V c.a./c.c.
- Aislamiento de entradas/salidas
- Entradas digitales/salida de corriente auxiliar aislada
- Comunicaciones Modbus® RS-485 o Ethernet TCP/IP

2.2.3.2 Controlador de límite superior

Cuando la señal de entrada de la PV se encuentra por debajo del punto de consigna de límite, se activa el relé de salida. Si la señal de la PV supera el punto de consigna de límite, se desactiva el relé de salida y aparece el mensaje parpadeante “LIMIT” en la pantalla.

Cuando la señal de la PV vuelve a un valor inferior al punto de consigna de límite, el controlador se puede reinicializar manualmente mediante la tecla RESET o la opción de entrada de contacto.

2.2.3.3 Controlador de límite inferior

Cuando la señal de entrada de la PV se encuentra por encima del punto de consigna de límite, se activa el relé de salida. Si la señal de la PV desciende por debajo del punto de consigna de límite, se desactiva el relé de salida y aparece el mensaje parpadeante “LIMIT” en la pantalla.

Cuando la señal de la PV vuelve a un valor superior al punto de consigna de límite, el controlador se puede reinicializar manualmente mediante la tecla RESET o la opción de entrada de contacto.



2.2.3.4 Pantallas fáciles de leer

Gracias a las pantallas fluorescentes de vacío específicas con mensajes en varios idiomas, la interfaz del operador es muy fácil de leer, de comprender y de manejar. Las secuencias programadas de pantallas aseguran la introducción rápida y exacta de todos los parámetros configurables.

2.2.3.5 Fácil de utilizar

Basta con pulsar una serie de botones para seleccionar la configuración de entrada y de rango, definir los parámetros operativos que se adapten a sus necesidades actuales de control de procesos y modificarlos más adelante para satisfacer nuevas necesidades.

2.2.3.6 Posibilidad de montaje en cualquier lugar

Este instrumento está pensado para aplicaciones de control industrial. Debe montarse en un panel con los terminales de cableado alojados en el interior del panel. El instrumento es resistente al medio ambiente y, siempre que esté adecuadamente protegido, se puede montar en cualquier lugar de la planta o fábrica, en una pared o incluso en la propia máquina procesadora. La parte frontal está clasificada como NEMA3 e IP55 y se puede actualizar fácilmente a NEMA4X e IP66 para utilizarse en las aplicaciones de lavado con chorro más rigurosas. Soporta temperaturas ambiente de hasta 55 °C (133 °F) y resiste los efectos de las vibraciones y los golpes.

2.2.3.7 Consideraciones físicas para su montaje

El controlador puede montarse sobre un panel vertical o inclinado utilizando el kit

de montaje suministrado. Se debe disponer de espacio de acceso adecuado en la parte posterior del panel para poder realizar las operaciones de instalación y servicio.

- En la Figura 1.6 se muestran las dimensiones globales y los requerimientos de corte del panel para el montaje del controlador.
- La caja de montaje del controlador debe conectarse a tierra de acuerdo con las disposiciones de la CSA, norma C22.2 n° 0.4, o Factory Mutu al Class n° 3820 párrafo 6.1.5.

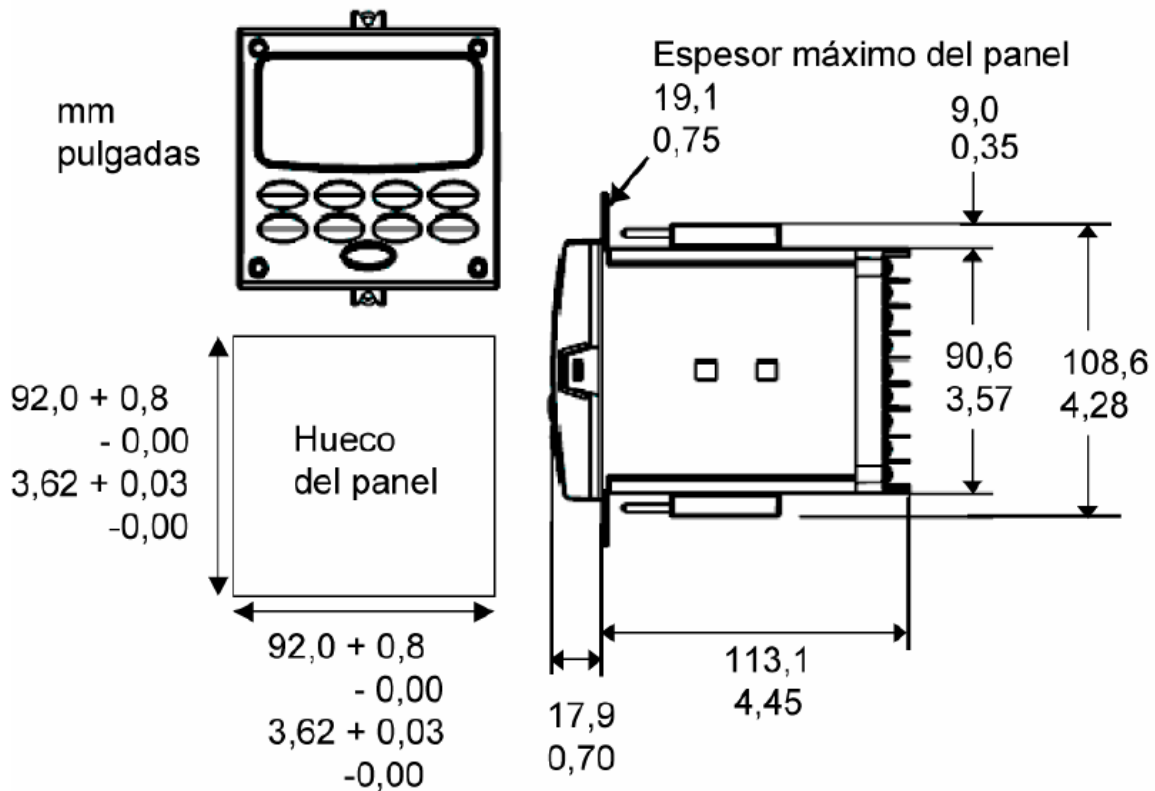


Figura 1.6 Dimensiones de montaje (no a escala)

2.2.3.8 Método de montaje

Antes de montar el controlador, remítase a la placa de identificación situada en el exterior de la caja y anote el número de modelo. Este número será útil más tarde, cuando se elija la configuración de cableado adecuada.

2.2.3.9 Instalación eléctrica y cableado



2.2.4.0 Alimentación desde la red eléctrica

Este equipo puede conectarse a una red eléctrica de 90 a 264 V CA o de 24 V CA/CC, 50/60 Hz. Es responsabilidad del usuario proporcionar como parte de la instalación un conmutador y uno o varios fusibles de alta capacidad de interrupción, acción rápida y sin retardo (Norteamérica) o de tipo F (Europa) de 1/2 A, 250 V, o un disyuntor para aplicaciones de 90-264 V CA, o un disyuntor o un fusible de 1 A, 125 V, para aplicaciones de 24 V CA/CC. Este conmutador o disyuntor estará situado cerca del



controlador, y el *OPERADOR* podrá acceder fácilmente a él. El conmutador o disyuntor estará marcado como el dispositivo de desconexión del controlador.

2.2.4.1 Puesta a tierra del controlador

La CONEXIÓN DE PROTECCIÓN (puesta a tierra) de este controlador y de la caja en la que se instala debe ajustarse a los reglamentos nacionales y locales en materia de electricidad. Para reducir al mínimo el ruido eléctrico y las perturbaciones transitorias que pueden afectar de forma adversa al sistema, se recomienda establecer una conexión complementaria de la caja del controlador con la tierra local, utilizando un conductor de cobre nº 12 (4 mm²).

2.2.4.2 Cableado del circuito de control/alarma

Se debe calcular el aislamiento de los hilos conectados con los terminales de control / alarma para la más alta tensión posible. El cableado de tensión extra baja (ELV) (entrada, salida de corriente y circuitos de control y alarma de baja tensión) debe estar separado del cableado PELIGROSO CON CORRIENTE (>30 V CA, 42,4 Vico, o 60 V CC) de acuerdo con lo indicado en la Tabla 2-5, Mazos de cableado admisibles.

Nota: La aplicación de 90-264 V CA a un instrumento diseñado para funcionar a 24 V CA/CC causará daños graves al instrumento y representa un riesgo de humo y de incendio.



CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL PROYECTO

3.1 Proceso:

En breve se explica el proceso que se ejecuta en dicha industria para poder obtener la harina, y de esta manera conseguir una idea más clara acerca de la optimización que se pretende realizar con el sensor de temperatura y el controlador.

El siguiente es un diagrama en donde se explica el proceso de nixtamalización:

En la imagen se puede apreciar el contenedor donde se lleva a cabo el proceso de nixtamalización, este está dividido o seccionado en cuatro cámaras, el maíz pasa por cada una de ellas para su proceso de cocción y cada una de las cámaras se encuentra con una temperaturas diferentes, ya que el proceso de nixtamalización así lo requiere, el maíz recorre de la cámara 1, hasta la cámara 4 que es donde se termina la cocción y el nixtamal pasa a otro proceso.

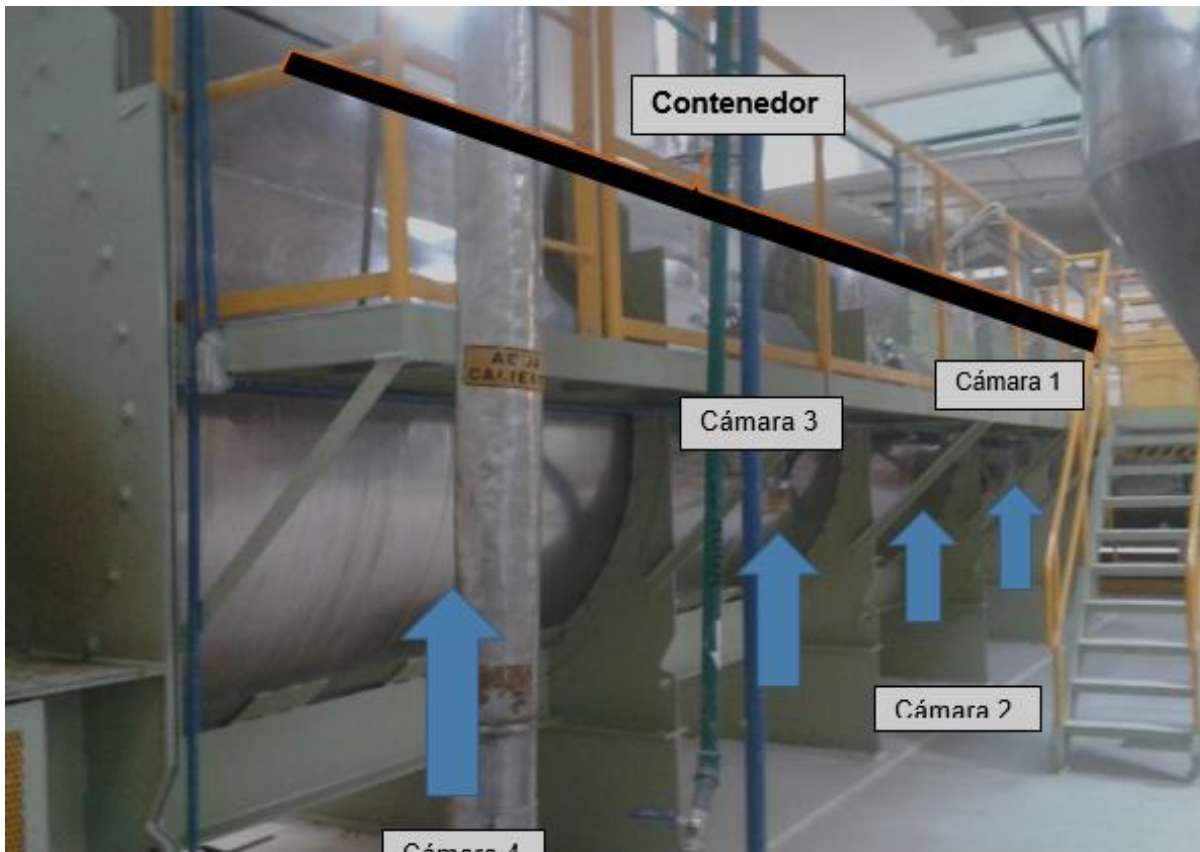


Figura 1.8 Contenedor

Aquí se puede observar los tubos conductores de agua, maíz, vapor y cal, estos van directamente al contenedor para suministrar los elementos que se utilizan para el proceso de nixtamalización.

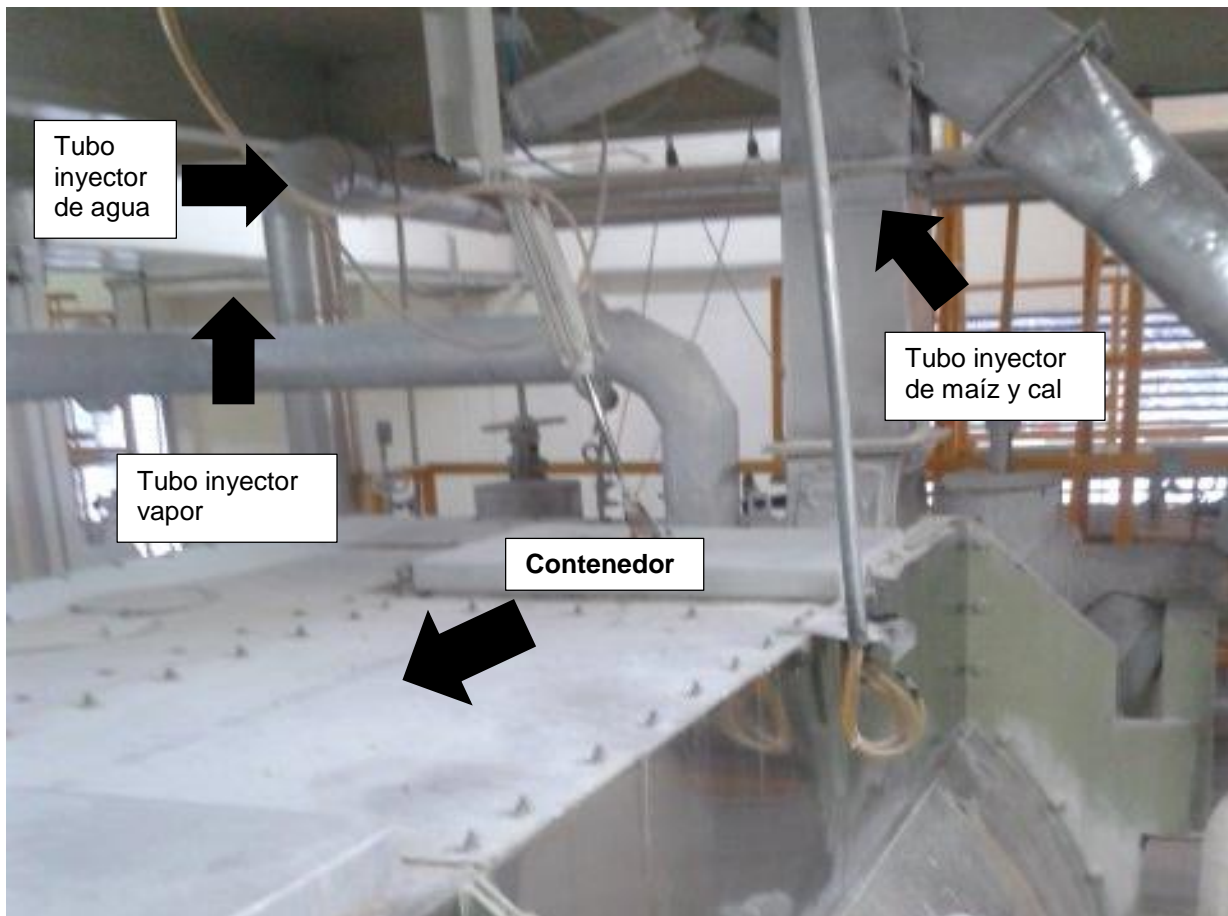


Figura 1.9 tubos inyectoros de elementos para el proceso de nixtamalización

El motivo de que en los materiales se mencionen 4 termopares, 4 controladores y 8 electroválvulas, es porque se necesita un termopar por cada cámara y por lo consiguiente cada termopar necesita de su controlador UDC 2500, para que este active la electroválvula y permita el paso de vapor o la entrada de este. Se necesitan 8 electroválvulas por que 4 se controlaran de manera manual y 4 de manera automática para evitar riesgos y tener una segunda opción.

3.2 Materiales utilizados

- 4 Termopar tipo J
- 4 Controlador Honeywell UDC 2500
- Cable para termopar tipo J
- 8 electroválvulas.

3.3 Construcción

3.3.1 Cableado y conexión de controlador Honeywell UDC 2500

En la siguiente figura (*figura 2*), se observa las entradas y salidas del controlador.

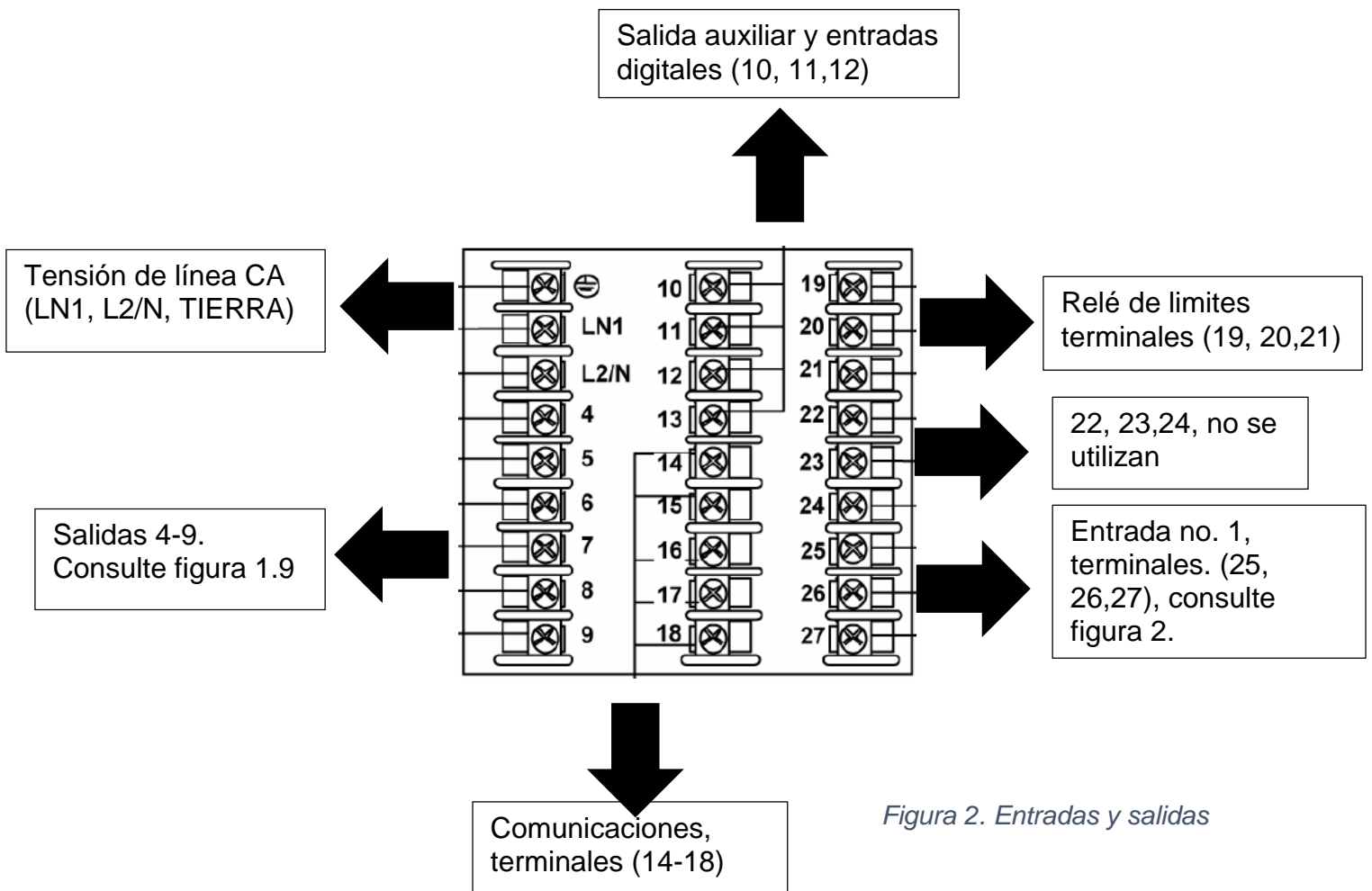


Figura 2. Entradas y salidas

De las terminales que se observan en la *figura 2*, las que nos interesan para este proyecto son las entradas no. 1 (terminales 25, 26 y 27, *figura 2.2*) y las salidas (4-9)

que se observan en la *figura 2.1* ya que es justo ahí donde se realiza la conexión del termopar y de la electroválvula respectivamente.

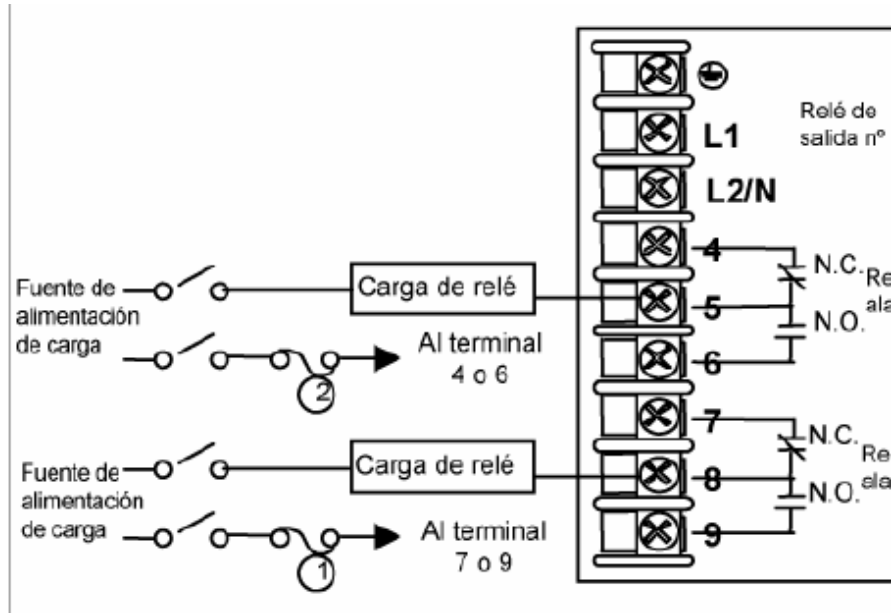


Figura 2.1 Salidas para accionar la electroválvula.

Termopar

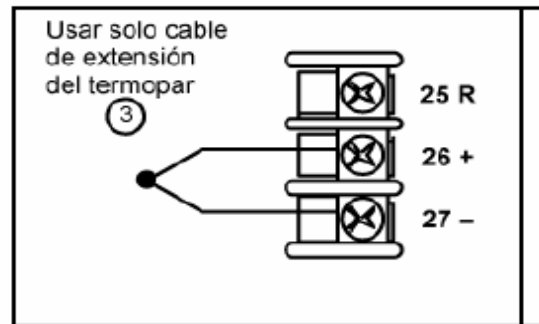


Figura 2.2 Conexión de termopar al controlador Honeywell UDC 2500

Una vez que ya se tienen las especificaciones que se necesitan para cada uno de los componentes que se emplearan en este proyecto, se procede a realizar la conexión

de cada elemento, en la *figura 2.3* se puede visualizar de manera gráfica como se realiza dicho procedimiento.

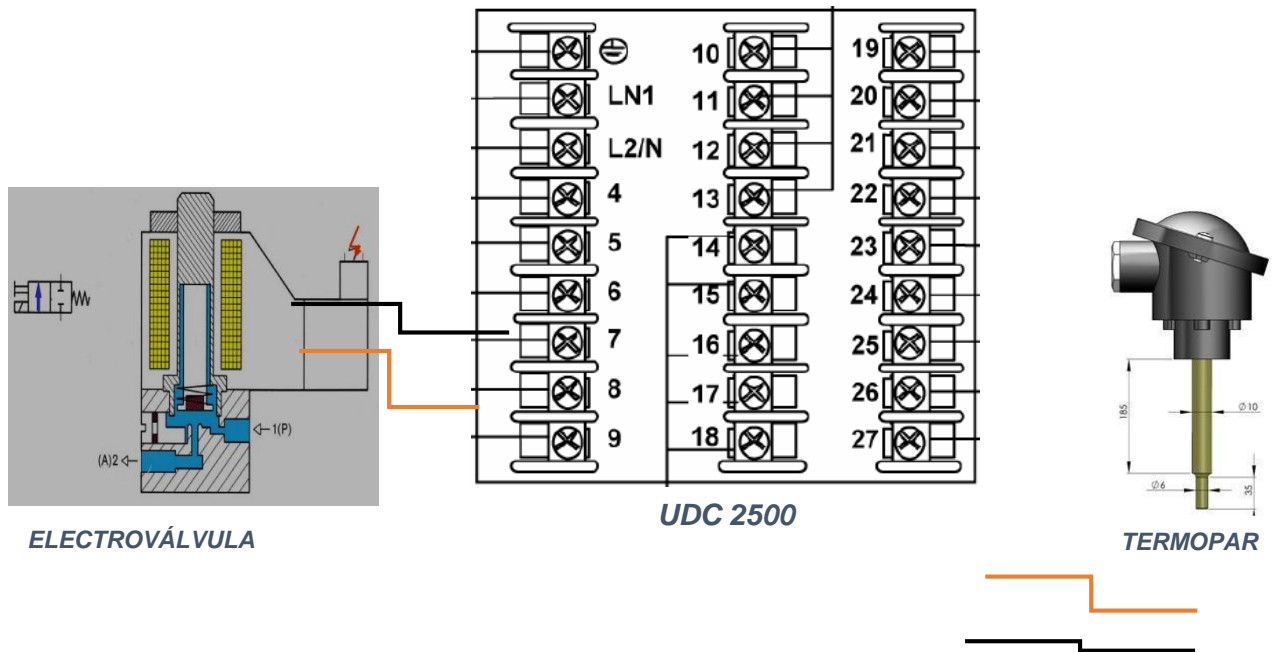


Figura 2.3 Conexión de los elementos

3.3.2 Configuración.

La configuración es una operación dedicada en la que se utilizan secuencias simples de pulsaciones de teclas para seleccionar y definir (configurar) los datos de control pertinentes más adecuados para su aplicación.

En el proceso de configuración, aparecen mensajes en las pantallas superior e inferior. Estos mensajes permiten conocer el grupo de datos de configuración (mensajes de puesta a punto) con el que se está trabajando y también los parámetros específicos (mensajes de función) asociados con cada grupo.

A continuación se muestra (figura 2.4) la interface del controlador con el usuario y en la tabla 4 se describen sus elementos para poder configurar el dispositivo.



Figura 2.4 Interface de operador

Tecla	Función
	<ul style="list-style-type: none"> • Pone el controlador en el modo de selección de grupo de puesta a punto de la configuración. Muestra de forma secuencial los grupos de puesta a punto y permite que la tecla FUNCTION muestre funciones individuales en cada grupo de puesta a punto.
	<ul style="list-style-type: none"> • Se utiliza en combinación con la tecla SET UP para seleccionar las funciones individuales de un grupo de puesta a punto de la configuración seleccionado. • Se utiliza durante el procedimiento de calibración en campo.
	<ul style="list-style-type: none"> • Selecciona un parámetro de funcionamiento que aparecerá en la pantalla inferior.
	<p>MAN-AUTO Esta función no está disponible en el controlador de límite.</p> <p>RESET Reinicializa el relé de límite.</p>
	<ul style="list-style-type: none"> • Esta tecla no funciona en el controlador de límite.
	<ul style="list-style-type: none"> • Confirma una alarma enclavada 1. • Confirma mensajes de diagnóstico.
	<ul style="list-style-type: none"> • Aumenta el valor del parámetro seleccionado.
	<ul style="list-style-type: none"> • Reduce el valor del parámetro seleccionado.

Tabla 4. Teclas y funciones de controlador UDC 2500



Una vez conectado todos los componentes se establecen las configuraciones necesarias para indicar el tipo de parámetro a medir así como el tipo de sensor a utilizar. Ya realizado todos los pasos anteriores, lo siguiente son las pruebas necesarias para verificar que todo funcione de manera adecuada.



CAPÍTULO IV: PRUEBAS

Una vez que ya está todo listo, el último paso que ejecuta para poder verificar el funcionamiento del proyecto son las pruebas.

Se acudió a la fábrica donde se lleva a cabo la producción de harina y se instalaron los elementos necesarios para echar andar el proyecto, en las *figura 2.5a* y *2.5b* se observan la instalación de los termopares en cada una de las cámaras de los contenedores.



Figura 2.5a instalación de termopar



Figura 2.5b cableado de termopar

Se realiza la instalación de electroválvulas en los tubos conductores de vapor para permitir el paso o no de este, en cada una de las cámaras. Dicha acción se aprecia en la *figura 2.6*



Figura 2.6 instalación de electroválvulas

Lo siguiente es la instalación de los controladores UDC 2500 en sus tableros de control correspondientes, tal y como se observa en la *figura 2.7*.



Figura 2.7 Instalación de controlador UDC 2500

Ya que todos los elementos están instalados, lo siguiente es poner en marcha... y el resultado puede observarse en la *figura 2.8*



Figura 2.8 controlador funcionando al 100%



CAPÍTULO 5: CONCLUSIÓN



Como se menciona al principio, actualmente en las industrias es muy común que se busque la optimización, ya que es de vital importancia por que mejora la calidad del producto y hace más eficiente los procesos en una industria.

En este caso nos enfocamos a una fábrica de producción de harina, esta industria cumple varios procesos, entre dichos procesos que realiza se encuentra la llamada nixtamalización, esto se refiere a la cocción del maíz. Para que esto pueda llevarse a cabo se necesitan contenedores muy grandes y estar constantemente monitoreando la temperatura de dichos contenedores, ya que si estas no son las adecuadas puede ocasionar la pérdida del maíz que se está procesando.

El control de temperatura que se realiza en los contenedores o tinas como se les llama en la fábrica, se ejecuta de manera manual y a cada determinado tiempo se tiene que estar realizando una medición de la temperatura que se está manejando; si la temperatura no se mantiene dentro del rango permitido para el buen proceso de nixtamalización entonces se tiene que dar paso al vapor que se encuentra dentro del contenedor, con la finalidad de que la presión disminuya y la temperatura regrese dentro del rango permitido.

En los contenedores o tinas están conectados unos tubos de acero inoxidable que son los que conducirán el vapor hacia afuera en caso de que se presente algún cambio de temperatura, en los tubo está colocado un bypass, que permite el paso o no de vapor, dicho bypass es accionado de forma manual por el personal calificado.

Este es el proceso que se tiene que seguir para obtener un buen proceso, debido a todo lo que se realiza para que esto se lleve a cabo se pensó en optimizar este método y que se realice de manera automática tal y como se describe en este reporte, para que de esa manera se realizara un proceso más eficiente y un mejor control. Se realizaron las pruebas correspondientes y se obtuvieron resultados muy satisfactorios y productivos para la fábrica, trayendo consigo muchos beneficios.



REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- <http://www.metric-conversions.org/es/temperatura/conversion-de-celsius.htm>(1)
- Temperatura
- <http://definicion.de/control/>(2) control
- <http://www.aulafacil.com/cursos/119681/empresa/administracion/administracion-de-empresas/el-control-generalidades>(3) control
- <http://windows.microsoft.com/es-mx/windows/what-is-driver#1TC=windows-7>(4)