

Universidad Nacional de Ingeniería

Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica



Sistema de Medición Automático de la
Temperatura Exterior de un Horno Rotatorio
de Cemento

TESIS

Para Optar al Título Profesional de

INGENIERO ELECTRONICO

MANUEL AUGUSTO JORDÁN PALMA

Promoción **1977-1**

Lima - Perú

1984

TABLA DE CONTENIDOS

	Página
INTRODUCCION	1
<u>CAPITULO I</u>	
DESCRIPCION DEL PROYECTO	7
<u>CAPITULO II</u>	
DISEÑO, MONTAJE E INSTALACION DE LA ESTRUCTURA MECANICA	15
1. Requerimientos	15
2. Selección de Material	16
3. Montaje e Instalación	19
3.1 De los Perfiles metálicos tipo I 180	19
3.2 De los Perfiles metálicos tipo I 120	20
3.3 De las canaletas guía y carros-Trolley	22
3.4 De los Tubos protectores de cables	23
<u>CAPITULO III</u>	
DISEÑO, MONTAJE E INSTALACION DEL SISTEMA DE MEDICION	27
1. Requerimientos	27

VI

2.	Diseño del Sistema de Medición	27
2.1	Planteamiento de Alternativas	27
2.2	Elección del Sistema	28
2.2.1	Transductores de Temperatura	29
2.2.2	Instrumentos registra <u>dores</u>	42
3.	Selección de Equipo y Material	43
3.1	Sensor de Temperatura	44
3.1.1	Descripción General	44
3.1.2	Explicación de Operación	46
3.1.3	Características Prin <u>ci</u> pales	48
3.2	Instrumento Registrador	50
3.2.1	Datos Técnicos.	53
3.2.2	Principio de Fun <u>cionamiento</u>	53
3.3	C a b l e s	56
4.	Montaje e Instalación	57
4.1	Del Sensor de Temperatura	57
4.2	Del Registrador	58
5.	C a l i b r a c i ó n	59
5.1	Procedimiento	60

CAPITULO IV

DISEÑO, MONTAJE E INSTALACION DEL SISTEMA DE CONTROL DEL TRANSPORTADOR DEL SENSOR DE TEMPERATURA	65
--	----

1. Requerimientos	65
-------------------	----

VII

2.	Diseño del Sistema	65
2.1	Diagrama y Planos Eléctricos	67
2.2	Modo de Operación	71
2.2.1	Operación Manual	71
2.2.2	Operación Automática	71
3.	Selección de Material	73
3.1	Accionamiento Motorizado	73
3.1.1	M o t o r	73
3.1.2	Transportador	
3.2	Tablero de Fuerza y Mando	74
3.2.1	Fuerza	74
3.2.2	Control y Mando	74
3.3	Interruptores Límite de Carrera	75
3.4	Panel de Mando y Señalización	75
3.4.1	Pulsadores de Mando	75
3.4.2	Interruptores de Mando	76
3.5	C a b l e s	76
4.	Montaje e Instalación	77
4.1	Del Accionamiento Motorizado	77
4.1.1	Del Transportador	77
4.1.2	Del Motor	78
4.2	Del Tablero de Fuerza y Mando	79
4.3	De los Interruptores Límite de Carrera	79
4.3	Del Panel de Mando y Señalización	79
4.5	De los Cables	80

CAPITULO V

DISEÑO, MONTAJE E INSTALACION DE SISTEMAS AUXILIARES	82
1. Sistema Indicador de la Posición del Transportador	82
1.1 Generalidades	82
1.2 Diseño del Sistema	83
1.3 Selección de Material	84
1.3.1 Del Reloj	84
1.3.2 Del Contador	86
1.3.3 Del Programador de Cuenta Ascendente o Descendente	90
1.3.4 Del Decodificador	92
1.3.5 Del Display	94
1.3.6 De la Fuente de Potencia	95
1.4 Instalación y Montaje	96
1.5 Modo de Operación	98
2. Sistema de Aviso de Perturbaciones	101
2.1 En el Sistema de Medición	101
2.2 En el Sistema de Traslación del Sensor	102
2.2.1 Fallo durante la Traslación	102
2.2.2 Protección Térmica del Motor	104

CAPITULO VI

COSTO APROXIMADO DEL PROYECTO	108
1. Materiaš Primas o Materiales	108
1.1 Estructura Mecánica	108
1.2 Sistema de Medición	109
1.3 Sistema de Control del Transporta dor del Sensor de Temperatura	111
1.4 Sistemas Auxiliares	113
2. Mano de Obra	114
2.1 Cimentación para la Estructura Mecánica	115
2.2 Montaje e Instalación de la Estructura Mecánica	116
2.3 Sistema de Medición - Montaje e Instalación (en soles)	116
2.4 Sistema de Transporte - Montaje e Instalación	117
2.5 Sistemas Auxiliares - Montaje e Instalación (en soles)	117
3. Análisis Comparativo	119
3.1 Comparación de una Estructura Mecánica Presupestado por la Empresa Proper S.A. con la nuestra	119
3.2 Comparación de los Sistemas Pre- supuestados por Brown Boveri S.A. con la nuestra	120

CAPITULO VII

INSTRUCCIONES DE OPERACION Y MANTENIMIENTO DEL EQUIPO	123
1. Instrucciones de Operación	123
1.1 Operación Automática	123
1.2 Operación Manual	125
2. Instrucciones de Mantenimiento	125
2.1 De la Estructura Mecánica	126
2.2 Del Sistema de Medición	126
2.2.1 Del Sensor	126
2.2.2 Del Registrador	126
2.2.3 De la Calibración	127
2.3 Del Sistema de Traslación	127
2.3.1 Del Transportador	127
2.3.2 Tablero de Fuerza y de Mando	128
2.4 De los Sistemas Auxiliares	128
CONCLUSIONES	129
BIBLIOGRAFIA	134
A P E N D I C E S	136
APENDICE A ₁	137
APENDICE A ₂	141
APENDICE B ₁	144
APENDICE B ₂	146
APENDICE B ₃	148

APENDICE	B ₄	152
APENDICE	B ₅	154
APENDICE	B ₆	156
APENDICE	B ₇	158
APENDICE	C ₁	160
APENDICE	C ₂	166
APENDICE	C ₃	170
APENDICE	C ₄	171
APENDICE	C ₅	174
APENDICE	C ₆	176
APENDICE	D ₁	182
APENDICE	D ₂	183

I N T R O D U C C I O N

En toda planta de cemento bien concebida, el horno es el equipo que determina la producción, debido a que es, por lo general, el cuello de botella de la misma. En el horno, se efectúan complicadas reacciones químicas que a altas temperaturas transforman la caliza y agregados en clinker, componente fundamental en la elaboración del cemento.

El Horno Rotatorio es un cilindro de chapa de caldera, soportado por 2 llantas que giran sobre rodillos de apoyo; el accionamiento se hace a través de una corona dentada y un piñón que es activado por un motor tioristorizado de velocidad variable.

En uno de los extremos está emplazada la cámara de enlace, por la cual se alimenta al horno y lo une al intercambiador de calor; en el otro extremo está situada la caperuza a través de la cual se descarga el clinker producido, hacia el enfriador; en dicha caperuza se ubica el quemador que utiliza petróleo como combustible. Ver Figura N° 1.

El horno se divide en varias zonas que, de la entrada hacia la salida del material, se denominan: zona de entrada, calcinación, intermedia, clinkerización y

de salida.

La harina cruda procedente de los silos de homogenización se dosifica adecuadamente en una báscula y mediante un elevador de cangilones es introducida por la parte alta del intercambiador de calor. El sistema trabaja a contracorriente, o sea la harina va pasando de un ciclón a otro en sentido contrario al de la corriente de gases, corriente favorecida por un ventilador exhaustor de velocidad variable.

El material llega a la cámara de enlace y de allí ingresa al horno en el cual va adquiriendo temperaturas cada vez mayores conforme va deslizándose debido al ángulo de inclinación y velocidad de giro del mismo; es así, que va produciéndose reacciones químicas hasta que se logra la formación del clinker en la llamada zona de clinkerización.

Interiormente el horno está revestido de ladrillos refractarios con la finalidad principal de evitar el sobrecalentamiento de la chapa y además minimizar las pérdidas de calor por radiación hacia el exterior.

El cambio de refractarios es la causa más frecuente de paradas de larga duración del horno, con lo cual, se pierde una considerable parte del tiempo de producción del mismo.

En la zona de clinkerización se presenta el fenómeno-

no denominado "Mancha Roja" el cual puede originarse por un excesivo desgaste del ladrillo sin protección de costura, así como también por la caída del refractorio. Exteriormente se observa una sobretemperatura de la chapa, este fenómeno es el más crítico que pueda sucederle al horno.

Otra situación de graves consecuencias para la operación normal del horno es la denominada "Formación de Anillo", situación que suele presentarse en la zona intermedia del horno, dificultando el paso libre del material al irse estrechando la sección transversal del horno, llegándose en casos extremos a interrumpir el flujo del material.

Entre las causas más determinantes de la formación de anillos se pueden citar: la variación continua de los componentes químicos de la harina cruda especialmente -- del fundente; también la variación de temperatura de más a menos lo que origina que el material tienda a enfriarse, además debe tenerse en cuenta el diámetro mismo -- del horno como otro de los factores. Exteriormente en la chapa del horno puede observarse un descenso brusco -- de temperatura.

Ambos fenómenos, mancha roja y anillamiento traen-- funestas consecuencias para la operación normal del sistema, entre ellos recalentamientos y enfriamientos, esfuerzos en los equipos electromecánicos, deficiente in-

tercambio del calor; en resumen la producción se ve disminuída e incluso paralizada, los equipos sufren daños y pueden hasta destruirse. Todo esto trae consigo gastos anormales de mantenimiento y graves consecuencias económicas en general. Entonces, es muy importante contar -- con un sistema de medición de la temperatura exterior de la chapa del horno para tomar a tiempo las medidas correctivas necesarias y permitir la operación normal del mismo.

Con la finalidad de minimizar fuentes de error a la vez de contar con un sistema automático se procede a diseñar un sistema para leer la temperatura exterior de la chapa del horno.

El sistema mismo, será diseñado, implementado y puesto en marcha en la planta; los detalles de construcción global serán ampliamente mostrados en el presente trabajo.

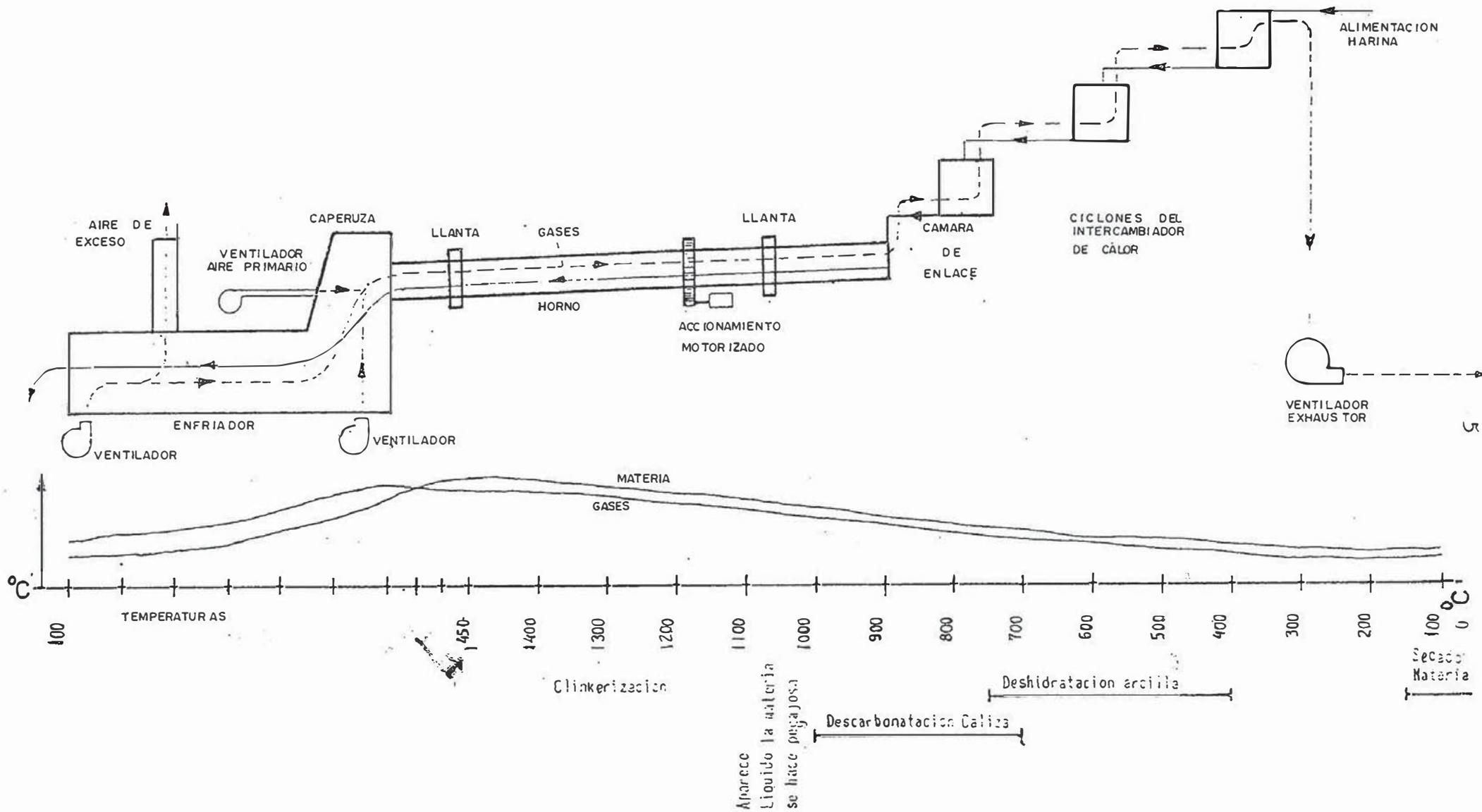


Fig. N° 1 - ESQUEMA SIMPLIFICADO DE LAS REACCIONES EN EL HORNO

CAPITULO I
DESCRIPCION DEL PROYECTO

CAPITULO I
DESCRIPCION DEL PROYECTO

El presente trabajo esta estrechamente relacionado con la fábrica de Cemento YURA S.A., pues tiene como fuente causal los múltiples problemas que hasta fines de 1979 sufría la operación del horno rotatorio marca Fried-Krupp; correspondiente a la planta I de producción de clinker, horno con una capacidad de producción nominal de 450 TM. de clinker por día y con las siguientes medidas principales: longitud 48 mt., diámetro interior 3.6 mt. y una pendiente del 3%.

Los frecuentes anillamientos obligaban a paradas inesperadas del horno por cuanto se hacía imperioso botar el anillo muchas veces ya bastante crecido por falta de medios eficaces que permitiesen detectarlo en el comienzo de su formación.

De manera similar las peligrosas manchas rojas no podían evitarse, pues tampoco habían formas de controlar las desde el inicio de su aparición.

Debo mencionar que sólo se disponía de medios manuales para medir la temperatura exterior de la chapa del horno; podemos señalar el empleo de termómetros magnéticos, tizas termoreactivas, pirómetros portátiles, entre

otros. El desgaste de estos elementos y el agotamiento de los trabajadores por las condiciones adversas del medio circundante hacían muy difícil y peligrosa la obtención de datos, por lo que este método manual rápidamente pasó a ser ineficaz e inoperante. Posteriormente se empleó un pirómetro que estando montado sobre una torre fija a 9.8 metros del eje del horno, permitía por medio de un accionamiento motorizado barrer aproximadamente los primeros 16 metros del horno, el barrido se efectuaba por desplazamientos angulares del pirómetro (aproximadamente de 5 en 5 grados sexagesimales).

Aquí el método de lectura consiste en partir de desplazamiento cero; se toma la temperatura correspondiente a una vuelta del horno, luego se gira 5 grados el pirómetro y se toma la temperatura a la nueva circunferencia del horno y así sucesivamente.

Los milivoltios generados por el pirómetro y que son función de la temperatura leída por él, eran llevados a un instrumento indicador de aguja; pues el registrador que conformaba el equipo no era compatible con el rango de milivoltios generados por el pirómetro.

Como puede verse, en este sistema, la distancia entre el pirómetro y el punto de medición no es constante (ver Fig. N° 2), razón por la cual se introduce considerable fuente de error en la toma de temperaturas, situación que pudo ser comprobada al confrontar medicio--

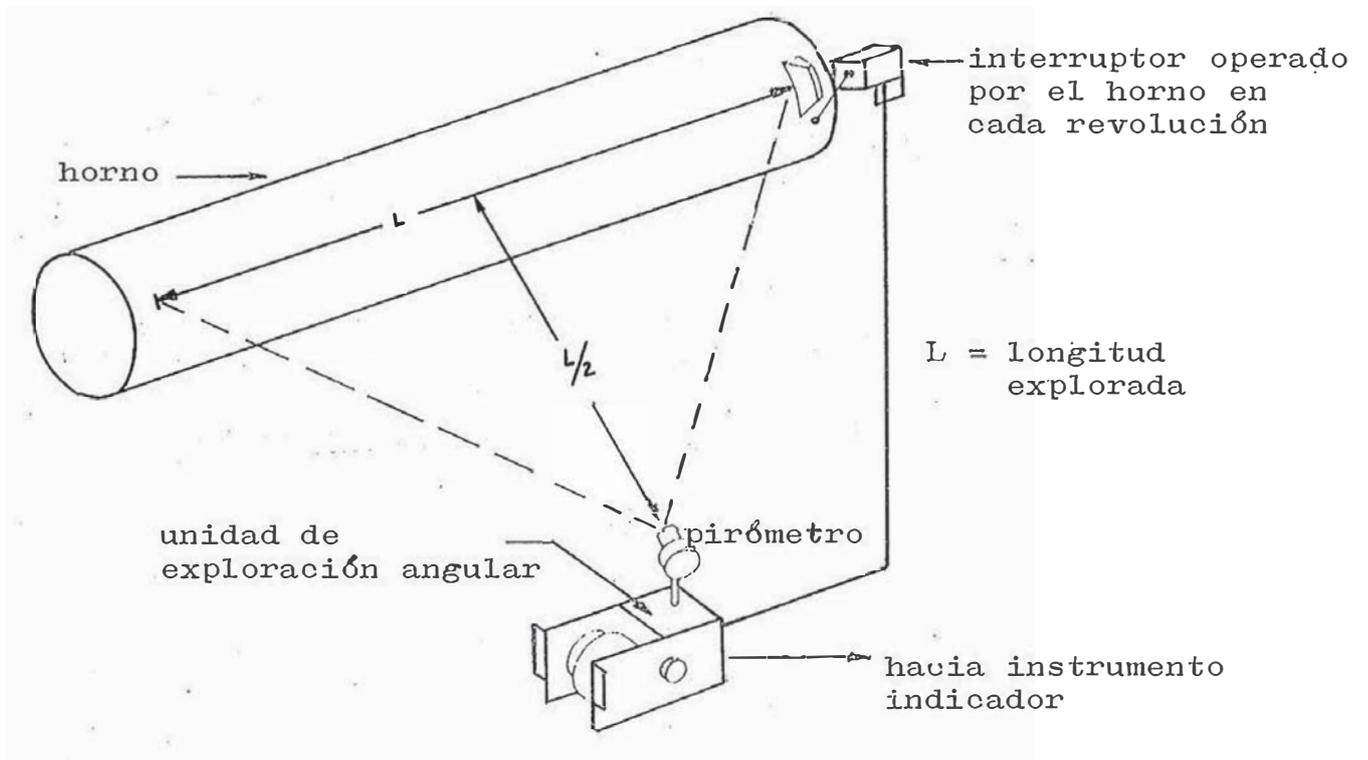


Fig N°2 - EQUIPO DE MEDICION POR DESPLAZAMIENTO
ANGULAR DEL SENSOR

nes con pirómetros portátiles bien calibrados.

Es así que se hace imperioso la necesidad de contar con un sistema automático, que minimice las fuentes de error y en la toma de la temperatura exterior de la chapa del horno sea prácticamente nula la intervención del hombre.

Por razones de liquidez en la Empresa, las Gerencias exigen un mínimo de gastos en la construcción del proyecto por lo que se decide emplear en cuanto sea posible material ya existente en planta.

Además, es muy importante tomar en cuenta las condiciones adversas ambientales en las que operará el sistema, habrá que considerar épocas de lluvias, cambios bruscos de temperatura durante el día, excesivo calor en el medio circundante y sobre todo el elevado grado de contaminación en la zona; estas consideraciones deben tomarse muy en cuenta con el fin de darle un alto grado de eficiencia de operación en todo momento.

En términos generales, el sistema permitirá medir la temperatura exterior de la chapa del horno en sus primeros 20 metros, por cuanto en este tramo ocurren los anillamientos y manchas rojas. (ver Fig. N° 3).

El sensor de temperatura será el pirómetro rescatado de la torre fija y tendremos que procesar los milivoltios generados por él de tal forma que se pueda indicar-

HORNO ROTATORIO DE CEMENTO (W variable)

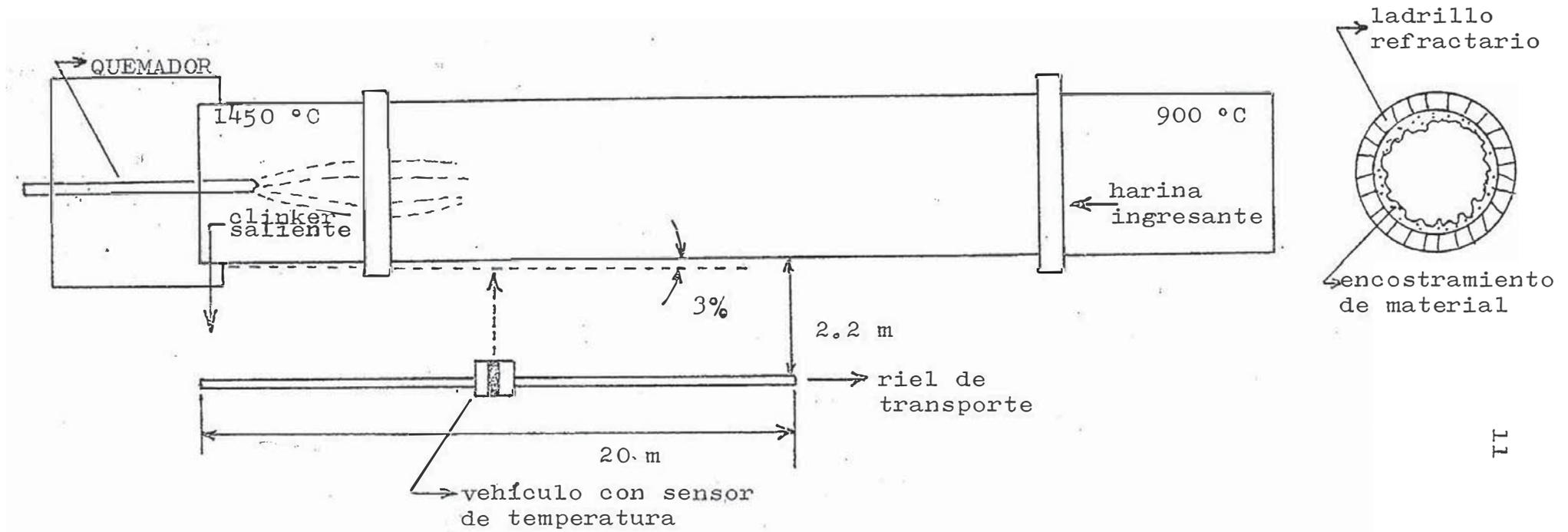


FIG. N° 3 - EQUIPO DE MEDICIÓN POR DESPLAZAMIENTO LINEAL DEL SENSOR

y registrar adecuadamente la información obtenida.

El sistema deberá realizar las siguientes operaciones :

- El carro se encuentra estacionado en el metro veinte, por ser una zona de baja temperatura; luego, cuando se desee medir la temperatura de la chapa exterior del horno, el operador inicia el ciclo de medición presionando el respectivo pulsador de arranque.
- El sensor inmediatamente proporciona la temperatura correspondiente al metro número 20, esta lectura se efectúa por lo menos durante una vuelta del horno.
- Cumplida la lectura anterior la cual demora como mínimo de 45 a 60" (duración de una vuelta del horno), el carro transportador se desplaza hacia el metro inmediato inferior y luego se detiene.
- Esta nueva posición se toma la lectura de la temperatura durante por lo menos una vuelta del horno, al cabo de lo cual el carro transportador deberá desplazarse al metro siguiente.
- El carro transportador continuará repitiendo las operaciones anteriores hasta llegar al metro cero.
- En el metro-cero se toma la última lectura de bajada y automáticamente el carro inicia el recorrido inverso repitiendo las operaciones de lectura metro a me-

tro como en el caso de bajada.

- Al regresar al metro número 20, se toma la última lectura y todo se desconecta automáticamente hasta una nueva orden de arranque. El sistema prevee la posibilidad de marcha automática y marcha manual.

Las indicaciones que se reciben en el tablero de control son las siguientes:

- La temperatura del casco del horno.
- La posición en la que se encuentra el sensor.
- El sentido de la marcha del carro (subida o bajada).

En lo que a alarmas y protección se refiere se ha considerado lo siguiente:

- Temperatura crítica, antes de la formación de mancha roja.
- Sobrecarga del motor del carro transportador.

Es importante señalar que en la fabricación misma del presente proyecto se ha utilizado únicamente la infraestructura de cemento YURA S.A., tanto en lo que concierne a instalaciones de taller y laboratorio como a mano de obra.

CAPITULO II
DISEÑO, MONTAJE E INSTALACION
DE LA ESTRUCTURA MECANICA

CAPITULO II
DISEÑO, MONTAJE E INSTALACION
DE LA ESTRUCTURA MECANICA

1. Requerimientos

Debemos contar con una estructura mecánica que contenga a un conjunto de elementos metálicos, los cuales permitirán el desplazamiento del transportador del sensor-- de temperatura, en por lo menos los primeros veinte metros del horno, traslación que se efectuará en forma paralela al eje longitudinal del mismo. Esta estructura-- tendrá las siguientes características principales:

- Será un conjunto metálico suficientemente sólido, capaz de soportar los pesos de riel guía principal, carro transportador, sistema de canaleta y carros-trolley, elementos protectores de cables.
- No deberá sufrir fenómenos de pandeo ni deformaciones de ningún tipo, especialmente debido a la temperatura u otros agentes externos.
- No será afectado por vibraciones de cualquier índole.
- No deberá interferir con el acostumbrado tránsito del personal.
- Pueda permitir ampliar el tramo de medición.

- No deberá afectar al conjunto arquitectónico de la zo
na.
- El riel guía principal estará montado de manera para-
lela a la misma altura y con igual ángulo de inclina-
ción que el eje longitudinal del horno.

2. Selección de Material

Al tocar este punto debe recordarse la condición im
puesta por la empresa, la cual consiste en evitar gastos
en la adquisición de material nuevo.

Se seleccionó un conjunto de vigas y estructuras me
tálicas ya usadas, pues se trata de material desmontado-
de lo que fuera un techo voladizo de la sección ensaca--
dora de bolsas de cemento.

En coordinación con la División de Ingeniería Civil,
después de una minuciosa revisión, con el fin de ver el
estado de conservación y utilidad de este material, se -
seleccionó 3 vigas tipo I 180 de aproximadamente 7.5 me
tros de longitud cada una y 4 vigas tipo I 120 de 10 me-
tros de longitud cada una; material que conformaría la
estructura principal de soporte de los rieles-guía del-
transportador del sensor y elementos auxiliares.

Debo señalar que las vigas I 180 mostraban signos -
de buen estado de conservación, es más, ya se encontra--
ban modificados en uno de sus extremos, brindando mayor á

rea de sección, lo cual facilitaba su utilización como columnas para el soporte del resto de la estructura. Por lo tanto, sólo fue necesario limpiarlos y darles una capa de pintura anticorrosiva.

En cambio, las vigas de tipo I 120, que trabajarán-- como rieles guía del transportador del sensor, mostraban serios daños sufridos, sobre todo en el momento de su desmontaje de la ensacadora, por lo que se tuvo que volverla a realinear en la respectiva prensa hidráulica, además pequeñas zonas que presentaban síntomas de oxidación fueron pulidas con esmeriles de disco y luego pintadas con base anticorrosiva.

Para mayor información técnica de estos tipos de vigas ver Tabla N° I , pág. 18 Con la finalidad de construir los protectores de cables, se seleccionó 7 tubos de fierro galvanizado de 3 metros de longitud cada uno, 3 pulgadas de diámetro interior y 1/32 pulgadas de espesor.

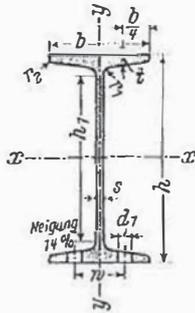
Para el sistema de canaletas guía y carros-trolley, se usará un equipo incompleto que se encontraba en estado de abandono, el cual consta de 5 rieles guía de 4 metros de longitud cada uno y sección transversal en U de ángu--los rectos.

Como en los casos anteriores fueron puestos en mejores condiciones de servicio.

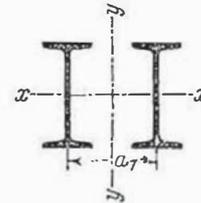
Schmale I-Träger

I-Reihe

Normallängen 6 bis 15 m



- S_x = statisches Moment des halben Querschnittes
- $s_x = \frac{J_x}{S_x}$ = Abstand der Zug- und Druckmittelpunkte
- J_D = Drillwiderstand
- C_M = Wölbwiderstand
- a_1 = Mittenabstand zweier I-Träger, für den die beiden Hauptträgheitsmomente gleich groß und $2J_x$ werden.



Anreißmaße und Lochdurchmesser siehe Seite 33

Kurzzeichen	Maße in mm für						F cm ²	G kg/m	Für die Biegeachse						a ₁ mm	S _x cm ³	s _x cm	J _D cm ⁴	C _M cm ⁶
	h	b	s=f ₁	t	r ₂	h-2c			x-x			y-y							
									J _x cm ⁴	W _x cm ³	i _x cm	J _y cm ⁴	W _y cm ³	i _y cm					
I Schmale I-Träger mit genägten inneren Flanschflächen, I-Reihe (warmgewalzt), nach DIN 1025 Blatt 1, Ausgabe Oktober 1963																			
80	80	42	3,9	5,9	2,3	59	7,57	5,94	77,8	19,5	3,20	6,29	3,00	0,91	62	11,4	6,84	0,869	87,5
100	100	50	4,5	6,8	2,7	75	10,6	8,34	171	34,2	4,01	12,2	4,88	1,07	78	19,9	8,57	1,60	268
120	120	58	5,1	7,7	3,1	92	14,2	11,1	328	54,7	4,81	21,5	7,41	1,23	94	31,8	10,3	2,71	685
140	140	66	5,7	8,6	3,4	109	18,2	14,3	573	81,9	5,61	35,2	10,7	1,40	108	47,7	12,0	4,32	1540
160	160	74	6,3	9,5	3,8	125	22,8	17,9	935	117	6,40	54,7	14,8	1,55	124	68,0	13,7	6,57	3140
180	180	82	6,9	10,4	4,1	142	27,9	21,9	1450	161	7,20	81,3	19,8	1,71	140	93,4	15,5	9,58	5920
200	200	90	7,5	11,3	4,5	159	33,4	26,2	2140	214	8,00	117	26,0	1,87	156	125	17,2	13,5	10520
220	220	98	8,1	12,2	4,9	176	39,5	31,1	3060	278	8,80	162	33,1	2,02	172	162	19,9	18,6	17760
240	240	106	8,7	13,1	5,2	192	46,1	36,2	4250	354	9,59	221	41,7	2,20	188	206	20,6	25,0	28730
260	260	113	9,4	14,1	5,6	208	53,3	41,9	5740	442	10,4	288	51,0	2,32	202	257	22,3	33,5	44070
280	280	119	10,1	15,2	6,1	225	61,0	47,9	7590	542	11,1	364	61,2	2,45	218	316	24,0	44,2	64580
300	300	125	10,8	16,2	6,5	241	69,0	54,2	9800	653	11,9	451	72,2	2,56	234	381	25,7	56,8	91850
320	320	131	11,5	17,3	6,9	258	77,7	61,0	12510	782	12,7	555	84,7	2,67	248	457	27,4	72,5	128800
340	340	137	12,2	18,3	7,3	274	86,7	68,0	15700	923	13,5	674	98,4	2,80	264	540	29,1	90,4	176300
360	360	143	13,0	19,5	7,8	290	97,0	76,1	19610	1090	14,2	818	114	2,90	278	638	30,7	115	240100
380 ^{*)}	380	149	13,7	20,5	8,2	306	107	84,0	24010	1260	15,0	975	131	3,02	294	741	32,4	141	318700
400	400	155	14,4	21,6	8,6	323	118	92,4	29210	1460	15,7	1160	149	3,13	308	857	34,1	170	419600
425 ^{*)}	425	163	15,3	23,0	9,2	343	132	104	36970	1740	16,7	1440	176	3,30	328	1020	36,2	216	587500
450	450	170	16,2	24,3	9,7	363	147	115	45850	2040	17,7	1730	203	3,43	348	1200	38,3	267	791100
475 ^{*)}	475	178	17,1	25,6	10,3	384	163	128	56480	2380	18,6	2090	235	3,60	366	1400	40,4	329	1067000
500	500	185	18,0	27,0	10,8	404	179	141	68740	2750	19,6	2480	268	3,72	384	1620	42,4	402	1403000
550 ^{*)}	550	200	19,0	30,0	11,9	445	212	166	99180	3610	21,6	3490	349	4,02	424	2120	46,8	544	2389000
600 ^{*)}	600	215	21,6	32,4	13,0	485	254	199	139000	4630	23,4	4670	434	4,30	460	2730	50,9	813	3821000

^{*)} I 380, 425, 475, 550 und 600 werden nicht mehr gewalzt; die Tabellenwerte dienen zur Nachrechnung bestehender Konstruktionen.

^{**)} Werte gemäß Bornscheuer, F. W. und Anheuser, L.: Tafeln der Torsionskenngrößen für die Walzprofile der DIN 1025-1027. „Der Stahlbau“ 1961, H. 3, S. 81 und 82. Verlag Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin.

3. Montaje e Instalación

3.1 De los perfiles metálicos tipo I 180

La División de Ingeniería Civil, también se en cargó del diseño y construcción de la cimentación requerida para la fijación de las vigas I 180 que deberán tra bajar como columnas.

Debo mencionar que se construyeron 3 bases de hormigón armado de forma cúbica y un metro de lado. La que llamaremos base N 1, fue instalada a la altura del metro 20 del horno y a 5 metros del eje del mismo.

El conjunto de bases quedaron distanciados 6.5 metros una de la otra y enterradas a 50 centímetros de profundidad, quedando todas ellas en una misma línea paralela al horno.

Cada base cúbica tiene sobre el centro de la cara superior una pequeña columna también de concreto armado, de aproximadamente 75 centímetros de alto y sección transversal rectangular de 40 x 60 centímetros de lado. Sobre cada pequeña columna fue anclada una plancha de acero de 1/2" de espesor y forma rectangular de 20 x 60 centímetros de lado, plancha que contiene 4 pernos de anclaje dispuestos en forma simétrica para la fijación de los perfiles I 180.

Las vigas I 180 que constituyen las columnas de la

estructura fueron montadas con la ayuda de una pluma - HIAB.

Cumplido el paso anterior, en coordinación con la División de Mantenimiento Mecánico se procedió a realizar los siguientes trabajos complementarios:

3.1.1 Con la finalidad de mantener el ángulo de inclinación del eje del horno, la altura de las vigas I 180 fueron modificadas agregándoles pequeños tramos de rieles I 120.

3.1.2 Para soportar el conjunto de vigas que conformarán el riel guía principal se sueldan tramos de viga I 120 de 1 m. de longitud, en la parte superior de las columnas, haciendo ángulo recto con éstas.

Para darle mayor rigidez y capacidad de trabajo al conjunto se sueldan apoyos de ángulos de 1" por 1/16" - de espesor, entre ambos tipos de perfiles.

A estos pequeños tramos de I 120 los llamaremos - brazos soportantes.

3.2 De los perfiles metálicos tipo I 120

El conjunto de vigas I 120 conformarán el riel guía principal cuya fundamental función es la de servir de pista al carro transportador del sensor de temperatura.

Disponiendo un total de 24.30 metros de longitud útil en rieles I 120 tenemos que decidir entre soldar todas las vigas en el suelo y luego subir el conjunto a la posición de trabajo, o ir soldando riel por riel en la posición final de servicio.

Se descarta la primera de las alternativas para evitar desalineamientos y deformaciones en el conjunto-- de perfiles durante el proceso mismo del montaje.

Para el montaje de los rieles I 120 bajo la segunda opción; se procedió con el apoyo de personal de la División de Mantenimiento Mecánico de la siguiente manera:

3.2.1 Un primer riel I 120 es soldado bajo-- los brazos soportantes correspondientes a las columnas-- I 180 N 1 y N 2, quedando un voladizo de 2.4 metros más allá del metro 20 del horno.

3.2.2 Un segundo riel I 120 es fijado soldándo tanto al I 120 anterior, como al brazo soportante correspondiente a la columna I 180 N 3.

3.2.3 Con la finalidad de fijar el último -- tramo de riel I 120 y darle mayor grado de rigidez al conjunto metálico se decide aprovechar una columna de concreto que se ubica frente a los primeros 50 centímetros del horno. Entonces se ancla una plancha de 1/8" de espesor en donde se fija un tramo de perfil en U de

70 centímetros de longitud que actuará como brazo soportante.

Luego el último tramo de riel I 120 es soldado, tanto al riel I 120 montado anteriormente, como al nuevo -- brazo soportante, quedando un voladizo de 2.4 metros más allá del metro cero del horno.

3.3 De las canaletas guía y carros-trolley

Los rieles en U guidores de los carros-trolley fueron montados frente a los primeros 20 metros del horno, unidos uno al otro mediante bridas de empalme, y el conjunto sujeto bajo los rieles I 120 por ángulos de 1" x 1/16" soldados a bridas de sujeción colocadas en la mitad de cada canaleta.

Luego en coordinación con el taller de maestranza, se procede a construir los denominados carros-trolley, - los cuales deberán correr en todo momento libremente dentro del sistema de canaletas, permitiendo el arrastre de cables durante el desplazamiento del sensor de temperatura.

Debido a que el recorrido del transportador será de 20 metros se decide construir 10 carros de tal forma que en posición de cables recogidos tendríamos una longitud de, máximo, 1 metro de cable colgante.

Estos carros-trolley son contruidos con planchas-

metálicas de 15 centímetros de largo, 7.5 centímetros de alto y 1/4" de espesor.

Para minimizar la posibilidad de atascamiento durante la traslación del sensor, se decide emplear rodamientos blindados en ambas caras, para lo cual se compran 40 rodamientos del tipo 626-2Z; utilizamos 4 por carro, montados alrededor de 2 ejes distanciados 10 centímetros uno del otro.

Finalmente, en la parte inferior y central del carro soldamos las correspondientes bridas sujetables.

3.4 De los Tubos protectores de cables

Para la interconexión de cables entre el carro transportador del sensor y el tablero de mando, se instaló una caja de paso a la cual llamaremos FM1, en el brazo soportante número 1.

A partir de esta caja de paso se tienden los tubos sobre la cara superior del conjunto de rieles gufa, y -- luego, a través de la infraestructura de concreto de la zona hasta llegar al tablero de mando y control.

El tramo comprendido frente al horno es directamente soldado a los rieles I 120 mediante ángulos de 10 centímetros de longitud, distanciados 1.5 metros uno del otro.

Posteriormente, debido a la alta temperatura am--

biental de esta zona, los tubos son revestidos con lana de vidrio, forrados con malla metálica y finalmente encamisados con latón.

En las Figuras NOS 4, 5, 6 y 7 se ilustra ampliamente lo manifestado en el presente Capítulo.

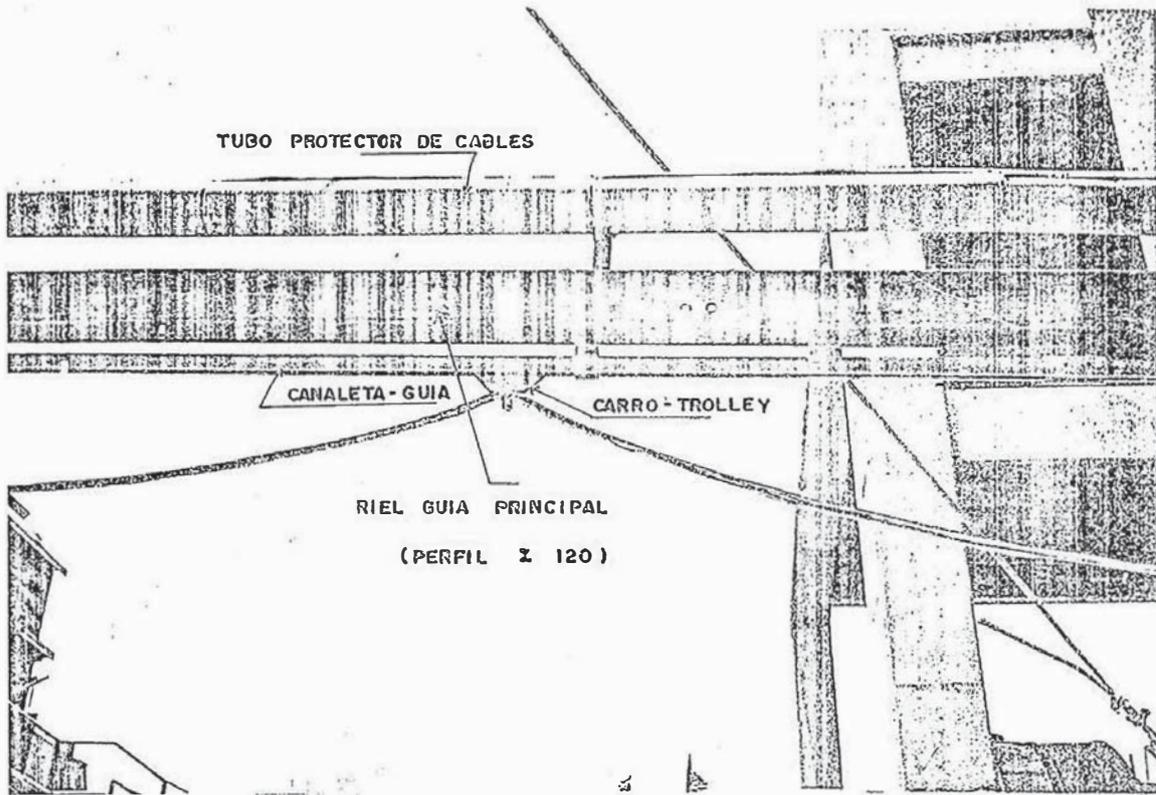


FIG. N° 4

DETALLE DE MONTAJE

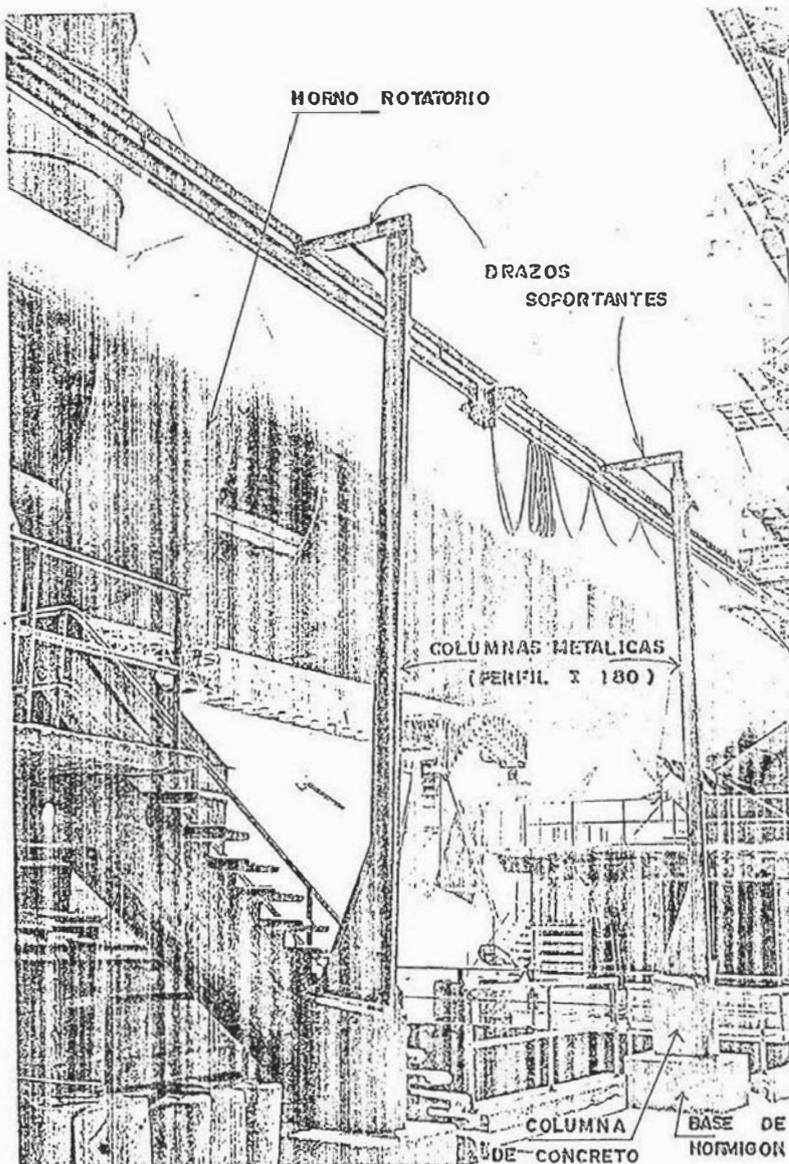


FIG. N° 5

DISPOSICION DE MONTAJE

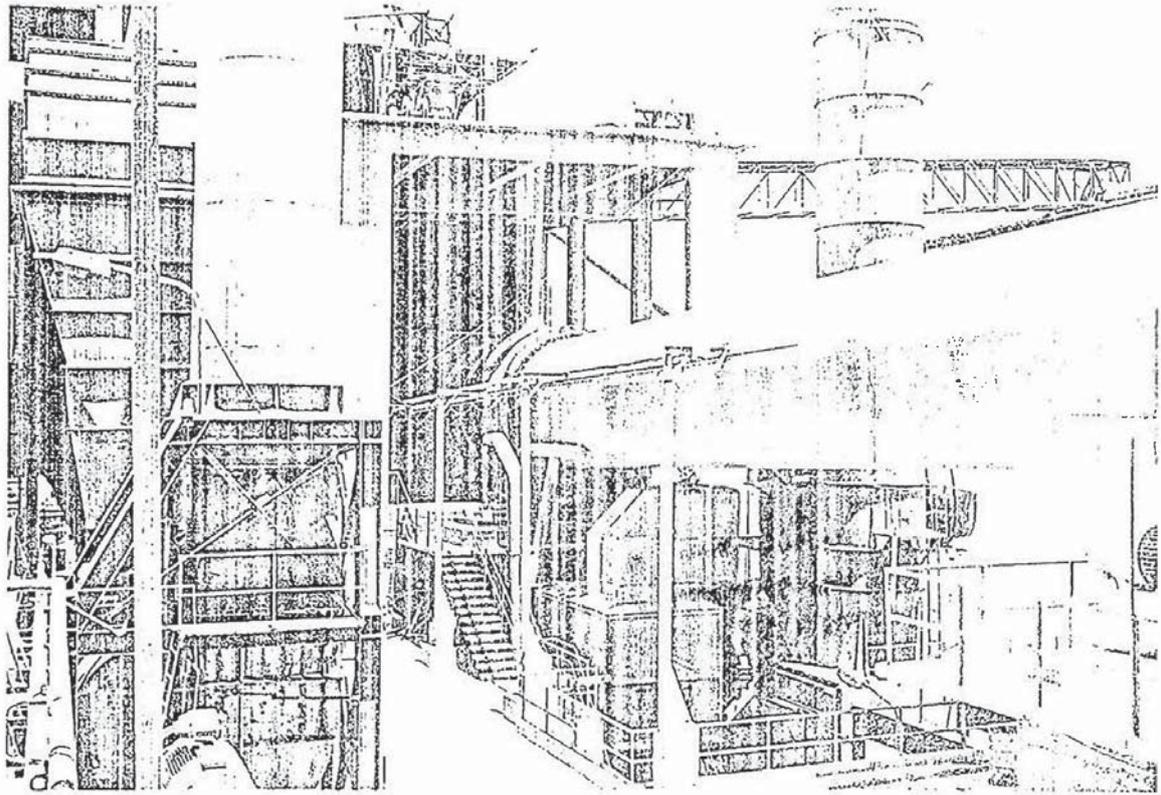


FIG. N° 6 VISTA PANORAMICA DE LA ESTRUCTURA MECANICA

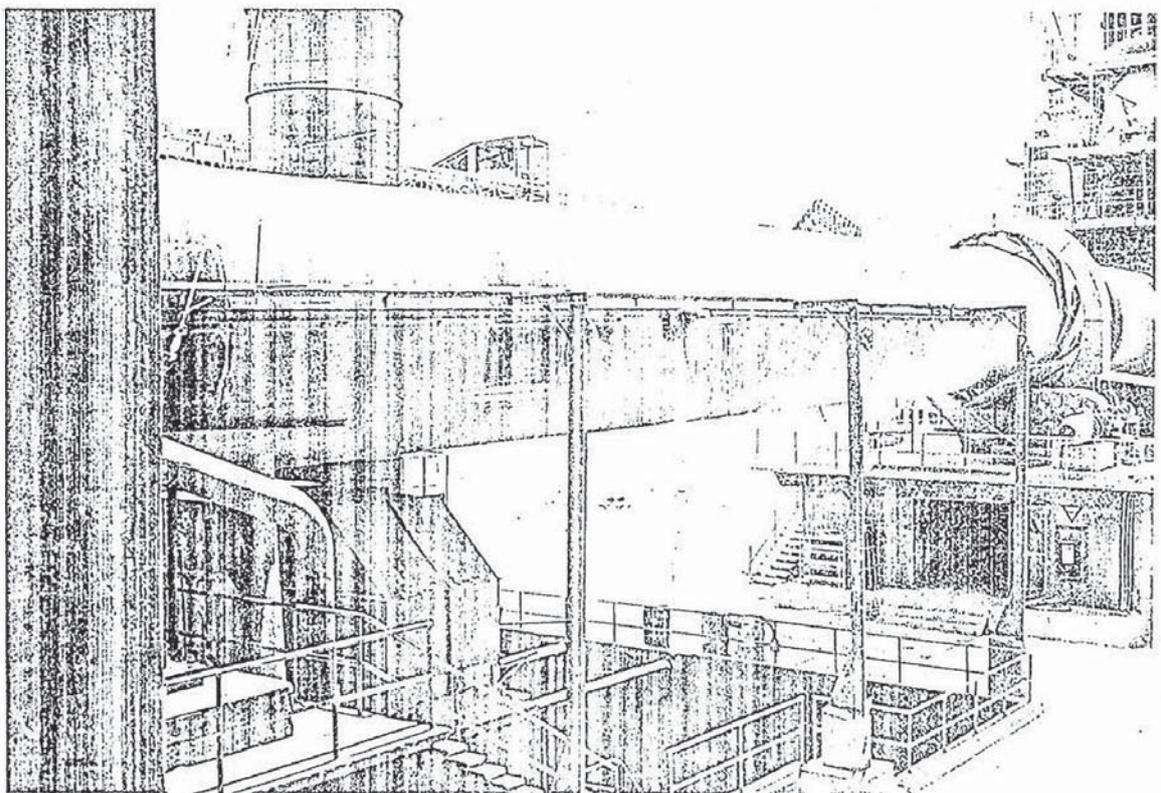


FIG. N° 7 VISTA PANORAMICA DE LA ESTRUCTURA MECANICA

CAPITULO III
DISEÑO, MONTAJE E INSTALACION
DEL SISTEMA DE MEDICION

CAPITULO III
DISEÑO, MONTAJE E INSTALACION
DEL SISTEMA DE MEDICION

1. Requerimientos

La medida de temperatura constituye una de las mediciones más comunes e importantes que se efectúan en los procesos industriales. Por lo tanto, vamos a implementar un sistema que reúna las siguientes características:

- La participación del hombre en el proceso sea mínima
- La máxima inmunidad a ruidos y perturbaciones electromagnéticas.
- Permita ampliar o variar el rango de medición.
- Permita la fácil lectura e interpretación de datos.
- Permita el registro de la información para análisis posteriores.
- Implementación sencilla y fácil mantenimiento.
- Bajos costos de implementación y mantenimiento.
- Operatividad asegurada incluso ante condiciones ambientales adversas.

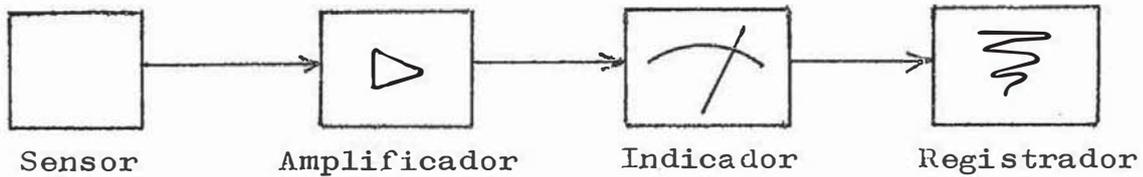
2. Diseño del Sistema de Medición

2.1 Planteamiento de Alternativas

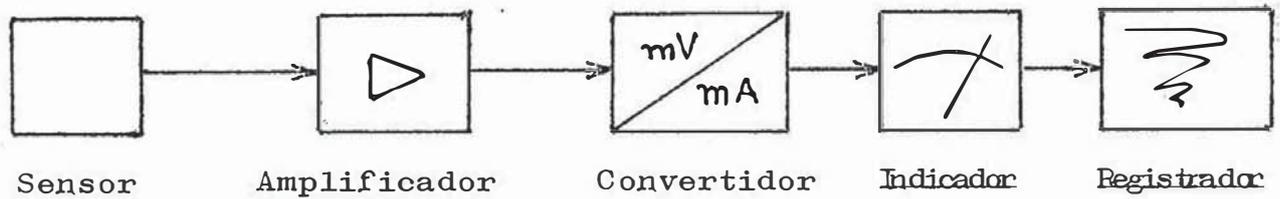
A nivel de diagrama de bloques se plantea las

soluciones siguientes:

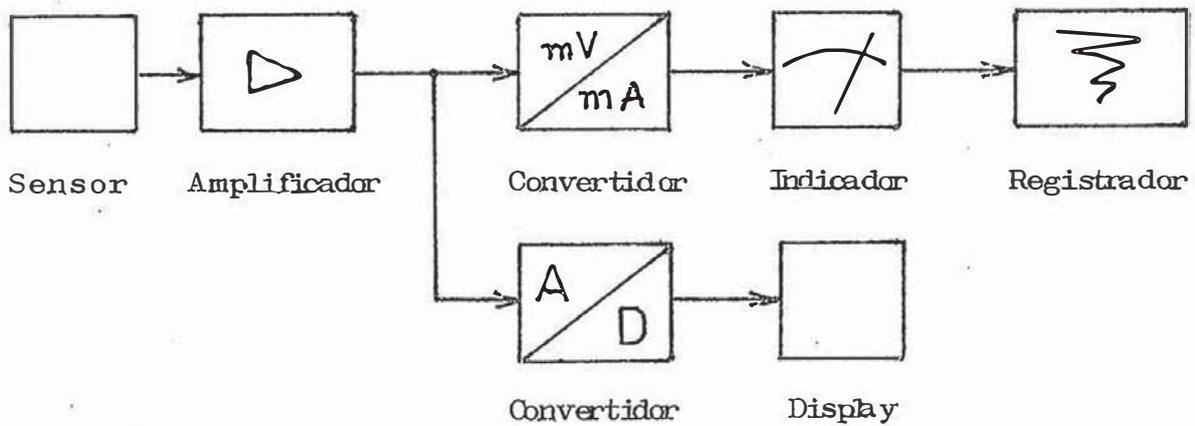
SISTEMA 1



SISTEMA 2



SISTEMA 3



2.2 Elección del Sistema

Naturalmente partiendo del supuesto de que los equipos comunes a los sistemas sean del mismo tipo, calidad y precio procederemos a establecer algunas comparaciones básicas de tipo técnico-económico entre los 3 sistemas enunciados para optar por el más conveniente.

El Sistema 1 por contar con menos elementos es el más económico y fácil de implementar. Tiene el inconveniente de ser más vulnerable a las perturbaciones electromagnéticas y no disponer de salidas digitales.

El Sistema 2 salva la primera desventaja anteriormente señalada al introducir un convertidor tensión corriente, con lo que aseguramos una lectura de temperatura con menos fuentes de error.

Finalmente el Sistema 3 nos permite contar además con salidas digitales, siendo su principal desventaja ser más caro que los otros sistemas por emplear mayor número de dispositivos.

De lo visto anteriormente y dada la realidad logística financiera de Cemento Yura S.A., se concluye que el Sistema 1 es el más conveniente y procederemos a desarrollarlo en el presente capítulo.

2.2.1 Transductores de Temperatura

Las limitaciones del sistema de medida, quedan definidas por la precisión, por la velocidad de captación de la temperatura, por la distancia entre el sensor y el dispositivo receptor y por el tipo de instrumento indicador o registrador.

Los transductores eléctricos de temperatura utilizan diversos fenómenos que son influidos por la temperatura

y entre los cuales figuran:

- a) variación de resistencia de un conductor (sondas de resistencia).
- b) variación de resistencia de un semiconductor (termistores).
- c) f.e.m. creada en la unión de dos metales distintos (termopares).
- d) intensidad de la radiación total emitida por el cuerpo (pirómetros de radiación).
- e) otros fenómenos utilizados en laboratorio (velocidad del sonido en un gas, frecuencia de resonancia de un cristal, etc.).

Los sensores que corresponden a los grupos a), b) y c) son desechados en nuestro caso porque requieren estar en contacto con el medio a medir; siendo el horno rotatorio altamente abrasivo los destruirá en muy breve tiempo y es por esta condición que emplearé como detector de temperatura un pirómetro de radiación.

PIROMETROS DE RADIACION

Los pirómetros de radiación se fundan en la ley de Stefan Boltzmann, que dice que la intensidad de energía radiante emitida por la superficie de un cuerpo aumenta proporcionalmente a la cuarta potencia de la temperatura absoluta del cuerpo, es decir, $W = KT^4$. Desde el punto de vista de medición de temperaturas industriales, las

longitudes de ondas térmicas abarcan desde 0,1 micras para las radiaciones ultravioletas, hasta 12 micras para las radiaciones infrarrojas.

La radiación visible ocupa un intervalo entre la longitud de onda de 0,45 micras para el valor violeta hasta 0,70 micras para el rojo.

Los pirómetros de radiación miden, pues, la temperatura de un cuerpo a distancia en función de su radiación. Los instrumentos que miden la temperatura de un cuerpo en función de la radiación luminosa que éste emite, se denominan pirómetros ópticos de radiación parcial o pirómetros ópticos y los que miden la temperatura captando toda o una gran parte de la radiación emitida por el cuerpo, se llaman pirómetros de radiación total.

PIROMETROS OPTICOS

Los pirómetros ópticos manuales se basan en la desaparición del filamento de una lámpara al compararla visualmente con la imagen del objeto enfocado. Pueden ser de dos tipos: a) de corriente variable en la lámpara y b) de corriente constante en la lámpara con variación del brillo de la imagen de la fuente.

Los pirómetros ópticos automáticos son parecidos a los de radiación infrarrojos que se estudian más adelante y consisten esencialmente en un disco rotativo que-

modula desfasadas la radiación del objeto y la de una lámpara estándar que inciden en un fototubo multiplicador. Este envía una señal de salida en forma de onda cuadrada de impulsos de corriente continua que convenientemente acondicionada modifica la corriente de alimentación de la lámpara estándar hasta que coinciden en brillo la radiación del objeto y la de la lámpara. En este momento la intensidad de corriente que pasa por la lámpara es función de la temperatura.

El factor de emisión de energía radiante depende mucho del estado de la superficie del cuerpo emisor.

El pirómetro dirigido sobre una superficie incandescente no nos dará su temperatura verdadera si la superficie no es perfectamente negra, es decir tiene que absorber absolutamente todas las radiaciones y no reflejar ninguna. En los casos generales es preciso hacer una corrección de la temperatura leída (temperatura de brillo S), para tener en cuenta el valor de absorción (o emisión) de la superficie. Las correcciones pertinentes vienen indicadas en la Tabla II de la página 33.

PIROMETROS DE RADIACION TOTAL

El pirómetro de radiación total está formado por una lente de pyrex, sílice o fluoruro de calcio que concentra la radiación del objeto caliente en una termopila formada por varios termopares de Pt-Pt/Rd de peque--

TEMPERATURAS DE BRILLO S LEIDAS EN EL PIROMETRO								
Factor de emisión monocromáti co	800 (°C)	1,000 (°C)	1,200 (°C)	1,400 (°C)	1,700 (°C)	2,100 (°C)	2,500 (°C)	3,000 (°C)
0.10	+ 137	+ 201	+ 276	+ 365	+ 530	+ 810	+ 1,170	+ 1,800
0.20	94	133	183	240	342	510	725	1,200
0.30	69	96	130	170	245	360	510	750
0.40	51	73	97	125	180	265	370	495
0.50	38	55	72	95	133	197	273	400
0.60	27	39	53	69	97	142	195	290
0.70	19	28	37	48	66	90	134	170
0.80	12	17	23	29	41	59	83	115
0.90	6	8	11	14	19	27	39	55

TABLA N° II - Corrección a la temperatura de brillo S leída en un piró-
metro monocromático para obtener la temperatura verdade-
ra .-

ñas dimensiones y montados en serie. La radiación está enfocada incidiendo directamente en las uniones calientes de los termopares.

La f.e.m. que proporciona la termopila depende de la diferencia de temperaturas entre la unión caliente (radiación procedente del objeto enfocado) y la unión fría. Esta última coincide con la de la caja del pirómetro, es decir, con la temperatura ambiente. La compensación de esta se lleva a cabo mediante una resistencia de níquel conectada en paralelo con los bornes de conexión del pirómetro.

La compensación descrita se utiliza para temperaturas ambientes máximas de 120°C. A mayores temperaturas se emplean dispositivos de refrigeración por aire o por agua, que disminuyen la temperatura de la caja en unos 10 a 40°C por debajo de la temperatura ambiente.

En la medición de bajas temperaturas la compensación se efectúa utilizando además una resistencia termostática adicional que mantiene constante la temperatura de la caja en unos 50°C, valor que es un poco más alto que la temperatura ambiente que pueda encontrarse y lo suficientemente bajo como para no reducir apreciablemente la diferencia de temperaturas útil.

La relación entre la f.e.m. generada y la temperatura del cuerpo es independiente de la distancia entre el

cuerpo y la lente (excluyendo la presencia de gases o vapores que absorban energía) siempre que la imagen de la superficie del cuerpo emisor de la radiación cubra totalmente la unión caliente de la termopila. El fabricante normaliza la relación entre las dimensiones del objeto y su distancia a la lente, para garantizar unas buenas condiciones de lectura. De este modo existen pirómetros de radiación de ángulo estrecho (factor de distancia 20:1) y de ángulo ancho (factor de distancia 7:1)

Un problema de gran importancia es la selección del material de la lente que se debe transmitir la máxima energía compatible con la gama de radiaciones emitida.

Las lentes de Pyrex se utilizan en el campo de temperaturas de 850°C a 1750°C y la lente de sílice fundida en el intervalo de 450°C a 1250°C y la lente de fluoruro de calcio para temperaturas inferiores.

Señalemos ahora algunos aspectos de la aplicación de los pirómetros de radiación en la medición de temperaturas de cuerpos negros, opacos y transparentes.

Un cuerpo opaco emite a una temperatura dada, una cantidad de energía de radiación que depende del material y de la forma de la superficie. La medida de la característica relativa del cuerpo para emitir energía radiante recibe el nombre de coeficiente de emisión o emisividad.

El cuerpo negro posee una emisividad igual a la unidad y emite la máxima energía radiante. Los cuerpos cuyo coeficiente de emisión sea menor que la unidad se conocen como cuerpos opacos.

Si la emisividad del cuerpo es conocida, el instru-mento receptor lleva acoplado un pequeño reóstato de ajuste que permite ajustar directamente la lectura a la temperatura exacta del cuerpo caliente.

Al captar la radiación de un cuerpo opaco, la f.e.m. observada en la termopila es menor que la correspondiente a la temperatura verdadera siendo su relación:

$$\text{f.e.m. equivalente} = \frac{\text{f.e.m. observada}}{\text{emisividad}}$$

La energía radiante que emerge de una pequeña aber-tura en la pared de un recinto calentado uniformemente y con paredes opacas (que tenga o no objetos en su interior a la misma temperatura), tiende a ser radiación de cuerpo negro, ya que la energía que entra o sale de la abertura no se refleja sino que es absorbida a través - de las innumerables reflexiones internas. Este es el caso de muchas instalaciones industriales en las que el pirómetro enfoca directamente a una abertura del horno, o al extremo de un tubo de mira cerrado.

Un pirómetro de radiación calibrado para condicio--nes de cuerpo negro indicará una baja temperatura al en

focar a un cuerpo opaco instalado en el exterior de forma que éste no refleje prácticamente energía radiante - de otras fuentes.

El coeficiente de emisión de un cuerpo a 0,65 micras (longitud de onda a la que es sensible el pirómetro óptico) es mayor que su emisividad total y por tanto los errores que se cometen al tomar un coeficiente igual a la unidad en condiciones que se desvían del cuerpo negro son mayores en el pirómetro de radiación total que en el óptico. Así pues, con correcciones de emisión adecuadas, el pirómetro óptico es muy útil para comprobar los pirómetros de radiación.

Las consideraciones anteriores se han aplicado a cuerpos opacos y son válidas también para cuerpos no opacos (como el vidrio), pero incluyendo un término adicional de transparencia (o trasmisión).

Dentro de la banda de ondas de operación, el pirómetro no puede distinguir entre la energía emitida por el cuerpo y la transmitida y reflejada por otras fuentes de radiación. En la Figura N° 8 página 38 puede verse que el pirómetro P recibe la energía reflejada R emitida por el cuerpo A, la energía transmitida T emitida por el cuerpo C y la energía E emitida por el cuerpo B. Cualesquiera de las radiaciones recibidas puede ser la deseada, ya que, por ejemplo, puede interesar la temperatura de C, y B puede consistir en llamas o humos, y A

las paredes del horno. En el caso de medir la temperatura de B la condición más desfavorable se presenta cuando su temperatura es baja y sus coeficientes de reflexión o de transmisión o ambos son altos y la temperatura de A o C o ambas elevadas. La radiación deseada queda -- muy enmascarada. Tal es el caso de una chapa de aluminio expuesta a radiaciones parásitas de superficies calientes, llamas, etc. El empleo de blindaje ayuda a resolver el problema.

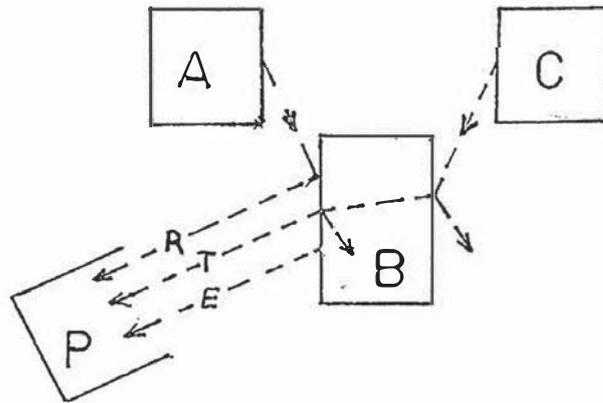


Fig. N° 8 - TIPO DE RADIACION RECIBIDA
POR UN PIROMETRO

En un crisol conteniendo vidrio en fusión, la energía radiante emitida por el fondo a las paredes del crisol puede emerger a través del vidrio. Si el crisol es opaco, su energía radiante es la propia de un cuerpo negro y puede transmitirse parcialmente a través del vidrio hacia el exterior. Así pues, la energía radiante emitida estará compuesta de la del crisol y de la propia

del vidrio.

Las dificultades expuestas y los problemas que se presentan para determinar la temperatura verdadera de un cuerpo mediante pirómetros de radiación pueden hacer creer al lector que la regulación de temperaturas con estos instrumentos es muy difícil. Sin embargo, hay que señalar afortunadamente que en muchos procesos las condiciones de trabajo son repetitivas, de este modo -- aunque se desconozcan la emisividad o se presenten radiaciones parásitas o el cuerpo sea transparente se regulará el proceso en condiciones idénticas, es decir, a iguales indicaciones del instrumento, ya que es más importante este punto que la detección de la temperatura real del proceso.

Han habido varios intentos para proyectar un pirómetro cuyas lecturas fueran independientes del coeficiente de emisión del cuerpo. El modelo más logrado es el denominado pirómetro de relación o de dos colores que divide la radiación del objeto en dos haces medidos por dos células de silicio similares, una de ellas dispone de un filtro que sólo deja pasar la radiación de longitud de onda más corta (0,65 micras) y la otra en la zona de 0,9 micras. La relación entre las dos corrientes de salida de la célula es una medida de la temperatura del objeto. Su empleo es excelente en los llamados cuerpos grises, es decir, aquellos cuyo coeficiente de emi

sión es constante para todas las longitudes de onda. Por otro lado este pirómetro permite medir a través de atmósferas de humos, vapor y polvo ya que por su principio de funcionamiento la lectura es teóricamente independiente de la absorción de la atmósfera intermedia. El elevado precio de este instrumento y el perfeccionamiento general de los pirómetros de radiación han hecho que el pirómetro de relación no se haya difundido tan ampliamente como sería lógico de acuerdo con sus características. En la industria, aumentan de día en día las aplicaciones de medición de temperatura que requieren el empleo de pirómetros de radiación para enfocar objetos más pequeños a velocidades mucho más rápidas y con respuesta limitada a pequeñas zonas del espectro.

El pirómetro de radiación por su constitución genera una señal débil que no permite ser amplificada con amplificadores de c.c. debido a su deriva de cero, por lo cual es necesario aplicar una técnica totalmente distinta: interrumpir cíclicamente la radiación que va del objeto al detector a fin de aplicar técnicas de c.a. con su característica alta estabilidad para amplificar la corriente continua pulsante.

El pirómetro de radiación de termopila ya estudiado, tiene el inconveniente de su baja velocidad de respuesta, que no permite la interrupción óptica de alta velocidad por lo cual se emplean detectores foto-eléctricos

tro hilos, dos hilos para la corriente de alimentación (I) y los otros dos para obtener caída de tensión debido a la resistencia interna R que varía con la temperatura a través del cristal. La señal de salida es : $I^2 R$ teniendo presente que la potencia disipada por la corriente de alimentación sea baja para no dar lugar a errores de autocalentamiento. El sensor es capaz de medir temperaturas muy bajas de $1,5^\circ\text{K}$ a 10°K , su escala no es lineal y se utiliza en procesos criogénicos con preferencia sobre las sales paramagnéticas.

2.2.2 Instrumentos Registradores

Para no perder la información obtenida en el proceso de medición se emplean los instrumentos llamados registradores, los cuales difieren en forma, tamaño, modo de registro, consumos de potencia, grado de precisión, señal de entrada, rango de medición, etc.

Los más frecuentes de encontrar en la industria son los de trazo continuo (simples, dobles, triples) y los de línea punteada (normalmente múltiples).

Los registradores de trazo continuo se emplean para grabar información que varía relativamente rápido en el tiempo, como por ejemplo: flujo, tensión, potencia y corriente.

Los registradores de línea punteada, dependiendo del tipo pueden grabar 6, 12 y hasta 24 puntos en una sola-

carta. Los valores medidos son conectados secuencialmente a través de un interruptor selector, que trae incorporado el mismo registrador. Debido a este método de muestreo intermitente, los valores medidos no deberán tener una variación mayor al 2% entre ciclos de medición, de otro modo el trazo producido no será una línea coherente sobre la carta.

Este tipo de registrador son comunmente más usados para grabar variables, los cuales varían relativamente suaves, como por ejemplo la temperatura medida en control de procesos.

Para grabar simultaneamente muchas variables independientemente medidas en una sola carta, el registrador de línea punteada es el instrumento ideal. El costo por punto de medición es bajo.

3. Selección de Equipo y Material

Debo recordar la condición impuesta por Cemento Yura S.A., la cual consiste en evitar en lo posible la adquisición de nuevos equipos.

Para la implementación del sistema 1, basta con tener un transductor de temperatura, un instrumento registrador y cables especiales.

3.1 Sensor de Temperatura

Como señalé anteriormente en la descripción del proyecto emplearé el pirómetro rescatado del sistema de barrido angular.

Este sensor es un detector de temperatura tipo RAYOTUBO de doble espejo y modelo 8893-B.

3.1.1 Descripción General

El sensor 8893-B es un pirómetro de radiación total que emplea un sistema óptico de doble espejo para enfocar el calor radiado desde la fuente cuya temperatura está siendo medida hasta un disco ennegrecido y contiguo a la juntura de medición o termopila. La temperatura del disco se incrementa hasta que la cantidad de calor perdida por el disco es igual a la cantidad de energía absorbida desde la fuente. Desde que las junturas de referencia de la termopila están a la temperatura del alojamiento, la diferencia de temperatura entre las junturas de medición y referencia producen una salida de milivoltaje el cual, en el instrumento de medición, es indicado en términos de la temperatura de la fuente.

El detector rayotubo es más útil como un dispositivo indicador de temperatura que como un detector primario de temperatura.

El detector es calibrado para condiciones de cuerpo negro, las cuales son obtenidas solamente cuando el detector mira dentro de un horno de cuerpo negro o un tubo de mira cerrado. La energía calórica radiada por el extremo cerrado del tubo de mira es sensada por el detector.

Aplicaciones de vista directa pueden producir que el detector indique una menor o mayor temperatura que la real, dependiendo de los efectos de emitancia del radiador, bandas de absorción, partículas sólidas, reflexión, etc.

Con el uso de un compensador de emitancia, el sensor puede ser usado con un registrador u otro instrumento adecuado de medición para entregar una indicación -- verdadera de temperatura. Posteriormente hablaremos del compensador de emitancia.

El alojamiento del sensor esta herméticamente sellado para evitar vapor, humo o polvo que contamine la termopila y espejos.

El detector está compensado en temperatura para mantener una salida de milivoltios relativamente constante para una fuente de temperatura dada, sobre un amplio rango de temperatura ambiente. Si no hubiera dicha compensación la salida de milivoltios decrecería ligeramente con un aumento de la temperatura ambiente.

Por la adición de un conductor térmico de apropiado coeficiente térmico y tamaño, desde las juntas de medición a las juntas de referencia (aisladas del circuito eléctrico) el flujo patrón de calor desde las juntas de medición a las de referencia es alterado para preservar la temperatura del alojamiento del sensor, sobre un rango de 32 a 212° F y hasta 40° F por minuto.

3.1.2 Explicación de Operación

La Figura N° 9 - página 47 muestra los detalles básicos de construcción.

La radiación desde la fuente de calor, entra por la ventana 5, es enfocada por el espejo 12 para formar una imagen perfectamente definida sobre la superficie 8. Una pequeña abertura 9 en este disco permite que una porción de la energía de calor radiada llegue hasta el espejo 11, el cual la enfoca sobre la junta de medición de la termopila 10.

Desde que la imagen de la fuente radiante, sobre la superficie 8, puede ser claramente vista a través del lente 2, el sensor es fácilmente posesionado para medir un área específica simplemente observando que la imagen del área cubra la abertura 9.

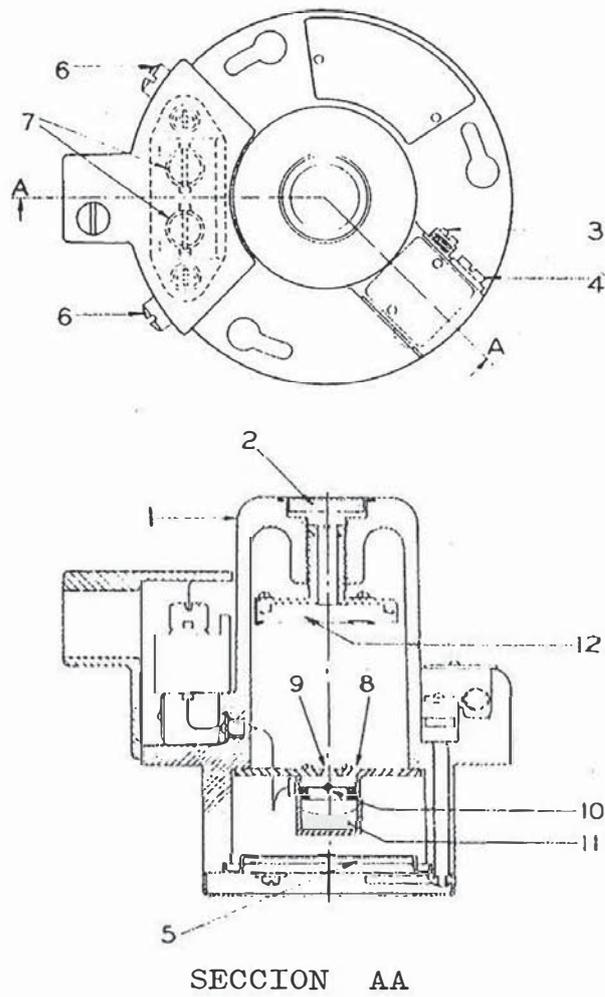


Fig. N° 9 - VISTA DE PLANTA Y SECCION DEL
SENSOR 8893-B

3.1.3 Características Principales

Velocidad de respuesta, enfoque, rango de temperatura y salida del detector son los rasgos que distinguen a un detector de otro.

Estas características están resumidas en la Tabla N° III

T I P O	Velocidad de Respuesta	Constante de Tiempo (Seg)	Enfoque (Pulg)	Factor de Mira (x)	Rango Estándar de Temp.	Salida de Cuerpo Negro (m.v.)
8893-B	Normal	1.8	9-18	0.086	RAYOS CAN	3.5 mfn para 1000° F

Aclaremos algunos conceptos vertidos anteriormente.

- ENFOQUE: Es expresado como la distancia total entre la ventana del sensor y la superficie a medir. Cada detector es preenfocado para la instalación particular en la cual se usará sobre la base de la información suministrada por el usuario. Este ajuste es sellado y no puede ser cambiado excepto por el fabricante.

Cuando el detector 8893-B es focalizado para 18 pulg gadas, este también puede ser usado para mayores -

distancias. La máxima distancia está determinada por el tamaño de la superficie vista.

Esta distancia puede ser calculada usando la siguiente fórmula:

$$D = \frac{T}{X} - 2.5$$

donde:

D = distancia desde la ventana al punto de medición (en pulgadas).

T = diámetro del objeto a medir (en pulgadas)

X = factor de mira (ver Tabla N° III - pág. 48)

Para distancias menores a 18 pulgadas, use el detector dentro del enfoque especificado para operación satisfactoria.

. **CONSTANTE DE TIEMPO:** Es el lapso requerido por el detector para lograr el 63.2% de la diferencia entre la salida de milivoltios inicial y final cuando es expuesto repentinamente a una fuente de alta temperatura.

. **VELOCIDAD DE RESPUESTA:** Los detectores son clasificados por tener alta, normal y baja velocidad de respuesta.

Detectores con alta velocidad de respuesta (0.15 a 0.26 segundos de constante de tiempo) pueden ser u

sados para medir temperatura a lo largo de cuerpos en movimiento, en donde normalmente el área - vista es pequeña y hay variaciones rápidas de temperatura.

Detectores de baja velocidad de respuesta (constante de tiempo 6.6 segundos) son usados principalmente cuando no se desea una medida rápida, o cambios erráticos de temperatura por ejemplo, si deseamos medir la temperatura de una llama flameante para minimizar fluctuaciones de señal que podrían causar excesivos trazos en un registrador y acciones en un controlador.

Nuestro detector corresponde a los llamados de velocidad normal de respuesta (constante de tiempo 1.8 segundos).

La Figura N° 10 de la página 51, muestra la curva de respuesta correspondiente con la Tabla N° IV - de la página 52.

Finalmente la Tabla N° IV de la página 52 muestra la salida en m.v. Vs temperatura para el sensor 8893-B.

3.2 Instrumento Registrador

Para registrar e indicar los valores de temperatura es utilizado el SPEEDOMAX H. (registrador po

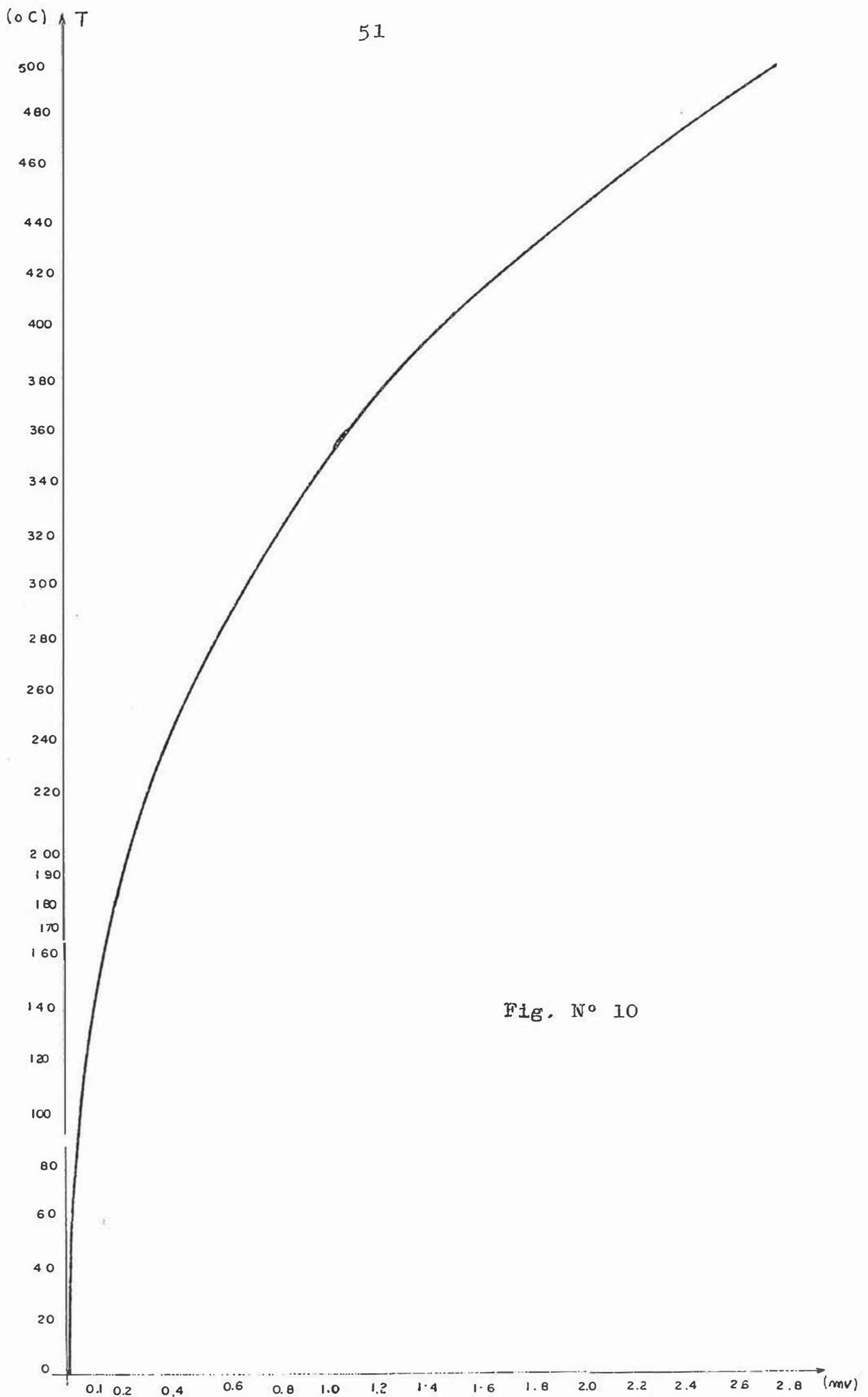


Fig. N° 10

TABLA N° IV

RANGO ESTANDAR DE TEMPERATURA VS SALIDA
DE m.v. PARA CONDICIONES DE CUERPO
NEGRO

TEMPERATURA (°C)	SALIDA (m.v.)
760	10.50
750	9.63
700	7.75
650	6.18
600	4.87
550	3.76
500	2.84
450	2.08
400	1.48
350	1.05
300	0.70
280	0.59
260	0.49
240	0.40
220	0.32
200	0.26
190	0.23
180	0.20
170	0.18
160	0.16
150	0.14
140	0.12
130	0.11
120	0.09
110	0.08
100	0.07

tenciométrico de trazo continuo). Registrador que se encontraba inoperativo por estar fuera de rango, pues siendo de múltiple aplicación no era compatible con ninguno de los transductores de Planta. Recien a partir de 1 mv empezaba a realizar registros de medición.

3.2.1 Datos Técnicos

Tolerancia de medida \pm 0.3% de la longitud de la escala, tiempo de respuesta 5 segundos en toda la escala, conexión a la red 120 voltios - 60 Hertz, consumo de potencia 40 voltios-amperes, temperatura ambiente admisible -9 a 50°C, velocidad de la carta 3 pulgadas por hora.

Caja gris de aluminio fundido (305 x 279 x 330 mm)

Serie N° E74-13673-1-1

Tipo S Recorder

Fabricante: LEEDS & NORTHRUP COMPANY-NORTH WALES,

P.A. - U.S.A.

3.2.2 Principio de Funcionamiento

Una diferencia entre las tensiones E_x y $E_2 = E_D$ (Fig. N° 11 - página 54), origina una corriente a través del amplificador. El ondulator de la entrada es piloteado con el ritmo de la frecuencia de la red, convirtiendo a E_D en una tensión alterna.

El amplificador suministra al devanado de mando -

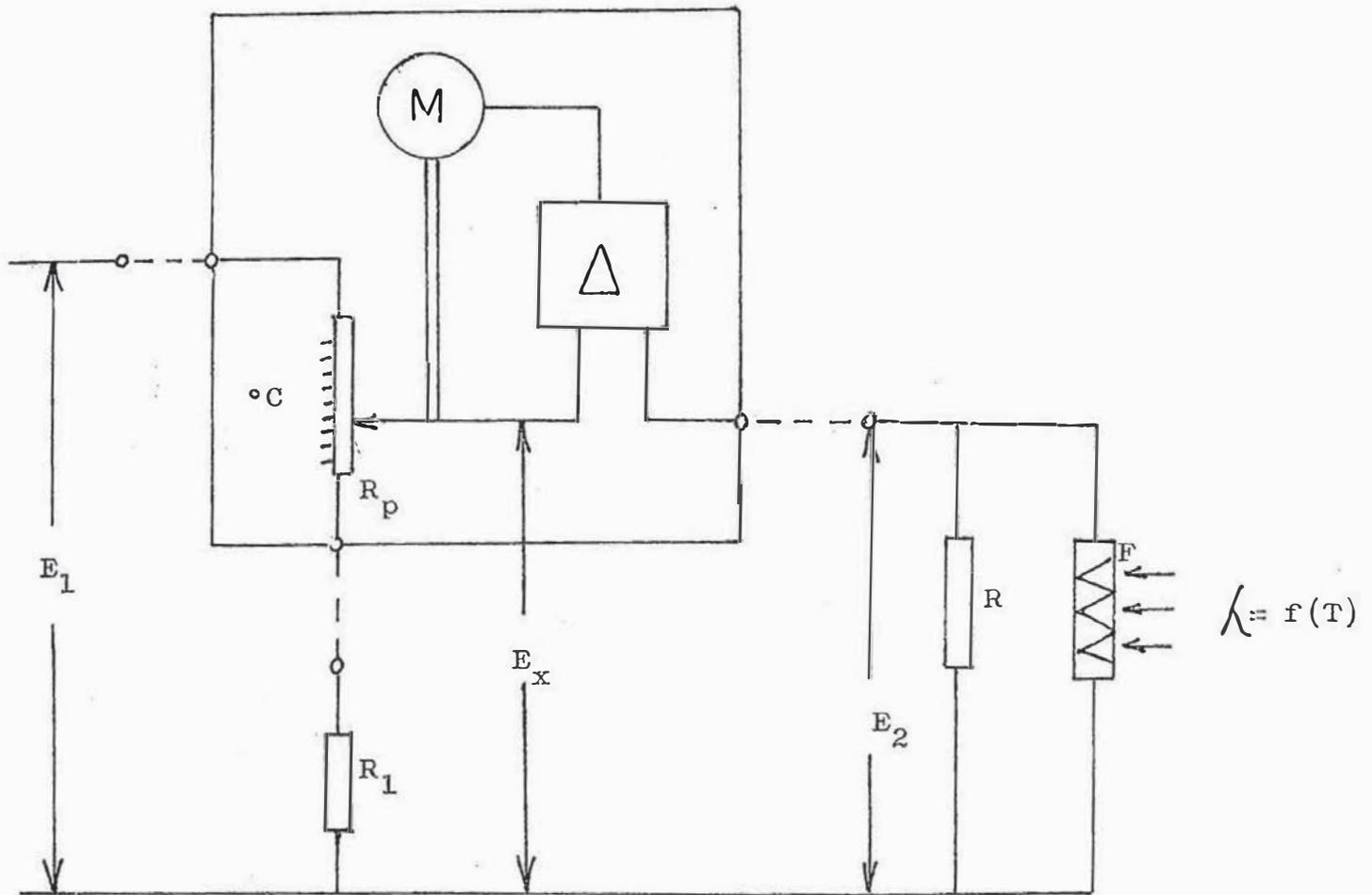


Fig. N° 11 - ESQUEMA FUNDAMENTAL PARA MEDIR
TEMPERATURA CON EL PIROMETRO F
Y EL REGISTRADOR

del motor de medida una tensión alterna con una frecuencia de 60 Hz, cuya fase se desplaza, respecto a la tensión de la red, en $+90^\circ$ ó $+270^\circ$, según la polaridad de la tensión de entrada. Ya que el devanado de línea del motor de medida se encuentra conectado a la tensión de la red, fluyen en ambos devanados corrientes que se encuentran desplazados $\pm 90^\circ$. El campo giratorio resultante tiene, por lo tanto, un sentido de giro dependiente de la polaridad de la tensión de entrada E_D en el amplificador. La corriente de salida del amplificador pilota al motor de medida, y este gira el cursor del potenciómetro de medida R_p de forma que se haga $E_x = E_2$. Con ello queda equilibrado el circuito de medida, y la posición del cursor del potenciómetro corresponde al valor de la temperatura.

El carro registrador con la plumilla y la aguja indicadora se mueve a lo largo de una varilla guía y está acoplada con el cursor del potenciómetro.

3.3 Cables

Para el procesamiento de la señal de milivoltios, función de la temperatura de la chapa del casco del horno, emplearemos dos tipos de cables. El primero partirá del sensor mismo y llegará a la denominada caja de paso KM 1 y desde ésta partirá un segundo cable hasta el tablero de mando y control.

Ambos cables son blindados para apantallar contra perturbaciones electromagnéticas y son tendidos por lo menos a 50 centímetros de toda línea de fuerza.

El primer tramo emplea 22 mts de cable W001, ejecución flexible, plano, aislamiento de PVC, camisa de PVC con resistencia térmica de hasta 105°C, configuración - 5 x 1.5 mm².

El segundo tramo utiliza 85 mts. de cable W002, YSL-C-OZ, 1 mm².

. Características del cable YSL-C-OZ, 1 mm² :

Conductor de hilo fino de cobre

1 mm², 32 x 0.20 mmØ

Aislamiento PVC

Trenzado por hilos, envoltura de las almas

Camisa interior de PVC

Trenza de cobre

Camisa exterior de PVC, gris

Ejecución flexible.

4. Montaje e Instalación

4.1 Del Sensor de Temperatura

El sensor va alojado en el interior de un cuerpo cilíndrico de aluminio, el que a su vez irá fijo a la parte inferior del carro transportador mediante 2 pernos de sujección y alineamiento. La base frontal del cuerpo cilíndrico actúa como tope mecánico del sensor a la vez que le permite la llegada libre de la radiación a medir. La contra tapa es entornillable para permitir la entrada y salida del sensor en caso necesario. De esta forma aseguramos su traslación de manera segura y la toma correcta de información. También se permite una fácil limpieza de la ventana y acceso inmediato al sensor en caso necesario.

Refiriéndonos a la Fig. N° 9 , de la página 47 , el conexionado del cable se realiza de la siguiente manera: aflojar los 2 tornillos 6 y luego remover la cubierta terminal. Insertar el cable conector a través del orificio en el lado de la cubierta, de tal manera que la polaridad de las líneas coincida con la polaridad de los terminales 7. Conecte las líneas a los terminales y deslice la cubierta sobre el cable, y sitúela en la posición apropiada. Ajustar los dos tornillos 6 para asegurar la cubierta en posición de trabajo.

Dejo una longitud suficiente de cable (aproxim. 50 cm) en el detector para permitir su remoción sin necesidad de desconectarlo.

4.2 Del Registrador

El registrador fue montado en el panel vertical de señalización y mando correspondiente al molino de Cemento I, cuidando de no exponerlo a irradiaciones térmicas de hornos o aparatos semejantes en las cercanías, cumpliendo requerimientos del fabricante de temperatura ambiente admisible dentro del rango -9 a 50°C.

Para tal efecto se hizo un recorte de 10 9/16" x 11 1/32" en el tablero de montaje, se introdujo el registrador y se le aseguró con 4 pernos de sujeción.

De esta forma el operador dispone de fácil acceso para la lectura de interpretación de datos.

Al realizar la instalación eléctrica se tuvo en cuenta las normas vigentes para instalaciones de corrientes industriales.

La resistencia máxima admisible entre sensor y registrador es 2Ω por conductor. El conductor de medida no está próximo a campos de dispersión y la resistencia de aislamiento de cada conductor, medida entre los conductores mismos y entre ellos y tierra es igual o superior a $3 M \Omega$.

En la parte posterior queda la caja de conexiones a donde llegan los cables de red y medición, los cuales ingresan por diferentes recorres y prensaestopas.

El cable de alimentación de red se conecta a los bornes L1 y L2, el cable de medición a los bornes marcados con + y - cuidando la polaridad de la señal emitida por el detector de temperatura. Finalmente la caja toda queda conectada a tierra a través del respectivo borne de tierra.

El plano F 30- KMO muestra el circuito eléctrico de medición.

5. C a l i b r a c i ó n

En el instrumento registrador, por no disponer de información adecuada se tuvo que hacer modificaciones de orden empírico en la tarjeta de rango (sellada de fábrica), reemplazando una a una las resistencias del - circuito impreso por potenciómetros y después de varios intentos modificatorios se consiguió corregir el rango de medición del registrador haciéndolo compatible con la señal de milivoltios entregada por el sensor de temperatura, los valores de resistencia logrados por los potenciómetros fueron anotados para el reemplazo definitivo de resistencias fijas con una tolerancia de 0.1%

Para efectuar la calibración global del sistema -

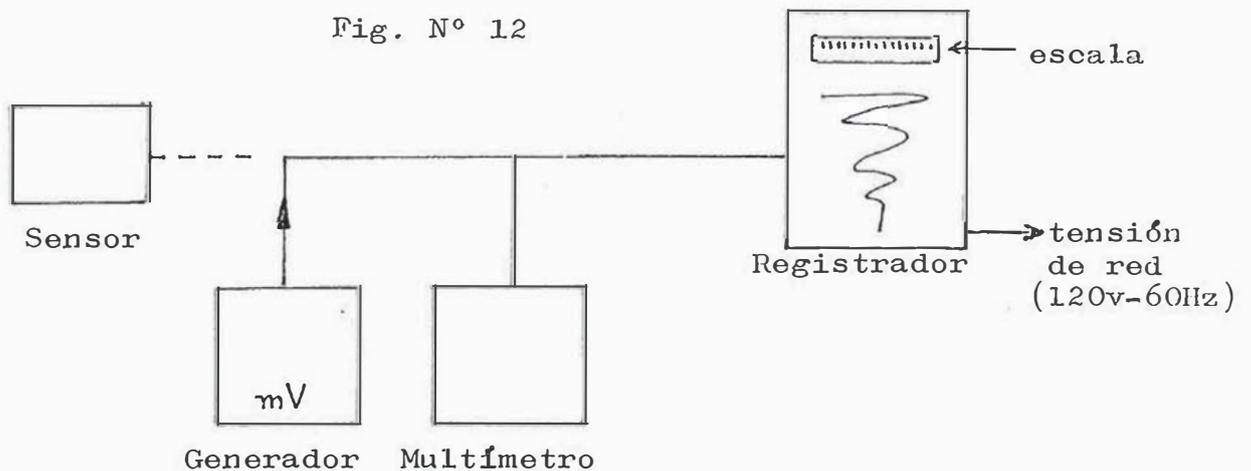
de medición, emplearemos los siguientes instrumentos auxiliares:

- a) Multímetro electrónico
 Marca GOERZ-BBC
 Modelo UNIGOR 6e
 Precisión Clase 1
 81 Rangos de Medición
- b) Generador de Señales (mv mA)
 Marca HARTMANN & BRAUN A.G.
 Modelo AZP7
 Serie N° 30722987

5.1 Procedimiento

Dado que es conocida la señal de salida en m.v. del sensor de temperatura como función de la temperatura del cuerpo que está en medición (Tabla N° IV, pg.52) reemplazamos el sensor por un generador de m.v.

Disponemos los equipos como se muestra:



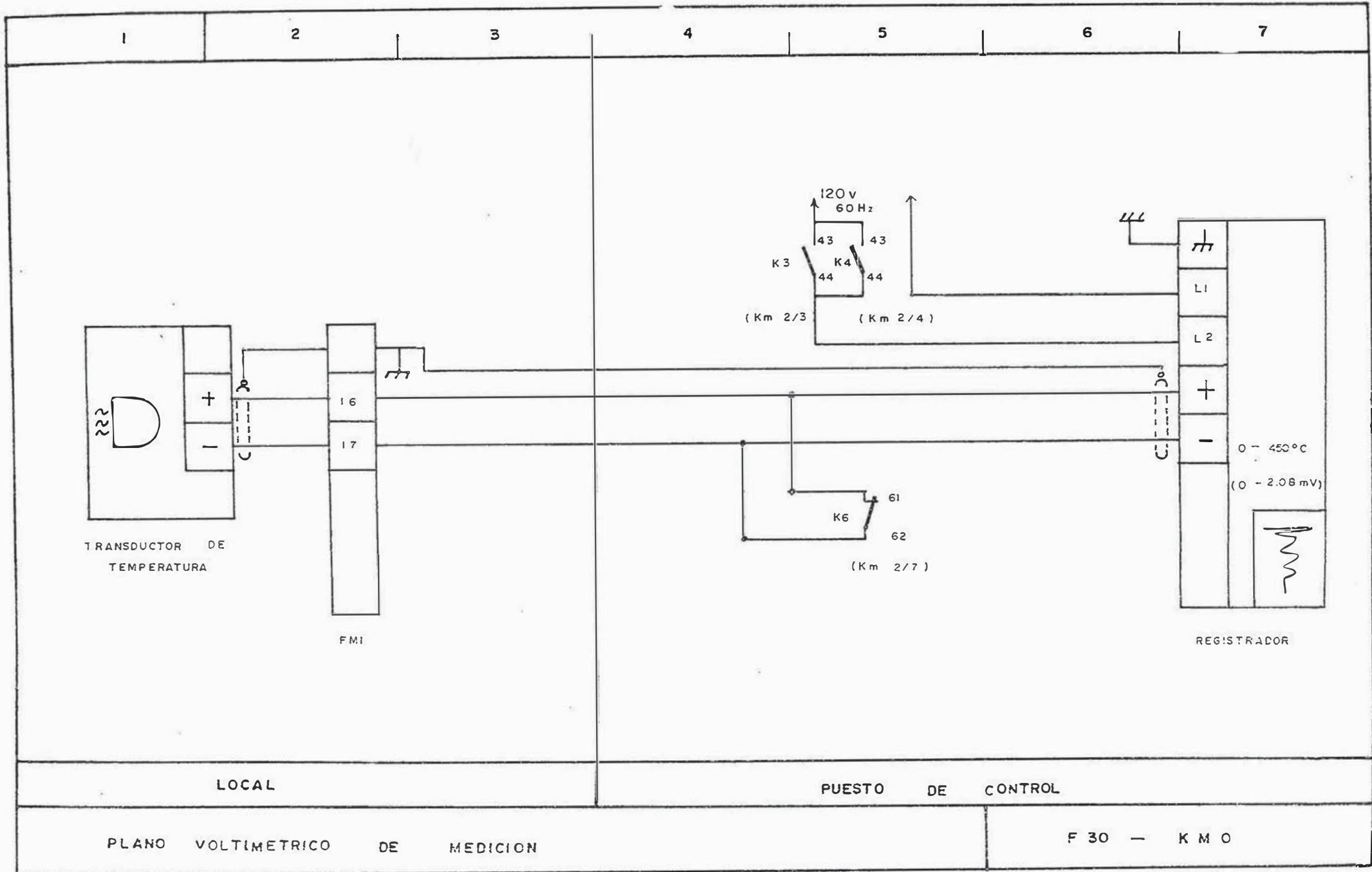
Procederemos de la siguiente manera:

- El generador de señal se colocó en el rango de 0-50 mv DC.
- El multímetro se coloca en el rango 0-1, 0-3 mv según sea el caso.
- Se da tensión de alimentación al registrador y después de aproximadamente 5 minutos, se coloca el dial de compensador de emitancia en el 50% de su escala (0-100).
- Luego procedemos a inyectar señal al cable de medición por el lado del sensor previamente desconectado.
- Con el cursor de ajuste fino del generador vamos aumentando suavemente la señal hasta 2.08 mv (corresponden a 450°C medidos por el sensor) y para lograr el máximo de desplazamiento del cursor del registrador es necesario ajustar el compensador de emitancia en 40%.
- Luego regresamos a inyectar 0.05 mv y marcamos en el registrador el valor indicado sobre la escala.
- Entonces aumentamos el milivoltaje de salida del generador y vamos marcando en el registrador, paso a paso el valor señalado por la aguja indicadora.
- De esta forma se construye sobre el registra-

dor una escala de temperaturas, perfectamente calibrada con la señal que entregará el sensor de medición.

- Este proceso de calibrado, asume todas las perturbaciones electromagnéticas del medio, dando así una lectura e indicación con un mínimo margen de error.

Nota.- En los Apéndices A1 y A2 se encontrará información adicional sobre los equipos empleados en este Proyecto y que se mencionan en este Capítulo.



CAPITULO IV

DISÑO, MONTAJE D INSTALACION DEL SISTEMA DE CONTROL
DEL TRANSPORTADOR DEL SENSOR DE TEMPERATURA

CAPITULO IV

DISEÑO, MONTAJE E INSTALACION DEL SISTEMA DE CONTROL
DEL TRANSPORTADOR DEL SENSOR DE TEMPERATURA1. Requerimientos

El sistema de control del transportador deberá sa
tisfacer los siguientes requerimientos:

- Permitir al sensor leer la temperatura exterior de la chapa del horno en los primeros 20 metros.
- Cada medición se hará durante el tiempo que demore el horno en dar una revolución, por lo menos.
- Permita efectuar la traslación en forma automática, metro a metro, después de cada medición.
- Permita además efectuar una traslación en forma manual para atender situaciones especiales.
- Logre un transporte eficiente y seguro del sensor.
- Implementación sencilla y fácil mantenimiento.
- Bajos costos de implementación y mantenimiento.

2. Diseño del Sistema

El sistema de control del transportador del sensor deberá procesar un conjunto de señales que permitan una traslación automática-manual del transductor de temperatura.

En primer lugar debemos contar con una señal que - de inicio al ciclo de trabajo cuando el operador del - horno lo estime conveniente. Esta señal puede ser generada mediante un interruptor pulsador.

Debemos disponer de otra señal que memorice el sentido de marcha seleccionado (traslación hacia abajo o - hacia arriba). Esta señal se puede lograr mediante un contactor que se mantenga autoalimentado.

Deberá aprovecharse el giro del horno para generar una señal que de comienzo en forma automática al proceso de transporte del sensor. Esta señal puede lograrse mediante un interruptor fin de carrera.

Para realizar la medición a, por lo menos una circunferencia del casco del horno, debemos disponer de una señal que anule convenientemente las órdenes generadas en el paso anterior. Esta señal de inhibición se - puede lograr mediante un relé temporizado.

Un accionamiento motorizado se encargará del des--plazamiento del transportador del sensor. Dicho motor será adecuadamente energizado para lograr el avance de un metro entre mediciones.

Además es necesario disponer de señales que permitan la inversión automática del sentido de traslación, cuando el transportador llegue a los extremos del trayeco

to de medición. Estas señales pueden ser generadas mediante interruptores fines de carrera.

Finalmente, debemos disponer de la opción de lograr una traslación en forma manual, esto se puede lograr - mediante una llave de commutación.

Entonces empezaremos por denominar:

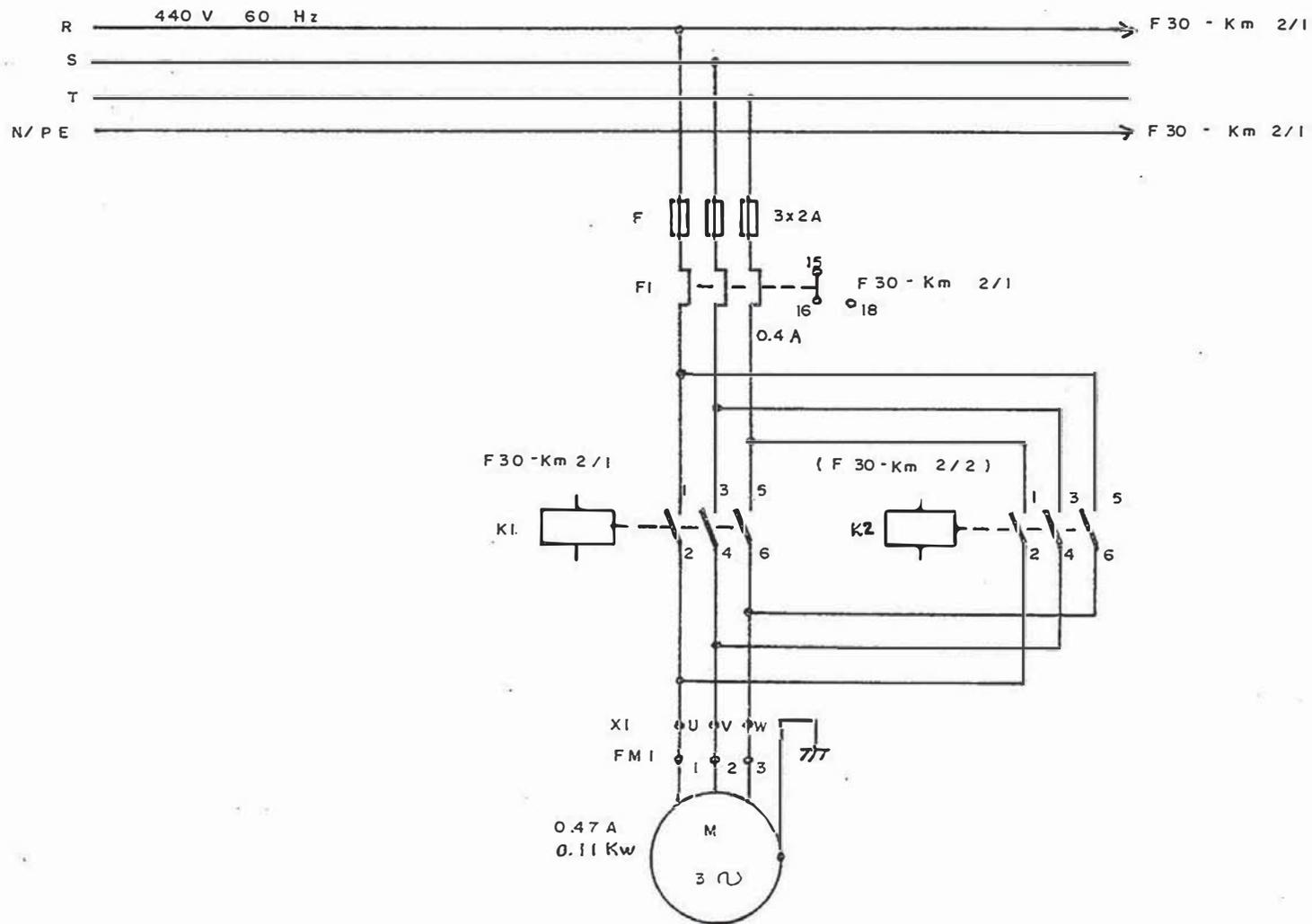
S_I	Señal de Inicio
M_F	Memoria de Avance hacia adelante
F	Avance hacia adelante
T_m	Tiempo de marcha
P	Parada o bloqueo de avance
T_p	Tiempo de parada

2.1 Diagrama y Planos Eléctricos

Debido a la urgencia de contar con el sistema totalmente operativo y además por razones de disponibilidad inmediata de materiales en los almacenes de cemento Yura, es que se dará solución mediante una implementación de naturaleza eléctrica.

En un principio se hicieron varios esquemas, dando diferentes formas de implementación, hasta que finalmente se logró la disposición que se muestra en los planos F30-KM1 y F30-KM2 para la distribución de Fuerza y Mando respectivamente, en donde:

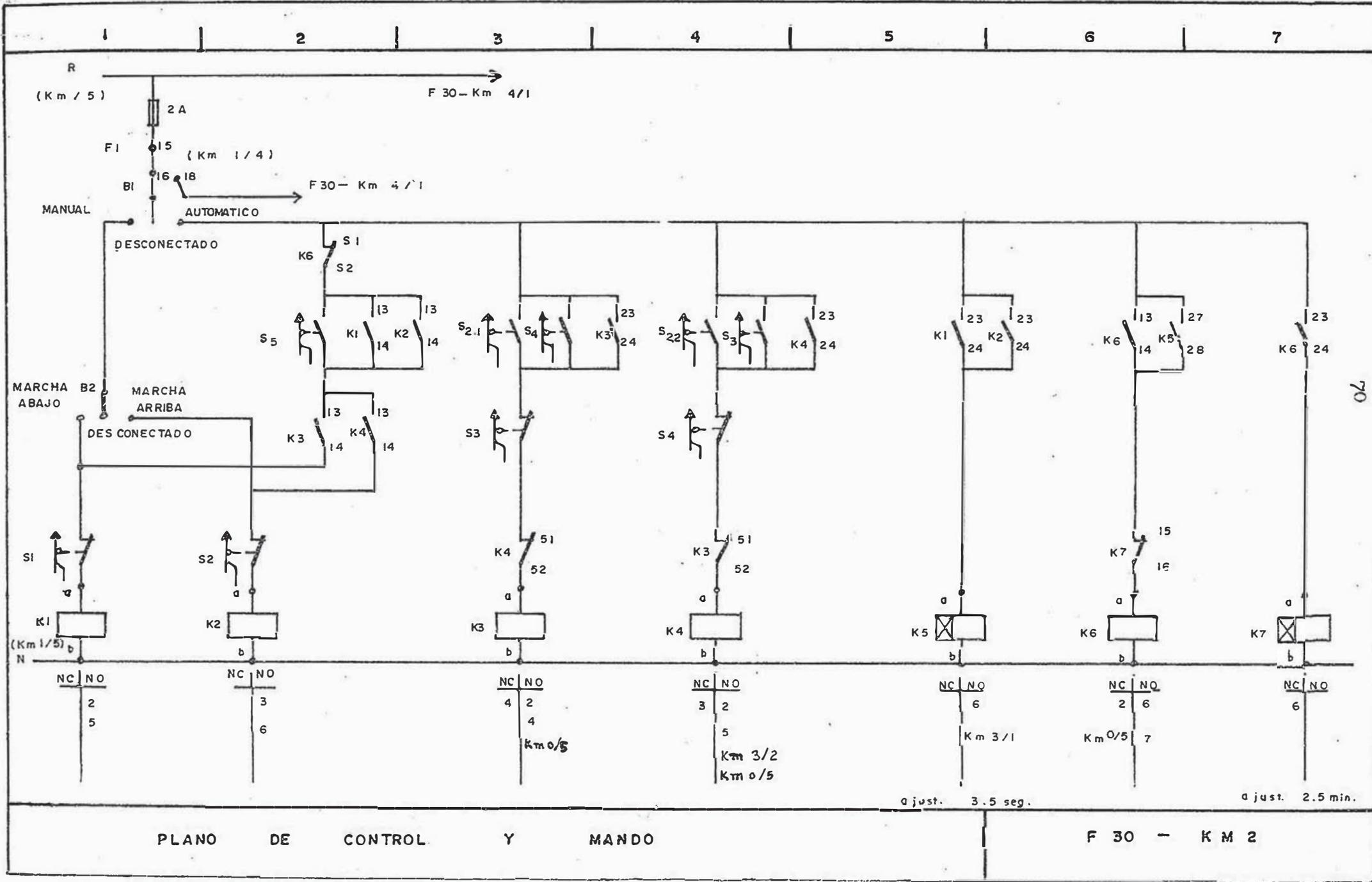
1 2 3 4 5 6 7



69

PLANO DE FUERZA

F 30 - K M 1



2.2 Modo de Operación

La llave B1, referida al plano F 30-KM2 permite la selección de operación manual y automática.

2.2.1 Operación Manual

La llave de mando B1 en la posición 1, selecciona la marcha manual del sistema de traslación.

La llave de mando local B2, permite llevar al ca-rro transportador del sensor a la posición más conveniente de medida de la temperatura exterior del casco del horno.

2.2.2 Operación Automática

La llave de mando B1, en la posición 2 selecciona la marcha automática del sistema de trasla-ción.

La secuencia de avance es la siguiente:

- El carro se encuentra estacionado frente al metro N° 20 del horno.
- Se presiona el pulsador S 2.1, con lo cual se energiza K3 quedando autoalimentado.
- K3 dá tensión de alimentación de red al registrador K3 pone en posición de listo a K1.
- K3 impide toda orden errada demarcha en sentido contrario.

-El horno actúa sobre S5 (aprox. 1.5 segundos) e inmediatamente energiza a K1 quedando autoalimentado. K1 da tensión de avance hacia adelante al motor. K1 conecta a K5.

-K5 determina el tiempo de marcha = TM transcurrido TM, K5 da el pulso de conmutación, conecta a K6, y vuelve a su posición de reposo.

-K6 desconecta a K1.

K6 habilita al registrador para mostrar y grabar - la temperatura correspondiente al metro N° 19 del horno.

K6 conecta a K7.

-K7 determina el tiempo de parada T_p Transcurrido T_p , K7 da el pulso de conmutación desconectando a K6 con lo cual el sistema queda listo para avanzar al siguiente metro cuando S5 da la orden respectiva.

-El proceso se repite sucesivamente hasta que el carro toca a S3.

S3 desconecta a K3.

S3 energiza a K4, el cual permanece autoalimentado.

-El proceso se repite haciendo K4 las veces de K3, pero ahora el carro regresa al punto de partida inicial, paso a paso como se ha indicado líneas arriba.

La inclusión o no del contacto normalmente abierto

de S4, permitirá que el carro transportador del sensor, recorra indefinidamente el riel ida y vuelta o solamente haga un viaje de bajada y subida, quedando en posición de listo para un nuevo arranque.

3. Selección de Material

Es necesario señalar que la lista de equipos que a continuación se detalla fue atendida en su totalidad - por el departamento de almacén de Cemento Yura S.A. (excepto el transportador), se trata de material sin uso y adquirido para fines de stock y mantenimiento por la fábrica de Cemento Yura S.A.

3.1 Accionamiento Motorizado

3.1.1 M o t o r

Motoreductor con motor en corto circuito tipo jaula de ardilla, totalmente cerrado a prueba - de explosión e impermeable al agua de presión y polvo - fino de cemento, para montaje horizontal con los siguientes datos de placa:

Marca BAUER

Trifásico

Tipo DK 5406/143L (EX) EG 4

Potencia 0.11 KW

N1 1330 RPM, N2 60 RPM

Voltaje 220/380 V Δ λ , 50 HZ, COS ϕ 0.71

Corriente 0.81/0.47A

3.1.2 Transportador

Consta de 2 planchas de acero de 16" x 14" x 1/4", 6 pernos, 3 engranajes, 4 ruedas cónicas, 1 base de motor, 1 base para contrapeso, 4 pestañas limpia pista, 1 cubierta para motor, 2 pistas para accionar fines de carrera.

3.2 Tablero de Fuerza y Mando

Metálico, de 66 x 66 x 15 cms., conteniendo - lo que a continuación se indica:

3.2.1 F u e r z a

-3 FUSIBLES TIPO DIAZET, 2A-500 VAC

-1 RELE TERMICO

Regulación: 0.4 - 0.63 Amperios

Contactos Auxiliares: 1(NO-NC), Capacidad 6A-500 Vac

-CONTACTOR TRIFASICO, 7A-500 VAC

Bobina 220 V-60 HZ

Contactos Auxiliares: 2 NO-2NC, Capacidad 6A-500 Vac.

3.2.2 Control y Mando

-1 FUSIBLE, TIPO DIAZET, 2A-500 VAC

-3 CONTACTORES AUXILIARES

Bobina 220V - 60 HZ

Contactos 4 NO-4 NC , Capacidad 6A-
500 Vac

-2 RELES TEMPORIZADOS

Bobina 220V - 50/60 HZ

Alcance: 0.3 segundos-60 horas

Contactos Auxiliares: 2 instantáneos
NO-NC.

2 retardados
NO-NC.

Capacidad 6A-500 Vac

3.3 Interrutores Límite de Carrera

Cantidad 5

Contactos: 1 NO-1 NC

Capacidad de Conmutación 10A - 500 Vac

Temperatura Ambiente - 40/85°C

Vida Mecánica Alta (30 millones de conmutaciones).

3.4 Panel de Mando y Señalización

3.4.1 Pulsadores de Mando

Cantidad 2

Contactos: 1 NO-1 NC

Capacidad de Conmutación 6A - 380 Vac

3.4.2 Interruptores de Mando

Cantidad 2

Posiciones 1-0-2, 3 elementos de maniobra.

Capacidad de conmutación 12A - 600 Vac

3.5 C a b l e s

- CABLE W003.- Longitud 22 metros, ejecución flexible, plano, aislamiento de PVC, camisa exterior de PVC con resistencia térmica de hasta 105°C , configuración $5 \times 1.5 \text{ mm}^2$
- CABLE W004.- Tipo YSL-IZ, $15 \times 1 \text{ mm}^2$, longitud aproximada 60 mts.
- CABLE W005.- Tipo YSL-IZ, $15 \times 1 \text{ mm}^2$, longitud aproximada 10 mts.
- CABLE W006.- Tipo YSL-IZ, $7 \times 1 \text{ mm}^2$, longitud aproximada 10 mts.
- CABLE W007.- Tipo YSL-IZ, $3 \times 1 \text{ mm}^2$, longitud aproximada 30 mts.
- CABLE W008.- Tipo YSL-IZ, $5 \times 1 \text{ mm}^2$, longitud aproximada 80 mts.
- CABLE W009.- Tipo YSL-IZ, $5 \times 1 \text{ mm}^2$, longitud aproximada 25 mts.
- CABLE W010.- Tipo YSL-IZ, $5 \times 1 \text{ mm}^2$, longitud aproximada 5 mts.
- CABLE W011.- Tipo YSL-IZ, $5 \times 1 \text{ mm}^2$, longitud aproximada 25 mts.
- CABLE W012.- Tipo YSL-IZ, $5 \times 1 \text{ mm}^2$, longitud aproximada 5 mts.
- CABLE W013.- Tipo YSL-IZ, $3 \times 1 \text{ mm}^2$, longitud aproximada 10 mts.
- CABLE W014.- Tipo YSL-IZ, $5 \times 1 \text{ mm}^2$, longitud aproximada 5 mts.

Características del CABLE ISL-IZ, 1 mm²:

Conductor de hilo fino, material cobre.

1 mm², 32 x 0.20 mm, 1.3 mm Ø

Aislamiento PVC

Trenzado por hilos, envoltura de las almas

Un hilo verde/amarillo

Camisa exterior de PVC, gris

Ejecución flexible

4. Montaje e Instalación

4.1 Del Accionamiento Motorizado

4.1.1 Del Transportador

Mediante 6 pernos unimos las planchas en forma paralela, luego hacemos un recorte circular - en el extremo inferior (corrido del centro) para alojar al porta detector de temperatura.

En la plancha ubicada del lado horno, a todo lo largo del borde superior soldamos una pista metálica - para accionar a los fines de carrera S1 y S2, pista en cuyos extremos se fijan brazos metálicos extendidos - que terminan en pestañas de jébe para limpiar el perfil I 120 durante el recorrido.

En la cara interna montamos 2 ruedas locas que se apoyan sobre los labios inferiores del riel I120.

En la cara exterior, próximo al borde inferior fi
jamos una base metálica para sostener el contrapeso
del motor.

En la plancha ubicada al otro lado de la viga I120
de igual manera soldamos otra pista metálica para accio
nar a los fines de carrera S3 y S4, esta pista también
lleva los correspondiente brazos limpiadores del reco-
rrido.

En la cara interna, frente a las ruedas locas, mon
tamos 2 ruedas activas que por un lado apoyan sobre el
labio inferior del riel I 120 y por el otro lado llevan
engranajes unidos a su eje.

En la cara exterior, próximo al borde inferior, en
su parte central fijamos otra plancha metálica para so-
portar al motor.

El conjunto transportador se mantiene colgado, me-
diante las cuatro ruedas cónicas.

4.1.2 D e l M o t o r

El motor va montado en posición hori--
zontal con la correspondiente base porta motor, de tal
forma que el piñón de ataque acoplado a su eje, encaje
entre las ruedas activas del transportador.

Una plancha de latón colocada a manera de techo, a-

yuda en la refrigeración al evitar la acción directa de los rayos del sol.

4.2 Del Tablero de Fuerza y Mando

El gabinete metálico mediante 4 pernos de fijación es montado en la sub-estación de fuerza y mando del molino de cemento I.

Alojará a los elementos que conforman los circuitos de fuerza y control.

4.3 De los Interruptores Límites de Carrera

Los interruptores inversores de marcha S3 y S4, se montan en el perfil I 120 del lado más alejado del horno, frente a los metros 0 y 20 respectivamente.

Los interruptores de seguridad S1 y S2 se montan sobre el riel I 120 del lado del horno, 30 centímetros más allá de los fines de carrera S4 y S3.

El interruptor cuenta revoluciones del horno se monta 1.5 mts. antes de la primera llanta de apoyo del horno rotatorio.

4.4 Del Panel de Mando y Señalización

Queda ubicado en el tablero de control del horno y molino de cemento I, al pie de instrumentos indicadores y registradores.

La llave de conmutación B2 se monta en caja empotrada en la plataforma del horno, en una columna frente al quemador de petróleo. Es del mismo tipo que la llave B1.

4.5 De los Cables

Los cables son tendidos dentro de correspondientes tubos CONDUIT PG 36 y PG 16, de esta forma quedan protegidos contra agentes mecánicos dañinos y perturbaciones eléctricas exteriores.

- El CABLE W003.- Comienza en el motor y termina en la caja FM1
- El CABLE W004.- Comienza en la caja FM 1 y termina en el Tablero de Fuerza y Mando.
- El CABLE W005.- Comienza en el tablero de Fuerza y Mando y termina en el panel de mando.
- El CABLE W006.- Comienza en el tablero de Fuerza y Mando y termina en el registrador.
- El CABLE W007.- Comienza en el tablero de Fuerza y Mando y termina en la llave B2
- El CABLE W008.- Comienza en el tablero de Fuerza y mando y termina en el fin de la carrera S5.
- El CABLE W009.- Comienza en la caja FM 1 y termina en el interruptor S1.
- El CABLE W010.- Comienza en la caja FM 1 y termina en el interruptor S2.
- El CABLE W011.- Comienza en la caja FM 1 y termina en el interruptor S3.

- El CABLE W012.- Comienza en la caja FM 1 y termina en el interruptor S4.
- El CABLE W013.- Comienza en el registrador y termina en el tablero molino cemento I.
- El CABLE W014.- Comienza en el tablero de fuerza de mando y termina en el tablero molino cemento I.

Nota.- En los Apéndices B₁, B₂, B₃, B₄, B₅, B₆ y B₇ se encontrará información adicional sobre los equipos empleados en este proyecto y que se mencionan en este Capítulo.

CAPITULO V
DISEÑO, MONTAJE E INSTALACION
DE
SISTEMAS AUXILIARES

CAPITULO V

DISEÑO, MONTAJE E INSTALACION DE
SISTEMAS AUXILIARES

Con la finalidad de dotar al operador del horno con mayores elementos de juicio para la toma de decisiones, - es necesario habilitar sistemas auxiliares que suministren información adicional sobre el proceso de medición de la temperatura y estados de funcionamiento de los equipos.

Entonces, procedemos a implementar los siguientes sistemas auxiliares:

1. Sistema Indicador de la Posición del Transportador

1.1 Generalidades

Es frecuente recurrir al trazo grabado en el registrador para determinar la posición en la cual se está tomando una medición de temperatura cualquiera.

El problema se agudiza cuando existen uno o más - puntos de medición en estados de especial observación, por detectarse muy baja temperatura (anillamiento) o elevada temperatura (tendencia a mancha roja).

Entonces es importante que el operador cuente con

un dispositivo que le indique la posición en la cual se encuentra el sensor midiendo la temperatura del casco - del horno, para hacer las comparaciones del caso con la secuencia anterior de medición y tomar las medidas correctivas que la situación en particular exija.

1.2 Diseño del Sistema

El sistema debe satisfacer los siguientes requerimientos:

- La cuenta se hará de 1 en 1, desde 20 hasta 0, y viceversa.
- Empleará la infraestructura ya implementada.
- Adicionalmente indicará el sentido de traslación (marcha hacia abajo o marcha hacia arriba).
- Costos mínimos de implementación.

La Figura N° 14, muestra la concepción del sistema a nivel de diagrama de bloques.

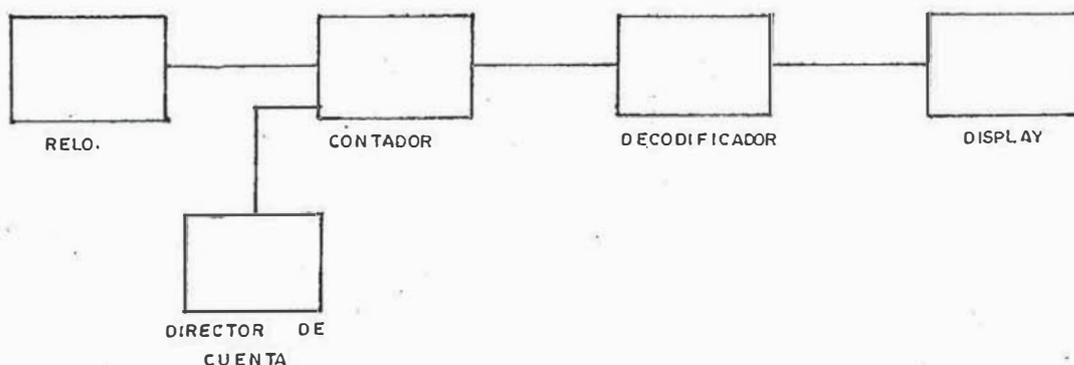


Fig.N° 14 - DIAGRAMA DE BLOQUES

1.3 Selección de Material

Para la implementación del presente sistema - la fábrica de Cemento Yura S.A., a través de la División de Logística, adquiere los componentes necesarios, siendo éste el único desembolso directo que realiza en todo el proyecto.

1.3.1 Del Reloj

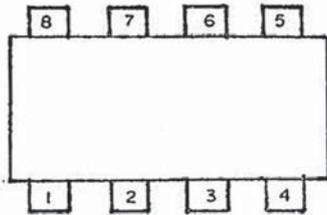
Para lograr una generación de pulsos - que gobierne la secuencia de cuenta, emplearé un TIMER 555, el cual operará como un multivibrador monoestable, y será disparado por el relé temporizado K5 a través de sus contactos instantáneos 43 y 44.

Es recomendación del fabricante de que el ancho del pulso de disparo ($Tp2$) sea menor a un cuarto del ancho del pulso generado ($Tp3$). Según lo programado en el temporizador K5 el pulso aplicado al PIN 2 tiene una duración de 3.5 segundos, entonces elegimos $R=1.5$ May C $10\mu F$ de modo que $Tp3 = 1.1RC$ sea 16.5 segundos. Ver Figura N° 16 - de la página 85.

De esta manera, en el display se mostrará la nueva posición que ocupe el transportador del sensor 13 segundos después de ocurrido el desplazamiento.

De haber estado disponible los contactos temporizados 27 y 28 de K5 la señalización habría sido inmediata.

A continuación, la Fig. N° 15 nos muestra la configuración de los pines del timer.



donde:

- 1 Tierra
- 2 Disparo
- 3 Salida
- 4 Reposición
- 5 V C O
- 6 Umbral
- 7 Descarga
- 8 V C C

Fig. N° 15 - CONFIGURACION DEL TIMER 555

La siguiente Fig. N° 16, muestra al timer 555 en forma monoestable.

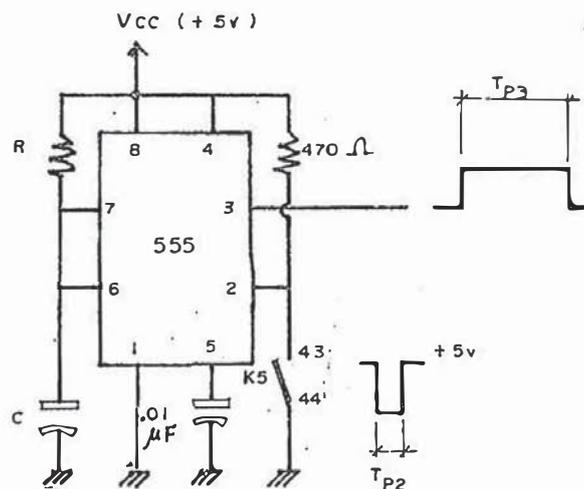


Fig. N° 16 - GENERADOR DE PULSOS

Para mayores detalles e información sobre el timer NE 555, véase la sección Apéndice C₁

1.3.2 Del Contador

El sistema exige disponer de un elemento que permita contar desde 0 hasta 9; tanto en forma as cendente como descendente, que disponga de salidas para ser conectado en cascada y además acepte carga de un nú mero BCD en forma paralela.

El contador de década SN74192 se ajusta perfectamente a nuestras necesidades, emplearemos dos conectados en cascada, de tal manera que podamos contar de 1 en 1 conforme a la secuencia de traslación del transportador del sensor de temperatura.

La Fig. 17 muestra la configuración de los pines de contador de década SN74192.

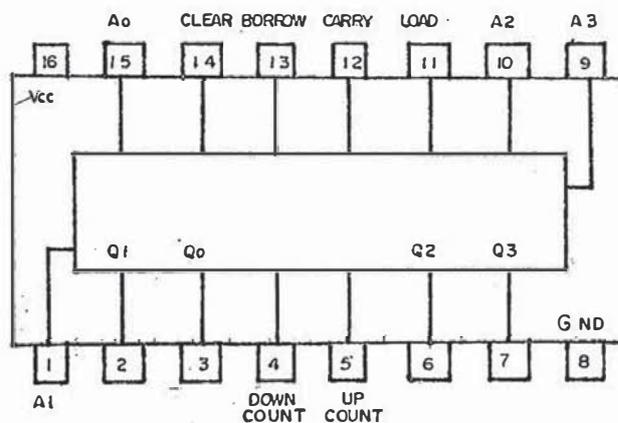


Fig. N° 17 - CONFIGURACION DE CONTADOR SN 74192

Nota: En algunos casos para nombrar una función o elemento, se mantiene el nombre original en Inglés por es tar muy difundido su uso.

A continuación se muestra la Tabla N° V de función correspondiente al contador.

MODO DE OPERACION	ENTRADAS								SALIDAS					
	Clear	Load	Up	Down	A3	A2	A1	A0	Q3	Q2	Q1	Q0	Carry	Borrow
RESET (Clear)	H	X	X	L	X	X	X	X	L	L	L	L	H	L
	H	X	X	H	X	X	X	X	L	L	L	L	H	H
CARGA PARALELA	L	L	X	L	L	L	L	L	L	L	L	L	H	L
	L	L	X	H	L	L	L	L	L	L	L	L	H	H
	L	L	L	X	H	X	X	H	Qn = An				L	H
	L	L	H	X	H	X	X	H	Qn = An				H	H
COUNT UP	L	H	↑	H	X	X	X	X	Count up				H _(b)	H
COUNT DOWN	L	H	H	↑	X	X	X	X	Count down				H	H _(c)

TABLA DE
TABLA N° V - FUNCION DEL 74192

Nota: (b) cuando se llega al final de la cuenta hacia arriba (carry = up).

(c) cuando se llega al final de la cuenta hacia abajo (borrow=down).

La Fig. N° 18, de la página 88, muestra la conexión entre 2 contadores además indica el estado lógico que debe mantener el Clear y Load cuando opera la secu

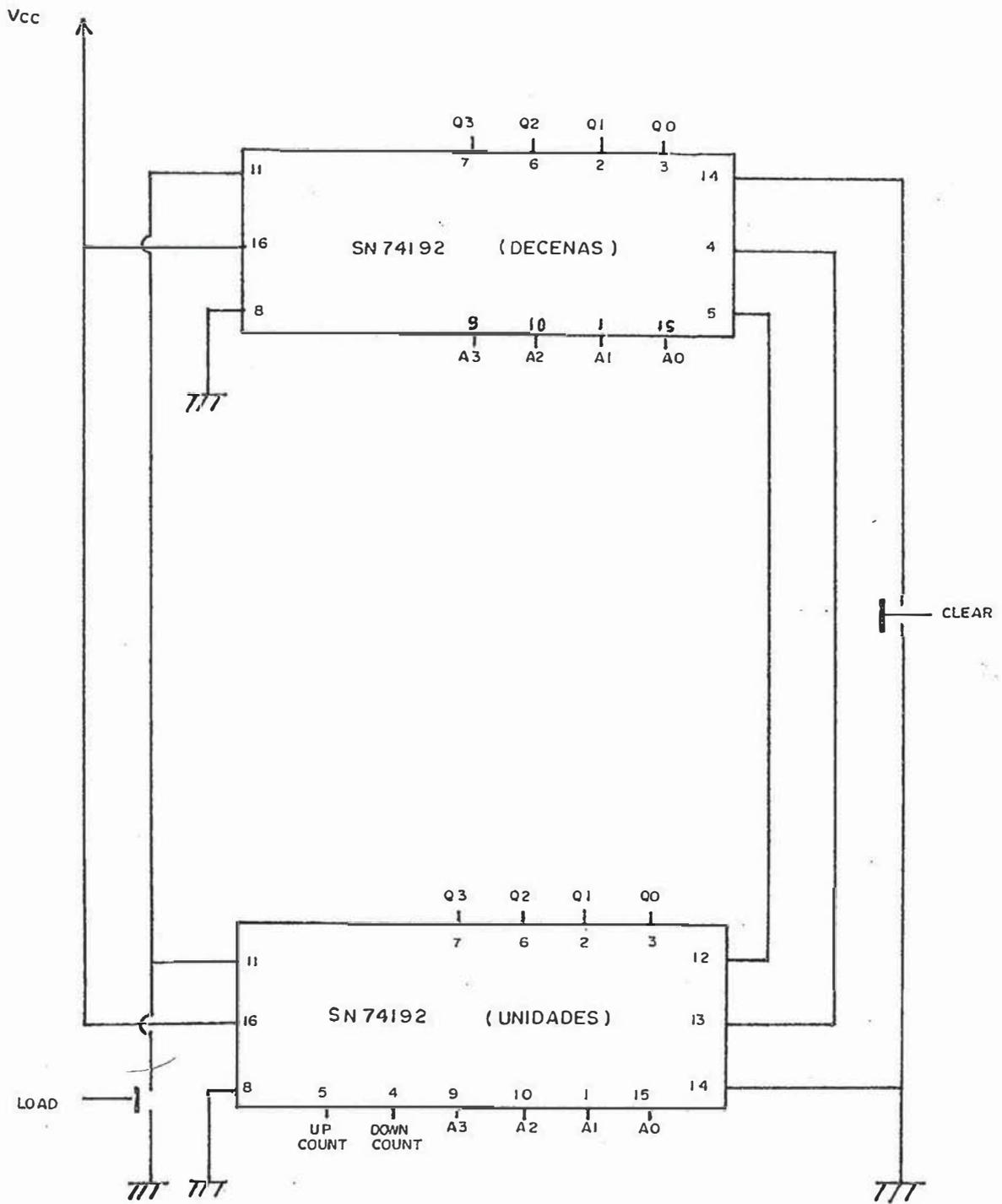


Fig. N° 18 - CONEXION EN CASCADA

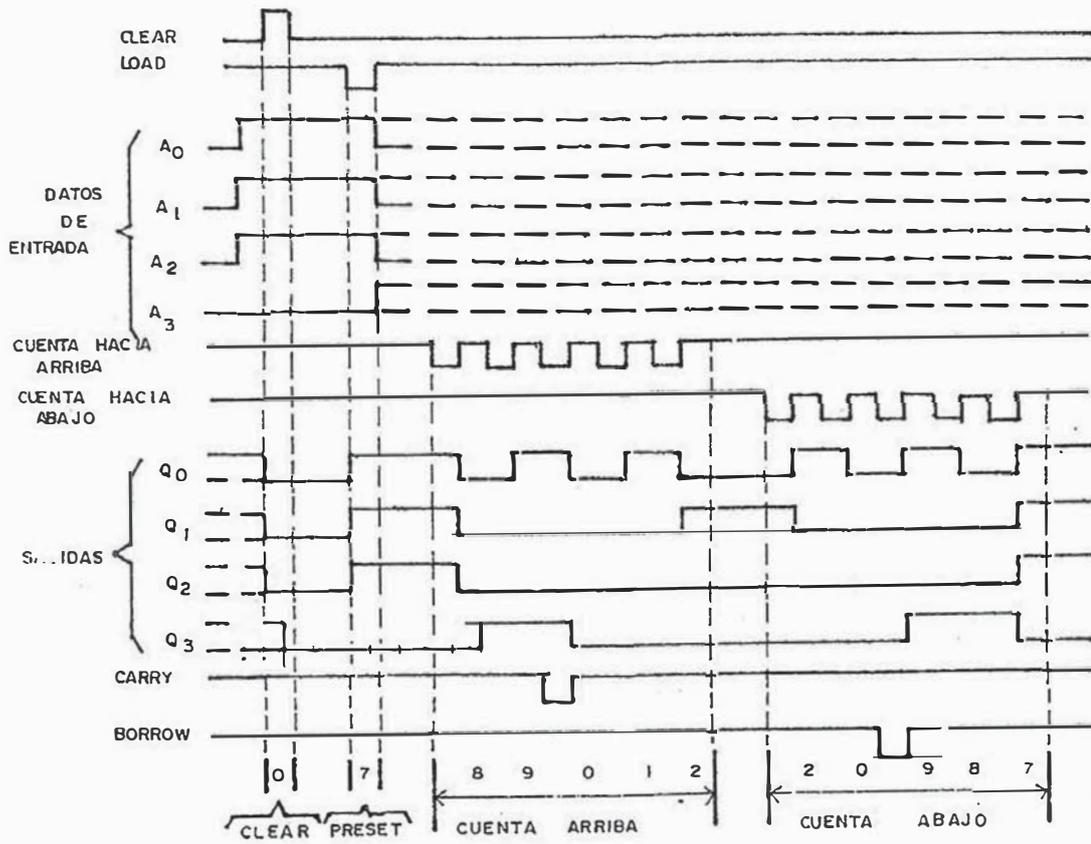


Fig. N° 19 - SECUENCIA TIPICA DE CUENTA

cia de cuenta.

La Fig. N° 19, de la página 89, muestra una típica secuencia de cuenta, clear y load.

La secuencia ilustrada es la siguiente:

1. Clear, pone las salidas en cero
2. Load, carga las salidas a 7 en BCD
3. Cuenta hacia arriba, hasta 8-9- Carry -0-1- y 2
4. Cuenta hacia abajo, desde 1 - 0 borrow 9-8-7

Para mayores detalles e información sobre el contador síncrono SN74192N véase el Apéndice C₂.

1.3.3 Del Programador de Cuenta Ascendente o Descendente

Mediante el circuito integrado SN7400N el cual contiene 4 compuertas NAND de 2 entradas cada una, procederemos a implementar una configuración lógica que ordene al contador SN74192N la secuencia de cuenta ascendente o descendente.

La Fig. N° 20, muestra la configuración de los pines del IC 74000

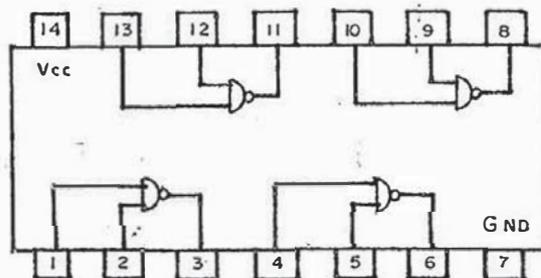


Fig. N° 20 - CONFIGURACION DE PINES

La Fig. N° 21 , muestra la conexión entre pines - para lograr la selección de cuenta ascendente o descendente.

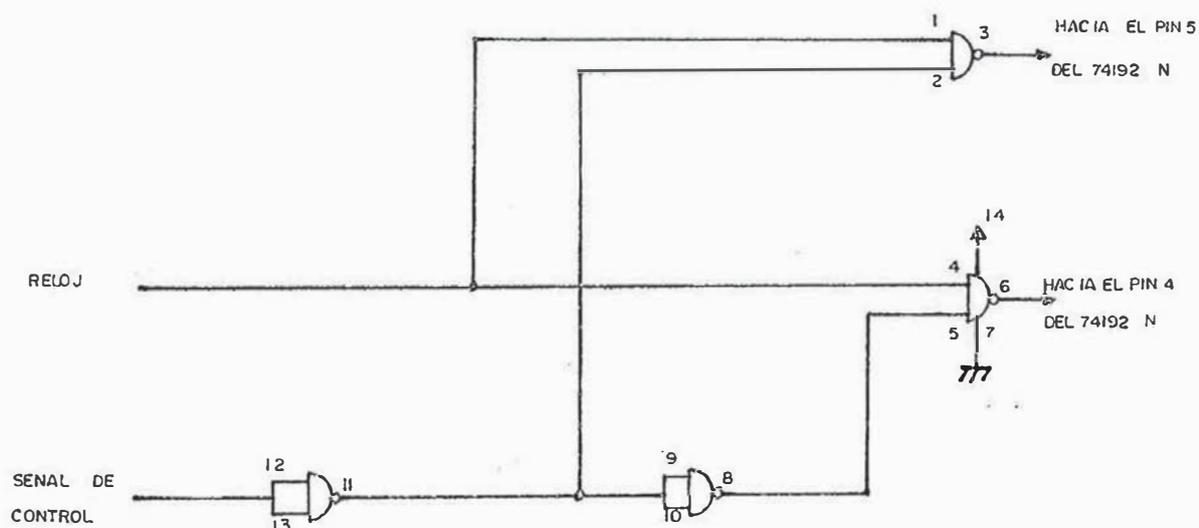


Fig. N° 21 - DIAGRAMA DE CONEXIONES

La Tabla de Función es la siguiente:

TABLA V - TABLA DE FUNCION DEL DIAGRAMADOR DE CUENTA

ENTRADAS		SALIDAS		
A	RELOJ	PIN 3	PIN 6	
L	↓	↑	H	ORDEN DE CUENTA HACIA ARRIBA
L	↑	L	H	
H	↓	H	↑	ORDEN DE CUENTA HACIA ABAJO
H	↑	H	L	

Para mayores datos e información sobre el circuito integrado SN7400, véase el Apéndice C₃

1.3.4 Del Decodificador

Emplearé el circuito integrado SN 7448N para decodificar la secuencia de cuenta, hasta el momento en BCD y excitar un display de 7 segmentos.

La Fig. N° 22 , muestra la configuración de los pines del IC 7448.

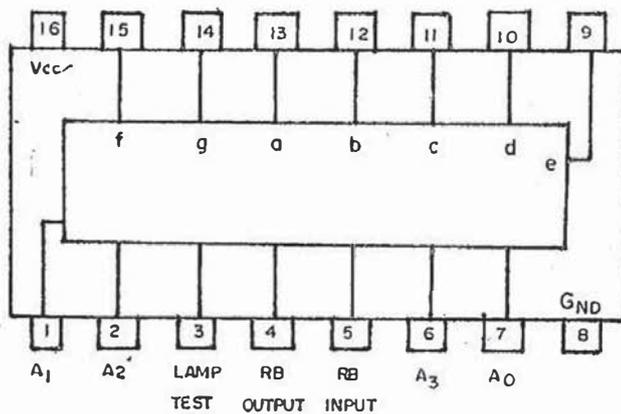


Fig. N° 22 - CONFIGURACION DE PINES

Ver Tabla de Función en la página 93.

DECIMAL O FUNCION	E N T R A D A S						BI/RBO	S A L I D A S							NOTA
	LT	RBI	A3	A2	A1	A0		a	b	c	d	e	f	g	
0	H	H	L	L	L	L	H	H	H	H	H	H	L		
1	H	X	L	L	L	H	H	L	H	H	L	L	L		
2	H	X	L	L	H	L	H	H	H	L	L	H	H		
3	H	X	L	L	H	H	H	H	H	H	H	L	L		
4	H	X	L	H	L	L	H	L	H	H	L	L	H		
5	H	X	L	H	L	H	H	H	L	H	H	L	H		
6	H	X	L	H	H	L	H	L	L	H	H	H	H		
7	H	X	L	H	H	H	H	H	H	L	L	L	L	1	
8	H	X	H	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H		
9	H	X	H	L	L	H	H	H	H	L	L	H	H		
10	H	X	H	L	H	L	H	L	L	L	H	H	L		
11	H	X	H	L	H	H	H	L	L	H	H	L	L		
12	H	X	H	H	L	L	H	L	H	L	L	L	H		
13	H	X	H	H	L	H	H	H	L	L	H	L	H		
14	H	X	H	H	H	L	H	L	L	L	H	H	H		
15	H	X	H	H	H	H	H	L	L	L	L	L	L		
B1	X	X	X	X	X	X	L	L	L	L	L	L	L	2	
RBI	H	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	3	
LT	L	X	X	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	4	

TABLA N° VII - TABLA DE FUNCION DEL IC 7448

Nota. -

1. El PIN 4 debe permanecer en un nivel lógico alto - cuando son deseadas las salidas de 0 a 15. El PIN 5 debe permanecer en un nivel lógico alto si no se desea el borrado del cero decimal.
2. Cuando un nivel lógico bajo se aplica al PIN 4, todas las salidas son bajas, cualquiera sean las entradas.
3. Cuando el PIN 5 y los datos de entrada A0, A1, A2, A3 están a un nivel bajo y el PIN 3 a un nivel alto, todas las salidas se ponen a bajo nivel y el -

PIN 4 da un nivel bajo.

4. Cuando el PIN 4 está a un nivel alto y se aplica un bajo nivel al PIN 3, todos los segmentos de salida dan altos.

Para mayores datos e información sobre el IC 7448 véase el Apéndice C₄.

1.3.5 Del Display

Emplearé dos display de 7 segmentos tipo FND 500, los cuales contienen 7 LEDS en configuración de cátodo común.

Estos display reciben directamente la señal decodificada de los IC 7448, mostrando convenientemente la secuencia de cuenta en sistema decimal al operador del horno.

La Fig. N° 23, muestra la configuración de los pines del FND 500.

- PIN 1 Segmento E
- 2 Segmento D
- 3 Cátodo Común
- 4 Segmento C
- 5 Punto Decimal
- 6 Segmento B
- 7 Segmento A
- 8 Cátodo Común
- 9 Segmento F
- 10 Segmento G

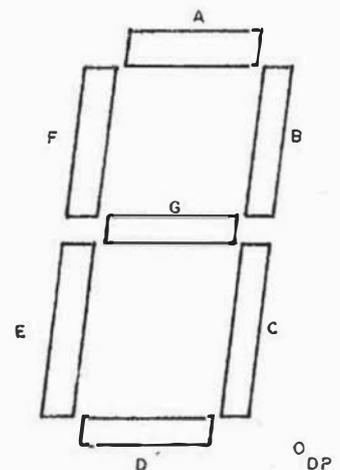
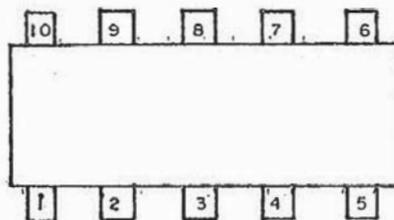


Fig. N° 23 - DIAGRAMA DE PINES

Para mayores datos sobre el display FND 500 véase la sección del Apéndice C₅

1.3.6 De la Fuente de Potencia

De la información proporcionada por los fabricantes hacemos el siguiente consumo estimado de potencia.

1 Timer NE 555	3 mA
1 IC SN 7400N	12 mA
2 IC SN 74192N	204 mA
2 IC SN 7448N	180 mA
2 FND 500	150 mA
	<hr/>
	549 mA

Con un factor de seguridad del orden del 100% podemos asumir una demanda máxima de 1A.

Entonces mediante el empleo del IC 7805 construiremos una fuente de voltaje estabilizado, véase la Fig. N° 24.

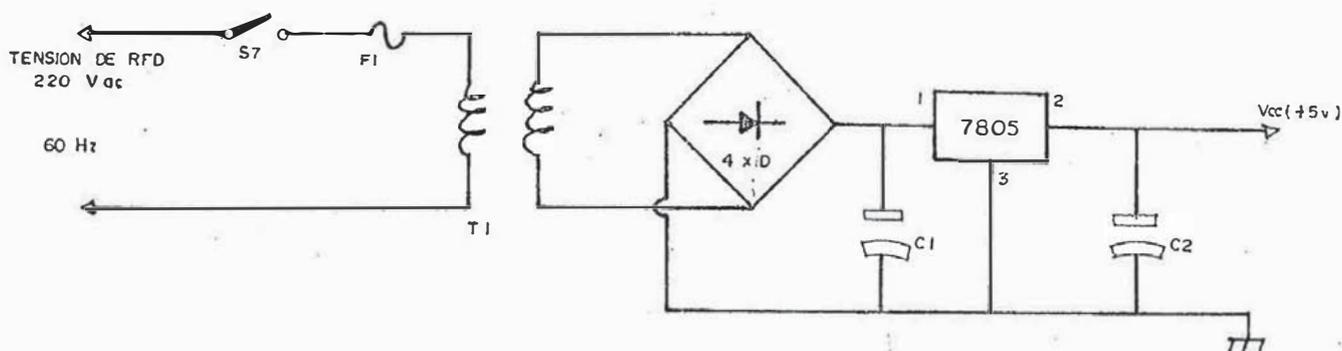


Fig. N° 24-FUENTE ESTABILIZADA DE VOLTAJE

En donde:

- S7 Interruptor Térmico 1A-500vac
- F1 Fusible 1A-250vac
- T1 Transformador (220-12) vac - 2A
- 4 Diodos 1N4001-50vac
- C1 Condensador electrolítico 2200 μ F - 16VDC
- C2 Condensador de Tantalum 1 μ F - 10VDC
- IC Regulador de Voltaje μ A 7805 - C

Para mayores datos de información sobre el IC 7805 véase el Apéndice C₆

1.3.7 V a r i o s

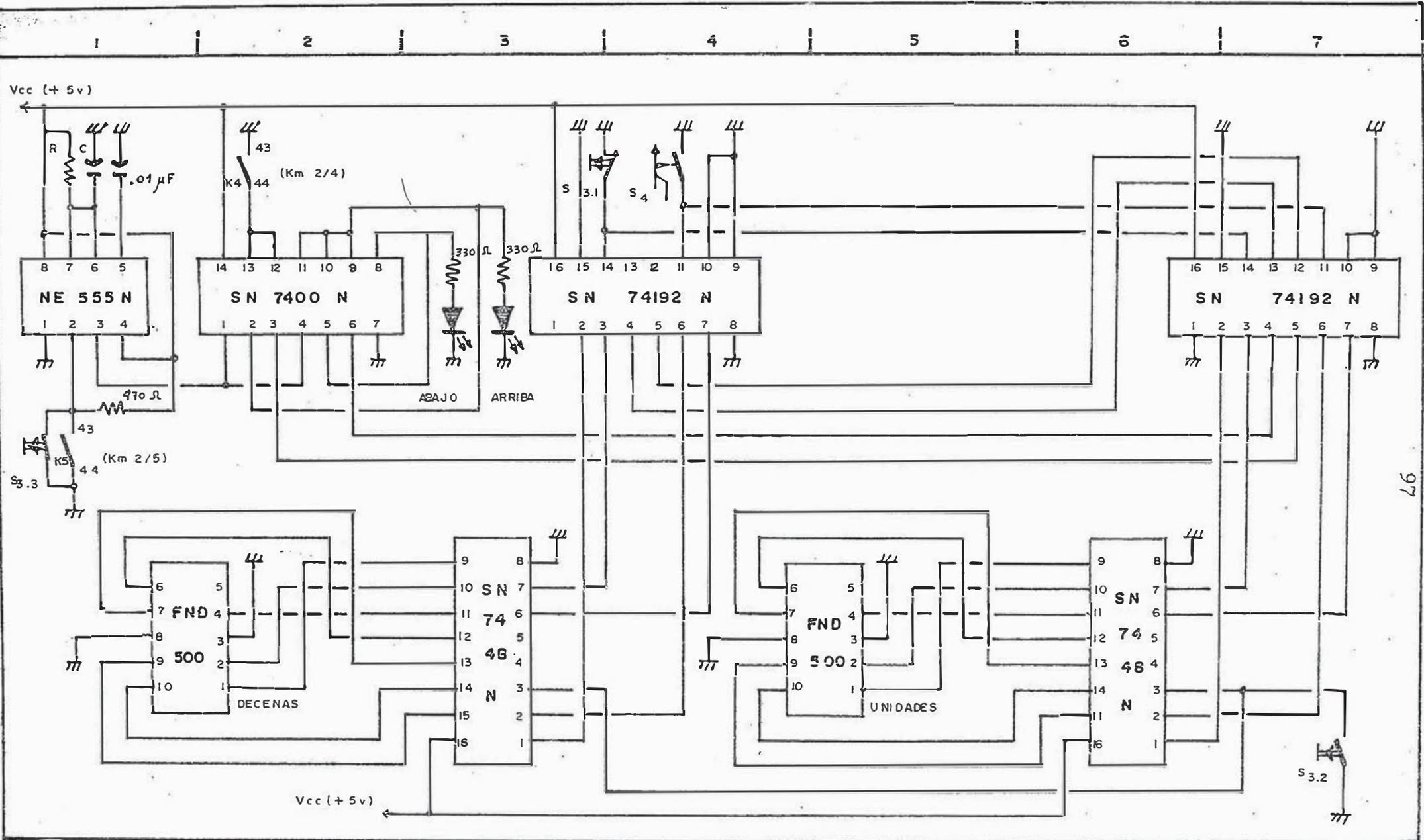
Completan la lista de componentes los siguientes:

- 3 Interruptores pulsadores
- 1 Interruptor Térmico

1.4 Instalación y Montaje

El plano F30-KM3, muestra la conexión eléctrica entre los diferentes componentes que constituyen el sistema que permite indicar la posición del transportador del sensor de temperatura.

Las primeras pruebas de control y funcionamiento se hacen en un protaboard, para posteriormente en un circuito impreso lograr la disposición final de los dispositivos.



97

PLANO DE INDICACION DE POSICION

F 30 — Km 3

La fuente de poder y el conjunto de elementos fueron montados cerca del registrador, en el ambiente posterior del panel de control y mando.

La figura N° 25 ilustra la disposición de montaje del lado de los pulsadores y display de indicación.

1.5 Modo de Operación

El sistema funciona cuando el transportador del sensor de temperatura se encuentra seleccionado para marcha automática.

La secuencia siguiente describe el modo de operación:

- El transportador se encuentra estacionado frente al metro N° 20 del horno en condición de listo.
 - Mediante S7 damos tensión de alimentación al sistema.
 - S4 está accionado y carga con 20 al contador, mostrando dicho número en el display.
 - K4 está desenergizado, entonces enciende el LED correspondiente a marcha hacia abajo.
 - El transportador se desplaza de acuerdo a las instrucciones explicadas, según el plano F30-KM2.
 - K5 conecta durante 3.5 segundos.
- Inmediatamente se genera un pulso positivo en el PIN 3 del timer 555 (con un ancho de 16.5 segundos)

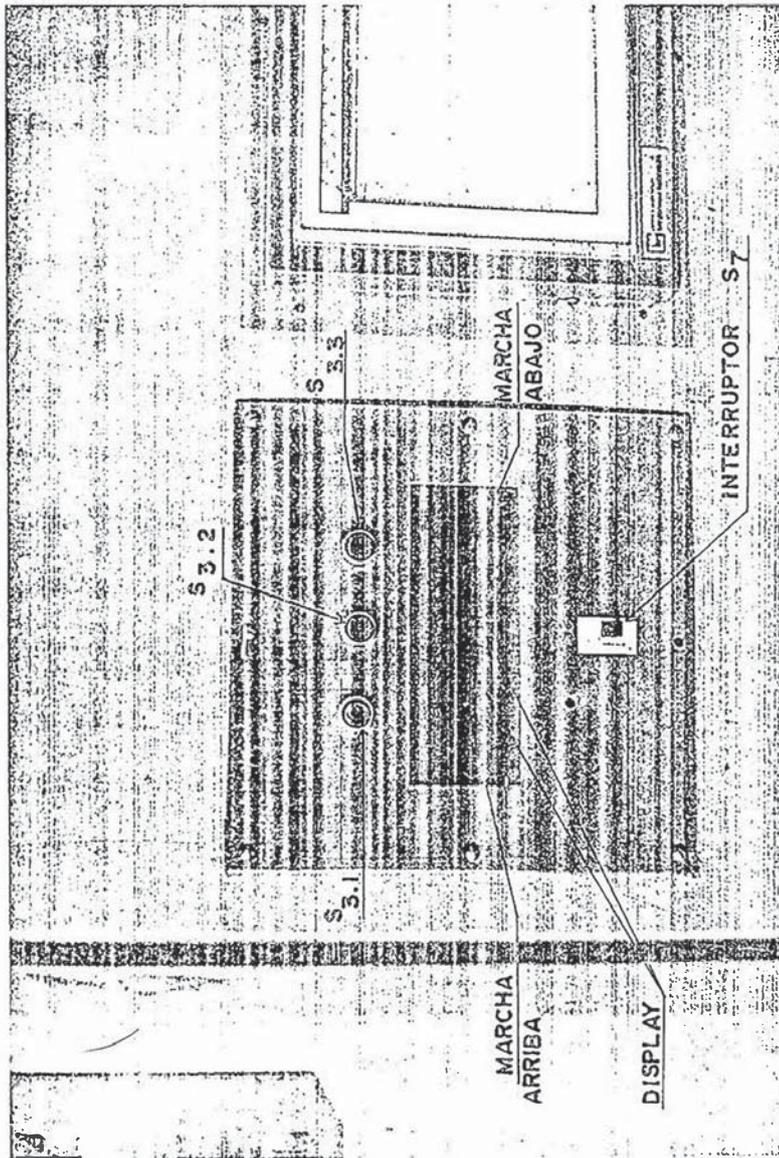


FIG. N° 25 INDICACION DE POSICION

En el IC 7400 aparecen: un nivel lógico alto en el
PIN 3.

un nivel lógico bajo en el
PIN 6.

Entonces el contador de unidades cambia de 0 a 9 -
y mediante el PIN 13 ordena al contador de decenas pasar de 2 a 1.

-Se muestra el número 19 en la pantalla.

-La secuencia se repite sucesivamente, llegando el transportador hasta el metro N° 0.

-Cuando se activa K4 enciende el LED correspondiente a marcha hacia arriba.

-A cada actuación de K5 le acompaña un cambio de cuenta en el display.

-Cuando se llega al metro N° 9, el contador de unidades pasa de 9 a 0 y a través del PIN 12 ordena al contador de decenas pasar de 0 a 1.

El proceso continúa llegando finalmente el carro - al metro N° 20.

En marcha manual el sistema debe desconectarse pues no habría una posición definida de ubicación del sensor. Es conveniente concluir una marcha en manual frente a una posición marcada del horno, para que con ayuda de los pulsadores S3.1 y S3.3, según convenga se haga coincidir la indicación de posición y el carro pueda continuar la marcha en automático con el sistema de ubicación del sensor conectado.

2. Sistema de Aviso de Perturbaciones

2.1 En el Sistema de Medición

Como ya se mencionó anteriormente, lo más peligroso que puede sucederle al horno rotatorio es la aparición de una mancha roja.

Es importante avisar con carácter de emergencia al operador del horno, de la aparición de un punto con excesiva temperatura.

En el instrumento registrador de temperatura, existe un interruptor montado para ser operado por la rotación del reóstato de medición mediante un disco accionador acoplado al interruptor que llamaremos S6.

El reóstato de medición, interruptor de alarma junto con el disco actuador y el dispositivo indicador de temperatura límite forman un arreglo de componentes llamado ensamblaje de control.

Aprovechamos este interruptor para fijar en la escala mediante el indicador de temperatura límite de tal manera que cuando el valor de medición sea igual o mayor al del indicador límite commute el interruptor activando un dispositivo de alarma audio visual, llamando inmediatamente la atención del operador del horno.

El elemento sonoro puede ser desactivado mediante-

el interruptor B3 ubicado en el panel de control y mando; mientras que la señal luminosa apagará sólo cuando haya desaparecido la perturbación o exceso de temperatura.

De esta manera, el operador tomará a tiempo las medidas correctivas que la situación requiera.

2.2 En el Sistema de Traslación del Sensor

2.2.1 Fallo durante la Traslación

Puede alterarse la marcha normal del transportador por varios motivos (atascamiento de los carros trolley, patinada de las ruedas, entre otros) trayendo como consecuencia un desfase en el sistema de indicación de posición del detector o peor aún, impidiendo la lectura de temperatura en zonas más adelante.

Para alertar al operador de esta situación anormal es necesario implementar la siguiente infraestructura:

1. En el riel guía I 120, colocamos sobre la cara superior en forma atravezada y distanciados 50 centímetros, unos pequeños ejes de 3 mm de diámetro.
2. Montamos en el carro transportador del sensor un micro interruptor S_T .
3. Montamos en el tablero de control un relé de relajación tipo C412 de marca BBC.

La Fig. N° 26, muestra el esquema eléctrico (Pg.103)

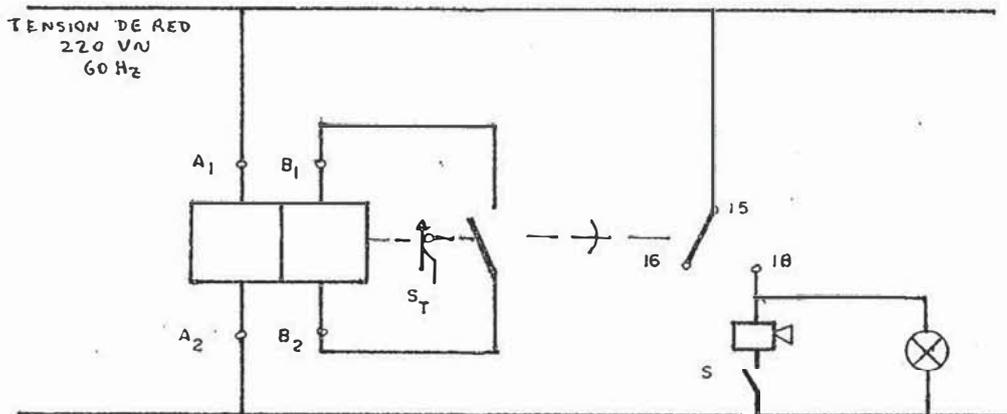


Fig. N° 26 - ESQUEMA ELECTRICO

Modo de Operación:

- Se ajusta el relé en 2 segundos.
- Durante la traslación el interruptor S_T envía pulsos a los bornes B1 y B2.
- Si ocurre algún atascamiento en el transportador, transcurridos los 2 segundos, el relé de relajación commuta.
- Entonces mediante los contactos auxiliares 15, 18 queda energizado la sirena y lámpara de señalización.
- De esta manera es avisado el operador para que tome las acciones que la situación requiere.

Es conveniente resaltar el hecho de que este sistema será implementado en el futuro por no haber cables -

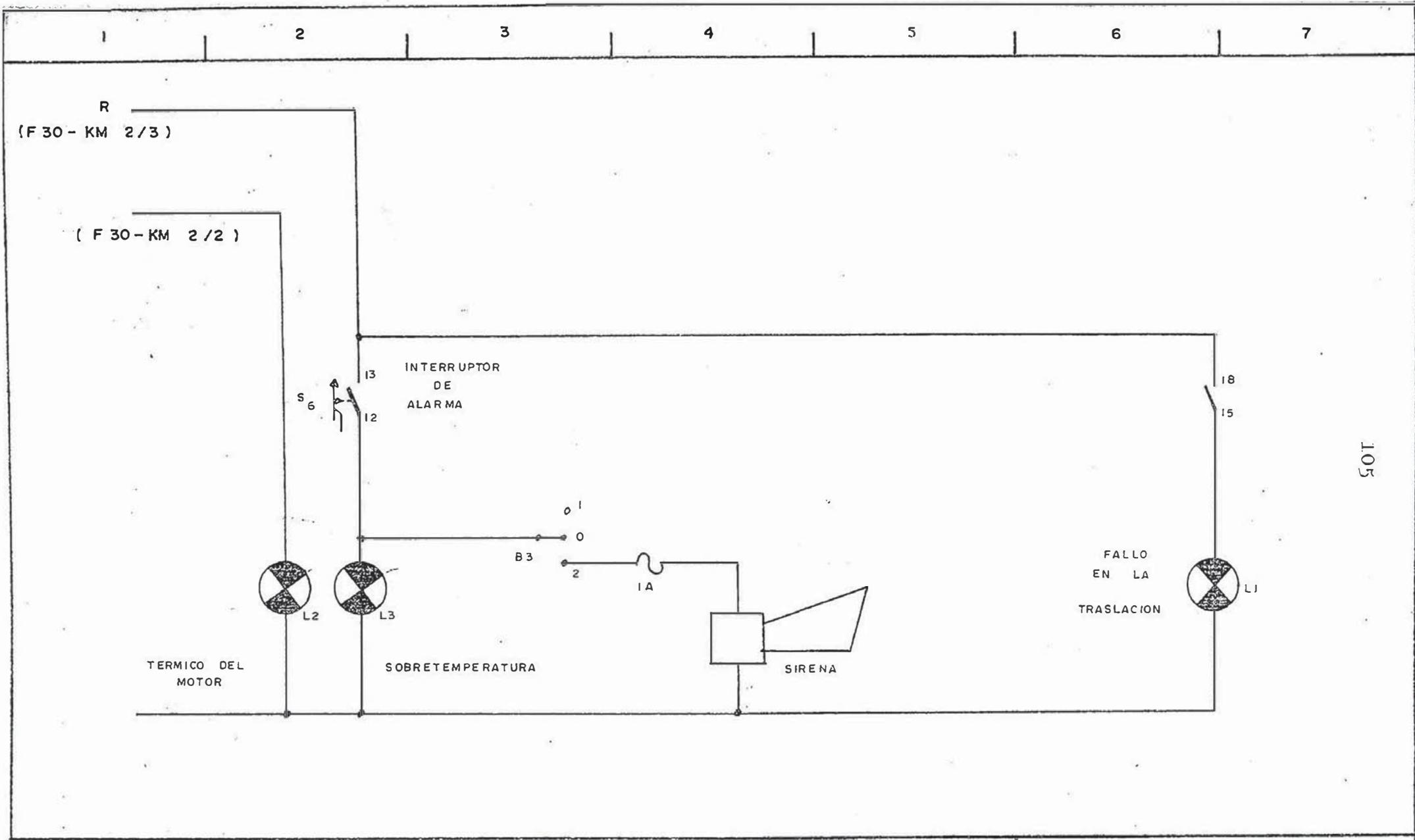
disponibles para llevar la señal desde el interruptor S_T al relé de relajación.

2.2.2 Protección Térmica del Motor

Mediante un aviso luminoso en el tablero de control señalizamos cuando el motor del transportador del sensor ha sufrido una sobrecarga o existe algún cortocircuito en sus fases de alimentación de voltaje. El relé térmico F1 a través de sus contactos auxiliares se encarga de dar la señal de aviso. Ver planos F30-KM 1/4 y F30-KM 2/1. (ver págs. 105 y 70).

El plano F30-KM 4 muestra la conexión eléctrica del sistema de aviso de perturbaciones.

Las figuras Nos. 2 y 3, ilustran ampliamente las disposiciones de llaves y señales ópticas en el panel de control y medición.



105

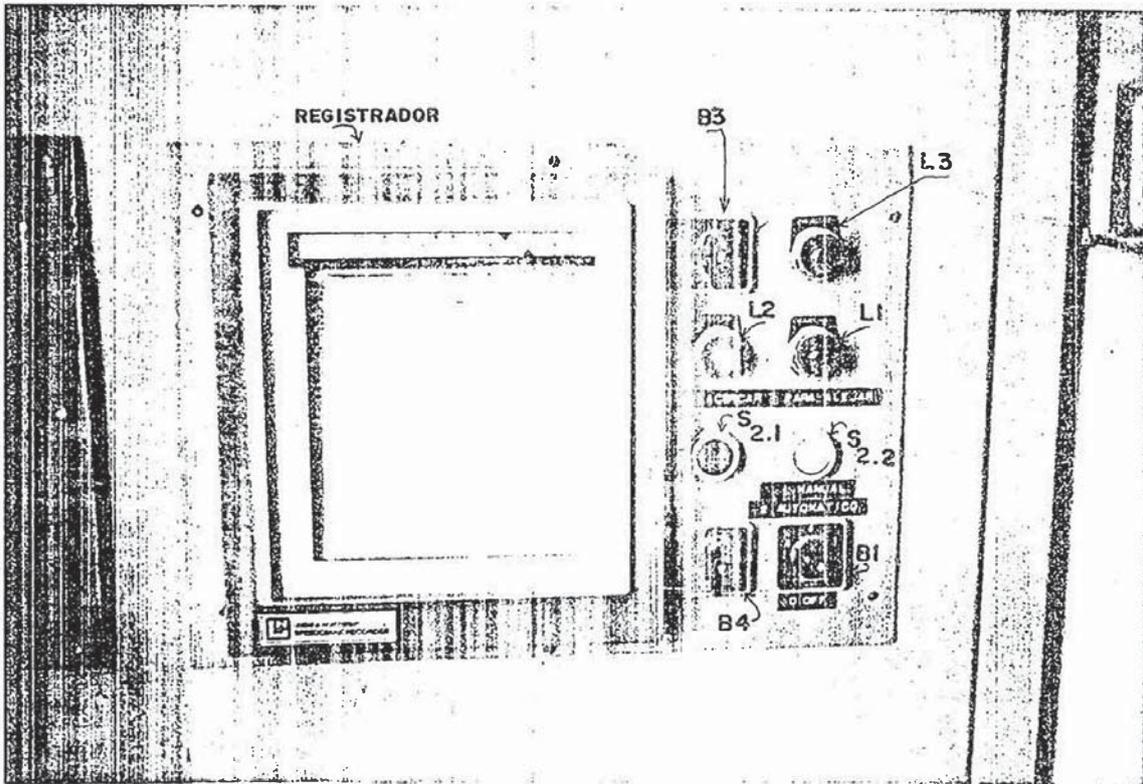


FIG. N° 27 PANEL DE CONTROL Y MEDICION Y AVISO DE PERTURBACION

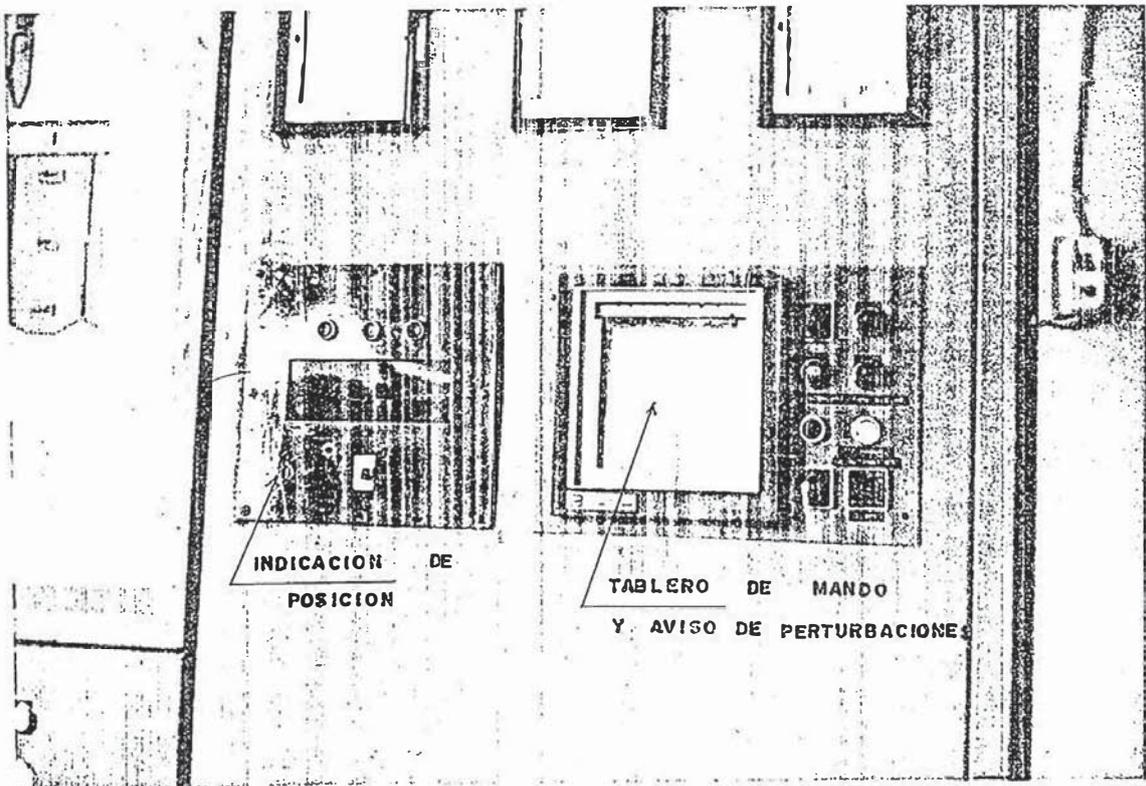


FIG. N° 28 VISTA PANORAMICA

CAPITULO VI
COSTO APROXIMADO DEL PROYECTO

CAPITULO VI
COSTO APROXIMADO DEL PROYECTO

Primeramente, para obtener el costo aproximado del proyecto, vamos a dividirlo fundamentalmente en materias primas o materiales y mano de obra.

1. Materias Primas o Materiales

Las materias primas las trataremos por capítulos o etapas :

Estructura Mecánica

Sistema de Medición

Sistema de Control del Transportador del Sensor de
Temperatura

Sistemas Auxiliares

1.1 Estructura Mecanica

En este capítulo se consideraron los siguientes materiales:

1) 3 perfiles metálicos tipo I 180 (vigas)

4 perfiles metálicos tipo I 120 (vigas)

Conjunto de vigas ya usadas valor

zadas en :

S/ 200,000

2) 5 canaletas - gufa	S/ 100,000
3) 10 carros trolley (equip.nuevo)	<u>250,000</u>
TOTAL COSTO DE ESTRUCTURA MECANICA:	<u>S/ 550,000</u> <u>=====</u>

En este capítulo se emplearon materiales usados, que fueron acondicionados, y por lo tanto su valor es aproximado.

1.2 Sistema de Medición

En este capítulo se consideraron los siguientes materiales:

- 1) 1 Sensor de temperatura, tipo rayotubo, modelo 8893-B valorizado:

a Noviembre de 1971 en	USA \$ 478.50
actualizado a Set-84(150%)	" <u>717.75</u>
	" \$1,196.25

Los dólares 1,196.25 lo convertimos a soles, siempre en base a Set-84 fecha que el dólar e quivalía a S/ 4,100 soles, dando un valor estimado de :

S/ 4,904,625.00
=====

- 2) 1 Instrumento registrador tipo S recorder, fabricado por Leeds & Northrup Company y adquirido :

en Noviembre de 1971 en	USA \$ 833.00
actualizado a Set-84(150%)	" <u>1,250.00</u>
	" \$2,083.00

Los dólares 2,083 lo convertimos a soles, multiplicando por 4,100 soles, dando un valor total estimado de :

S/ 8'540,300.00

3) C a b l e s:

22 mts. de cable W001 4 DM x mt (FOB)x 1,350
= 5,400 x 2.5 x 22 mt: S/ 297,000.00

85 mts. de cable W002 4 DM x mt (FOB)x 1,350
= 5,400 x 2.5 x 85 mt: S/1'147,500.00

Haciendo un total de:

S/ 1'444,500.00

El precio de los cables está dado en marcos alemanes 4 DM x mt (valor FOB), puesto en puerto de origen, los marcos los convertimos a soles multiplicando por 1,350 = valor de cambio del sol a Set-84, luego ésta cantidad la multiplicamos por 2.5 para convertir de valor FOB a valor CIF, más los gastos de embarque consulares, flete aéreo; finalmente este monto lo multiplicamos por el número de metros de cada tipo de cable.

TOTAL COSTO DEL SISTEMA DE MEDICION:

S/ 14'889,425.00
=====

1.3 Sistema de Control del Transportador del Sensor de Temperatura

En esta capítulo consideramos los siguientes materiales:

- 1 Motor marca Bauer tipo DK 54006/143 L(EX), 768.5 DM x 2 x 1,350.

El motor costó 768.5 DM (marcos alemanes) en abril de 1974, luego multiplicamos por 2 para actualizar el precio a Set-84 y finalmente el resultado lo multiplicamos por la cotización del marco alemán en Set-84:

S/ 2'074,950.00

- 1 Transportador, el cual consta de:
 - 2 planchas de acero de 16" x 14" x 1/4"
 - 6 pernos
 - 3 engranajes
 - 4 ruedas cónicas
 - 1 base de motor
 - 1 base para contrapeso
 - 4 pestañas
 - 1 cubierta para motor
 - 2 pistas para accionar fines de carrera

S/ 570,253.00

- 1 Tablero de fuerza y mando metálico marca ELDON SWEDEN tipo KGT 3315, cuyas dimensiones son:

166 x 66 x 15 cm.		S/ 180,000.00
- Fuerza		
3 fusibles marca Siemens a S/ 2,400.5 c/u		7,776.00
1 relé térmico marca BBC, tipo TSA 45 P		124,200.00
1 contactor trifásico marca BBC, tipo SLA7-II		145,800.00
1 bornera compuesta de 7 bornes tipo 8WA2		56,700.00
Incluido el Imp.Gnrl.a la Vta.8%:	S/	334,476.00
- Control y Mando		
1 fusible marca Siemens	S/	2,592.00
1 zócalo sin recubrimiento de bornes		10,368.00
1 tapa de rosca		7,020.00
3 contactores auxiliares a 135,00 c/u		437,400.00
2 relés temporizados a S/ 517,500 c/u		1,117,800.00
1 bornera compuesta de 30 bornes tipo FBSN		210,600.00
5 interruptores límite de carrera		750,600.00
Incluido el Imp.Gnrl.a la Vta.8%:	S/	2,536,380.00
- Panel de Mando y Señalización		
2 pulsadores de mando marca Siemens a 28,600 c/u + 8% I.G.V.		61,776.00
2 interruptores de mando marca Bremas a 180,000c/u +8% I.G.V.		388,800.00

265 mts. de cable aprox. tipo YSL de diferente tipo 883 DM(FOB) x 1,350 x 2.5	S2'980,125.00
	<hr/>
	S3'430,701.00

Los 883 marcos alemanes (valor FOB), mercadería puesta en puerto de origen para convertir a soles, lo multiplicamos por 1,350, equivalente del marco alemán a Set-84 para finalmente multiplicarlo por 2.5 coeficiente que cubre la actualización del precio a Set-84 y el valor CIF más los gastos de embarque consulares y flete aéreo.

COSTO TOTAL DEL SISTEMA DE CONTROL

DEL TRANSPORTADOR : S9'126,760.00

1.4 Sistemas Auxiliares

En esta capítulo consideramos los siguientes materiales:

- 3 pulsadores a 28,600 incluyen do el IGV 8%	S 30,888.00
- 1 timer 555	
1 IC 7400	
2 IC 74192	
2 IC 7448	
2 Display FND 500	
Todos estos materiales suman 80,000 incluyendo el IGV 8%	86,400.00
- 1 fuente de poder a 70,000 incluyendo el IGV 8%	75,600.00

1 sirena a 450,000 incluyendo el IGV 8%	S/ 486,000.00
3 lámparas de neón	
3 sockets para neón	
Todo esto por 45,000inc.IGV 8%	48,600.00
Varios por un total de	108,000.00
TOTAL COSTO DE SISTEMAS AUXILIARES	<u>S/ 835,488.00</u>

Resumiendo:

Costo de Materiales a Set-84:

COSTO DE LA ESTRUCTURA MECANICA	S/ 550,000.00
COSTO DEL SISTEMA DE MEDICION	14' 889,425.00
COSTO DEL SISTEMA DE CONTROL DEL TRANSPORTADOR DEL SENSOR DE TEM- PERATURA	9' 126,760.00
COSTO DE SISTEMAS AUXILIARES	835,488.00
TOTAL COSTO DE MATERIALES:	<u>S/25'401,673.00</u>

2. M a n o d e O b r a

La mano de obra también la trataremos por capítulos o etapas:

Cimentación

Montaje e Instalación de la Estructura Mecánica

Sistema de Medición - Montaje e Instalación

Montaje e Instalación del Sistema de Transporte

Sistemas Auxiliares - Montaje e Instalación

Los costos se han actualizado también a Set.-84.

2.1 Cimentación Para la Estructura Mecánica
(en soles)

C I M E N T A C I O N (2 ds. de trabajo)	T R A B A J A D O R E S		
	Ingenie- ros	Maestros	Ayudan- tes
Sueldos y Salarios Men- sual	1'200,000	600,000	400,000
Número de Trabajadores	1	1	2
Mano de Obra por días trabajados por trabajador	80,000	40,000	26,667
COSTO PARCIAL	80,000	40,000	53,334
COSTO T O T A L	S 173,334.00		

2.4 Sistema de Transporte - Montaje e Instalación
(en soles)

TRANSPORTE (6 ds.de trabajo)	T R A B A J A D O R E S			
	Ingenie - ros	Supervi- sores	Electri- cistas	Ayudan- tes
Sueldos y Sala- rios Mensual	1'200,000	800,000	550,000	400,000
Número de Trabaj.	1	1	1	2
Mano de Obra por ds. trabajados por trabajador	240,000	160,002	109,998	79,998
COSTO PARCIAL	240,000	160,002	109,998	159,996
COSTO TOTAL	S 669,996.00			

2.5 Sistemas Auxiliares - Montaje e Instalación
(en soles)

AUXILIARES (5 ds.de trabajo)	T R A B A J A D O R E S			
	Ingenie - ros	Supervi- sores	Electri- cistas	Ayudan- tes
Sueldos y Sala- rios Mensual	1'200,000	800,000	550,000	400,000
Número de Trabaj.	1	1	1	2
Mano de Obra por ds. trabajados por trabajador	200,000	133,335	91,665	66,665
COSTO PARCIAL	200,000	133,335	91,665	133,330
COSTO TOTAL	S 558,330.00			

Nota.- En cada uno de los 5 Cuadros anteriores, el cos
to total es la sumatoria de los Costos Parcia--
les. Cada costo parcial se calcula de la siguien
te manera: Al dividir entre 30 el salario men
sual de cada trabajador se obtiene el salario -
diario, éste ingreso se multiplica primeramente
por el número de días trabajados y a continua--
ción por el número de trabajadores.

Resumiendo:

Costo de Mano de Obra a Set.-84:

COSTO MANO DE OBRA: CIMENTACION	S/	173,334.00
COSTO MANO DE OBRA: MONTAJE DE ESTRUC TURA MECANICA		933,331.00
COSTO MANO DE OBRA: SISTEMA DE MEDI- CION		553,336.00
COSTO MANO DE OBRA: SISTEMA DE TRANS PORTE		669,996.00
COSTO MANO DE OBRA: SISTEMAS AUXILIA RES		558,330.00
TOTAL COSTO DE MANO DE OBRA :	S/	2'888,327.00 =====

Costo Total Aproximado del Proyecto a Set-1984:

TOTAL COSTO DE MATERIALES :	S/	25'401,673.00
TOTAL COSTO DE MANO DE OBRA:		2'888,327.00
COSTO TOTAL APROXIMADO :	S/	28'290,000.00 =====

3. Análisis Comparativo

3.1 Comparación de una Estructura Mecánica Presupuestado por la Empresa Proper S.A. con la nuestra

El presupuesto presentado por la Empresa Proper S.A. (Productos Perfilados S.A.), con fecha 22 de Abril de 1983 por la construcción de una estructura de soporte para indicador de temperaturas del horno, ascendía a S/ 4'830,000.00 precio que incluye materiales, mano de obra, montaje y pintura.

A dicha cotización de Abril de 1983 a Setiembre de 1984, se le ha adicionado un 180% por concepto de devaluación de nuestra moneda, equivalente a S/ 8'694,000.00 dando un valor total de S/ 13'524,000.00.

A nuestro trabajo que se hizo utilizando material-habido en planta, en estado de abandono, se le asigna un valor estimado (a Set. 84) por materiales de S/550,000. Además, la mano de obra de la cimentación, donde se emplearon 2 días de trabajo y 4 trabajadores: 1 ingeniero, 1 maestro y 2 ayudantes, ascendió a un valor de 173,334 soles.

A la mano de obra de la Cimentación le incluimos - la mano de obra del montaje de la estructura mecánica, donde se emplearon 7 días de trabajo y 6 trabajadores,

1 ingeniero, 1 supervisor, 2 maestros y 2 ayudantes por un valor de 933,331 soles, dando un total de 1'656,665.00 soles oro.

En cuanto a las diferencias de la comparación entre el presupuesto de PROPER S.A. (que incluía materiales nuevos, mano de obra, montaje y pintura) por un valor de 13'524,000 soles y la de nuestro trabajo (incluyendo materiales en desuso, mano de obra, montaje y pintura) por un valor (a Set.84) de 1'656,665 soles oro, lo cual indica un beneficio de 11'867,335 soles, en consecuencia una ganancia para la Empresa Cemento Yura S.A. Este monto equivale a 2,895 dólares USA. Véase en la sección Apéndice D₁ el presupuesto en mención.

3.2 Comparación de los Sistemas Presupuestados por Brown Boveri S.A., con la nuestra

El presupuesto de Brown Boveri S.A. efectuado con fecha Marzo de 1983 cubre los sistemas de estructura mecánica, medición y transporte (no emplea, sistemas auxiliares como nuestro proyecto), por un valor de 41,600 francos suizos, valor FOB, material puesto en puerto de embarque u origen, incluyendo embalaje adecuado para transporte marítimo. No considera gastos consulares, flete ni seguro; los precios de montaje y puesta en servicio tampoco están incluidos.

A los 41,600 francos suizos le adicionamos un 15%

por concepto de actualización de precios a Setiembre de 1984, teniendo entonces un monto parcial de 47,840 francos suizos. Seguidamente esta cantidad debe ser multiplicada por 2.5, coeficiente equivalente al importe de gastos consulares, flete, seguro, impuestos por concepto de importación; entonces tenemos un monto total de : 119,600 francos suizos.

Esta cantidad convertida a moneda nacional, cotizando el franco suizo en 1,650 soles a fines de Setiembre de 1984, arroja un precio final de 197'340,000 soles.

Nuestro trabajo actualizado a Setiembre de 1984, cubre los sistemas de estructura mecánica, medición, transporte y sistemas auxiliares por un valor de 28'290,000 soles.

En cuanto a la diferencia de la comparación entre el presupuesto de Brown Boveri S.A., (que incluía materiales nuevos) por un valor total de 197'340,000 soles, y la de nuestro trabajo (incluyendo materiales en desuso o de almacén, mano de obra, montaje y pintura) por un valor de 28'290,000 soles, lo cual refleja un importante beneficio de 169'050,000 soles computados como ya se dijo, a Setiembre de 1984, lo que equivale a 41,232 dólares USA. Véase en la sección Apéndice D₂ el presupuesto en mención.

CAPITULO VII
INSTRUCCIONES DE OPERACION Y MANTENIMIENTO
DEL EQUIPO

CAPITULO VII
INSTRUCCIONES DE OPERACION Y MANTENIMIENTO
DEL EQUIPO

Este tema es de especial importancia, pues de su correcta interpretación y seguimiento depende mucho el grado de eficiencia y utilidad del presente proyecto.

1. Instrucciones de Operación

Las siguientes pautas son sencillas y no por esto - dejan de ser valiosas para un eficiente y correcto funcionamiento del equipo.

Debemos distinguir entre dos modos de operación perfectamente definidos:

- Operación Automática
- Operación Manual

1.1 Operación Automática

El sistema de medición, de la temperatura exterior del casco del horno rotativo de cemento, ha sido concebido para operar preferentemente en forma automática.

El modo de operación automática queda seleccionado con la llave de mando B1, en la posición 2.

Se dá tensión de alimentación al sistema indicador de la posición del sensor, mediante el interruptor S7, en la posición ON.

La alarma acústica (sobrettemperatura) queda en estado de lista, con la llave de mando B3, en la posición 2.

Si el transportador se encuentra en la posición de reposo (frente al metro N° 20 del horno), mediante el pulsador S2.1 iniciamos la marcha en automático.

Si el transportador del sensor se encuentra ubicado en cualquier punto definido del riel guía principal, iniciar la marcha automática, presionando S2.1 ó S2.2 según se desee la traslación hacia abajo o hacia arriba respectivamente. Para hacer coincidir la indicación de posición del sensor emplear los pulsadores S3.1 y S3.2

El sistema empieza el ciclo de trabajo conforme la secuencia lógica de traslación indicada en el plano F30 -KM2. página 70.

De esta manera, en el panel de mando y señalización dispondremos de la siguiente información:

- Indicador y registro de la temperatura exterior de la chapa del horno rotatorio.
- Sentido de traslación: marcha ascendente o descendente.
- Ubicación del transportador del sensor.

En caso de fallo durante la traslación automática, debemos reestablecer el servicio recurriendo al modo de operación manual.

1.2 Operación Manual

Es necesario operar en forma manual para atender a cualquiera de las siguientes situaciones:

- Para reubicar el transportador del sensor en una posición definida, después de un eventual corte de suministro eléctrico o parada de horno.
- Para corregir perturbaciones en el sistema de traslación automático (atascamiento de los carros-trolley, patinada de las ruedas del transportador, etc.)
- Para llevar rápidamente al sensor de temperatura hacia una zona de especial interés de medición.

El modo de operación manual queda seleccionado al colocar la llave de mando B1 en la posición 1.

2. Instrucciones de Mantenimiento

Es necesario tomar medidas preventivas para mantener un alto grado de operatividad y eficiencia, además, de prolongar la vida útil del equipo.

Que no parezca extraño, pero en una fábrica de cemento la polución ambiental es la causa más frecuente de fallos y perturbaciones en los equipos de fuerza, mando e instrumentación. Por este motivo, debemos tener cuidado de mantener limpio los equipos y zonas aledañas.

En el diseño de todos los sistemas que conforman el

presente proyecto se fijó como requisito la condición - de contar con equipos con mínimos cuidados y mantenimiento.

Las siguientes instrucciones se limitan esencialmente a operaciones de rutina en el mantenimiento de los equipos y las citaremos por capítulos para facilitar su comprensión.

2.1 De la Estructura Mecánica

No requiere mayores cuidados, salvo el riel - guía principal y riel guía de carros trolley, los cuales deberán ser limpiados una vez al mes con aire a pre sión.

En caso de encostramiento excesivo de polvo sobre las pistas, rasquetear con un cuerpo metálico para mantenerlas siempre lisas.

2.2 Del Sistema de Medición

2.2.1 Del Sensor

Por obligación se limpiará la ventana una vez al día o cuantas veces sea necesario de acuerdo al nivel de polución ambiental.

2.2.2 Del Registrador

La plumilla será limpiada una vez al

mes con alcohol.

Cuidar el nivel del tintero, no dejar que baje menos de la cuarta parte de llenado, rellenar según el desgaste.

El papel registrador avisa por medio de una línea roja para un cambio oportuno.

Las partes de mayor movilidad (ejes, etc) serán lubricadas según las instrucciones precisas del manual de mantenimiento del equipo.

2.2.3 De la Calibración

El sistema de medición deberá ser recalibrado cada tres meses o menos, si la situación lo requiere. Ver capítulo concerniente a este punto.

2.3 Del Sistema de Traslación

2.3.1 Del Transportador

El motor requiere una limpieza por sopleteo de aire una vez a la semana. Cada 8000 horas de servicio rellenar 0.2 Kgr. de grasa EP-ADDITIV.

Los engranajes serán igualmente limpiados junto con el riel guía principal una vez al mes, no es necesario lubricarlos.

Las llantas cónicas tienen un tiempo de vida útil

de 5 años aproximadamente, no requieren mayores cuidados.

2.3.2 Tablero de Fuerza y de Mando

Para evitar una peligrosa acumulación de polvo en los contactos eléctricos, es conveniente realizar una limpieza con aire seco y a presión moderada una vez al mes.

Es preferible realizar esta limpieza con los elementos desenergizados.

2.4 De los Sistemas Auxiliares

Por ser en su mayoría componentes eléctricos de estados sólidos, no se requiere ningún tipo de cuidado especial, salvo las mínimas exigencias de limpieza.

N o t a: Si el equipo va a ser puesto en operación después de un tiempo prolongado de parada, es conveniente revisar la lista de mantenimiento anteriormente señalada y proceder con rigor; cuidando preferentemente en lo que se refiere a limpieza, lubricación y calibración del sistema de medición.

C O N C L U S I O N E S

1. El conjunto de conclusiones que siguen a continuación están avaladas por los 5 años, aproximadamente, de funcionamiento continuo del presente sistema; habiendo sido puesto en operación en Febrero de 1980 y continúa en servicio a la fecha en que se redacta el presente documento, Noviembre de 1984.
2. En cuanto al sistema de medición podemos señalar lo siguiente:
 - El modo de generar, procesar e indicar la señal de medición constituye un método confiable y preciso, porque a pesar de ser un sistema no lineal, las fuentes de error quedan minimizadas mediante la escala construida sobre el registrador en el proceso de calibración.
 - La importancia fundamental del sistema de medición, radica en el hecho de que por razones de orden práctico el registro de temperatura obtenido, permite un análisis fácil del comportamiento térmico del casco del horno.

- Los componentes principales, sensor y registrador, a pesar de ser únicos en planta; pueden ser reemplazados por un juego completo - y diferente; igual al resto del equipo en fábrica.

3. Respecto al Sistema de Control del Transportador del Sensor, debemos anotar lo siguiente:

- El sistema eléctrico elegido no ha dado ningún tipo de problemas o perturbaciones.
- La operatividad está garantizada por la fácil adquisición de repuestos, en caso necesario.
- Es posible realizar una medición de temperatura a una o más revoluciones del horno, tan sólo con programar convenientemente el tiempo - del relé temporizado K7.
- En la actualidad resulta viable la implementación de la lógica de traslación mediante el empleo de microprocesadores.

4. Referente al sistema auxiliar de la indicación del lugar de medición, debemos señalar que se ha empleado lógica digital TTL por su fácil adquisición en el mercado y por no estar afectados por los peligros de carga estática que se presentan en la ciudad de Arequipa.

5. El presente proyecto no tiene precedentes en la industria cementera nacional y es igualmente aplicable a todo tipo de horno rotatorio o maquinaria similar.
6. Los ingenieros de turno tenían a su cargo la incómoda tarea de tomar personalmente la temperatura a la ~~chapa~~ chapa del horno, labor que demandaba aproximadamente 30 minutos y algunas veces llegaba a traer complicaciones en su salud por los cambios bruscos de temperatura durante la medición.

Desde la puesta en marcha del presente proyecto, dichos ingenieros dedican esos 30 minutos a otros trabajos y no se ven expuestos a sufrir menoscabo en su salud.

7. De lo manifestado en el capítulo Costo Aproximado del Proyecto, debemos resaltar lo siguiente:
 - Hemos logrado un ahorro directo por concepto de inversión, del orden de los 41,230 dólares USA. Ahorro muy significativo ahora más que antes en donde es tan escaso el recurso de divisas.
 - El sistema nada tiene que extrañar a otros similares de origen extranjero, tanto en acabados como en grado de eficiencia.

- También es importante señalar que se ha empleado mano de obra íntegramente nacional, más - aún, únicamente trabajadores de la empresa Ce mento Yura S.A.
8. El presente trabajo no es el único, pero sí uno de los principales agentes que han permitido en lo que a la operación del horno se refiere:
- Menos cantidad de interrupciones en el proce- so de producción, con la consiguiente prolon- gación de la vida útil de los equipos.
 - Moco de operación más constante y uniforme.
 - Por concepto de cambio de mampostería, se ha pasado de un promedio de 2.5 a 1.5 paradas al año.
9. Siendo 450 TM/día la capacidad nominal de produc - ción de clinker y estimando en aproximadamente, 55 dólares USA la TM de clinker, y teniendo como pro- medio que una parada de horno para cambio de mampos- tería, dura 15 días, debemos anotar que hemos cola- borado significativamente en el ahorro de $450 \times 15 \times 55 = 371,250$ dólares USA cada año.
10. Considerando material, pues la mano de obra es po- co significativa, cada cambio de refractarios sig- nifica un gasto del orden de los 100,000 dólares.

11. Por lo tanto, el presente proyecto comparte el mérito de lograr un beneficio anual del orden de los 471,250 dólares USA, para la fábrica de Cemento YURA S.A.

12. El fiel seguimiento de las instrucciones de operación y mantenimiento del equipo, permitirán asegurarle un tiempo de vida útil, no menor a los 15 años.

o o o

 o

BIBLIOGRAFIA

1. PROCESS INSTRUMENTS
Siemens
Catalogue MP 1 - January 1970
2. TRANSDUCTORES Y MEDIDORES ELECTRONICOS
José Mompin Poblet
Marcombo Boixareu Editores
3. INSTRUMENTS FOR LABORATORY AND SERVICE
Brown Boveri
Catalogue 1977/78
4. SWITCHBOARD INSTRUMENTS
Brown Boveri
Catalogue 1978/79
5. APARATOS ELECTRICOS
Siemens
Catálogo 1980
6. ELECTRONICA INDUSTRIAL
George Chute - Robert Chute
Editorial Hispano Europea

7. CIRCUITOS DE PULSOS
Constantine H. Houppis - Jerzy Lubelfeld
Fondo Educativo Interamericano S.A. - 1974
8. THE T T L DATA BOOK
FOR DESIGN ENGINEERS
Second Edition
Texas Instruments Incorporated
9. ENGINEER'S NOTEBOOK
Forrest M. Mins, III
First Edition - 1980
Radio Shack
10. SIGNETICS LOGIC - T T L
Data Manual
Signetics Corporation 1978
11. SIGNETICS ANALOG
Applications Manual
Signetics Corporation 1979