

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**  
**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



ANEXOS

**OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS EN LA FABRICACIÓN DE  
TERMAS ELÉCTRICAS UTILIZANDO HERRAMIENTAS DE LEAN  
MANUFACTURING**

Tesis para optar el Título de Ingeniero Industrial, que presenta el bachiller:

**Baluis Flores, Carlos André**

**ASESOR: Corrales Riveros, César Augusto**

Lima, Octubre de 2013

## INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1 – LINEA DE TANQUES.....	iii
ANEXO 2 – AREA DE TUBOS .....	vii
ANEXO 3 – TANQUES GALVANIZADOS.....	viii
ANEXO 4 – AREA DE PROBADO.....	viii
ANEXO 5 – LINEA DE FUNDAS .....	ix
ANEXO 6 – AREA DE PINTURA.....	ix
ANEXO 7 – AREA DE INYECTADO / ARMADO.....	x
ANEXO 8 – AREA DE ACABADO Y EMBALADO.....	xi
ANEXO 9 – ANÁLISIS DE DESPERDICIOS Y NIVEL DE VALORIZACIÓN.....	xi
ANEXO 10 – TIEMPOS DE CICLO POR CAPACIDAD DE TANQUE .....	xiii
ANEXO 11 – DISPONIBILIDAD DE MÁQUINA.....	xvi
ANEXO 12 – AREA DE SOLDADO- ANÁLISIS DE ACTIVIDADES .....	xvii
ANEXO 13 – AREA DE PROBADO- ANÁLISIS DE ACTIVIDADES.....	xviii
ANEXO 14 – ÁREA DE HABILITADO- ANÁLISIS DE ACTIVIDADES.....	xix
ANEXO 15 – CRONOGRAMA DEL TALLER KANBAN .....	xx
FUENTE: ELABORACION PROPIA.....	xx
ANEXO 16 – HOJA DE OCURRENCIAS – SISTEMA SMED.....	xx
ANEXO 17 – CRONOGRAMA DE CAPACITACIÓN DEL BALANCE DE LINEA .....	xxi
ANEXO 18 – CALCULO DE CANTIDAD DE PINTURA TRAFICO A UTILIZAR.....	xxi
ANEXO 19 – CALCULO DE COSTO PROMEDIO PONDERADO DE UNA TAPA, CUERPO DE TANQUE Y TANQUE DE TERMA.....	xxii

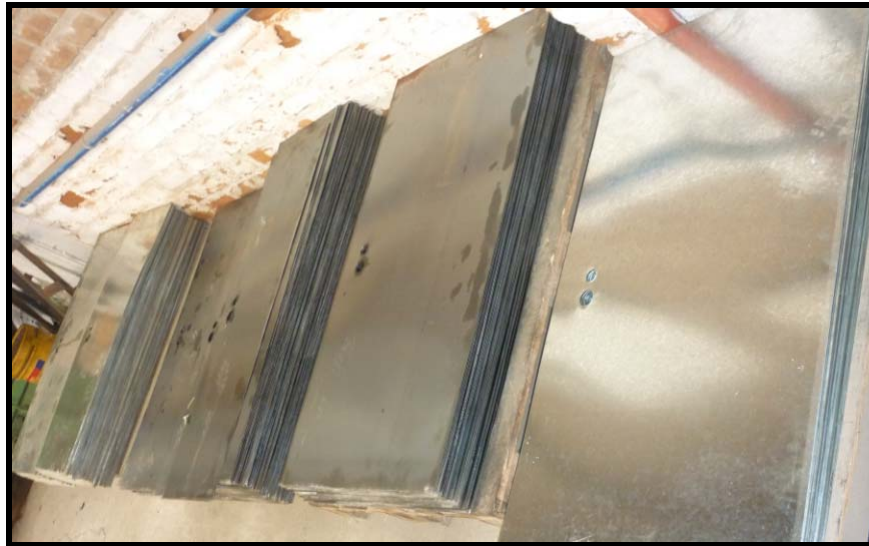
## ANEXO 1 – LINEA DE TANQUES

Proceso de marcado y cortado de planchas



FUENTE: LA EMPRESA

Planchas troqueladas



FUENTE: LA EMPRESA

Roladora Eléctrica



FUENTE: LA EMPRESA

Planchas Roladas 50L



FUENTE: LA EMPRESA

Discadora Eléctrica



FUENTE: LA EMPRESA



### Máquina Troqueladora



FUENTE: LA EMPRESA

### Prensa Eléctrica



FUENTE: LA EMPRESA

### Tapas Bombeadas o Embutidas



FUENTE: LA EMPRESA

## ANEXO 2 – AREA DE TUBOS

Área de Tubos



FUENTE: LA EMPRESA

### **ANEXO 3 – TANQUES GALVANIZADOS**

Tanques Galvanizados



FUENTE: LA EMPRESA

### **ANEXO 4 – AREA DE PROBADO**

Área de Probado



FUENTE: LA EMPRESA



## **ANEXO 5 – LINEA DE FUNDAS**

### Área de Fundas 1



FUENTE: LA EMPRESA

### Área de Fundas 2



FUENTE: LA EMPRESA

## **ANEXO 6 – AREA DE PINTURA**

### Cámara de pintado y el horno de pintado



FUENTE: LA EMPRESA

#### ANEXO 7 – AREA DE INYECTADO / ARMADO



FUENTE: LA EMPRESA

## ANEXO 8 – AREA DE ACABADO Y EMBALADO



FUENTE: LA EMPRESA

## ANEXO 9 – ANÁLISIS DE DESPERDICIOS Y NIVEL DE VALORIZACIÓN

### SOBREPRODUCCION

ÁREA	SOBREPRODUCCION	NV
LÍNEA DE TANQUE	Se aprecia al final de los procesos de cortado, discado y soldado.	5
LÍNEA DE FUNDA	Se aprecia al final de proceso de pestañado (cuerpo de fundas y tapas).	3
ENSAMBLE	No se aprecia este tipo de desperdicio.	1
ACABADO	No se aprecia este tipo de desperdicio.	1

### ESPERA

ÁREA	ESPERA	NV
LÍNEA DE TANQUE	Desperdicio que se aprecia en el proceso de probado.	3
LÍNEA DE FUNDA	No se aprecia este tipo de desperdicio.	1
ENSAMBLE	Desperdicio que se aprecia en el proceso de inyectado con poiluretano.	3
ACABADO	Desperdicio que se aprecia en el proceso de acabado (secado).	3

### TRANSPORTE INNECESARIO

ÁREA	TRANSPORTE INNECESARIO	NV
LÍNEA DE TANQUE	No se aprecia este tipo de desperdicio.	1
LÍNEA DE FUNDA	Desperdicio que se aprecia entre el proceso de pestañado y decapado.	3
ENSAMBLE	No se aprecia este tipo de desperdicio.	1
ACABADO	No se aprecia este tipo de desperdicio.	1

#### **SOBREPROCESAMIENTO**

ÁREA	SOBREPROCESAMIENTO	NV
LÍNEA DE TANQUE	Se aprecia en el proceso de probado.	3
LÍNEA DE FUNDA	No se aprecia este tipo de desperdicio.	1
ENSAMBLE	No se aprecia este tipo de desperdicio.	1
ACABADO	Se aprecia en el proceso de inyectado.	3

#### **INVENTARIO**

ÁREA	INVENTARIO	NV
LÍNEA DE TANQUE	Se aprecia un excesivo inventario al final del proceso de troquelado, embutido, rolado, habilitado, soldado y probado.	5
LÍNEA DE FUNDA	Se aprecia inventario al final del proceso de pestañado y horneado.	3
ENSAMBLE	No se aprecia excesivo inventario.	1
ACABADO	No se aprecia excesivo inventario.	1

#### **MOVIMIENTOS INNECESARIOS**

ÁREA	MOVIMIENTOS INNCSARIOS	NV
LÍNEA DE TANQUE	Se aprecia en el troquelado y bombeado.	5
LÍNEA DE FUNDA	Se aprecia en el troquelado, decapado y horneado.	5
ENSAMBLE	Se aprecia en el proceso de aislado con lana de vidrio y poliuretano.	5
ACABADO	Se aprecia en el proceso de pintado y embalado.	3

#### **PRODUCTOS DEFECTUOSOS**

ÁREA	PRODUCTOS DEFECTUOSOS	NV
LÍNEA DE TANQUE	Se aprecia productos defectuosos en el proceso de soldado.	3
LÍNEA DE FUNDA	Se aprecia productos defectuosos en el proceso de horneado.	3
ENSAMBLE	No se aprecia productos defectuosos.	1
ACABADO	No se aprecia productos defectuosos.	1

ELABORACION PROPIA



## ANEXO 10 – TIEMPOS DE CICLO POR CAPACIDAD DE TANQUE

DEMANDA 50 LTS	5893	65.1%
DEMANDA 80 LTS	2340	25.8%
DEMANDA 110 LTS	821	9.1%
	9054	100%

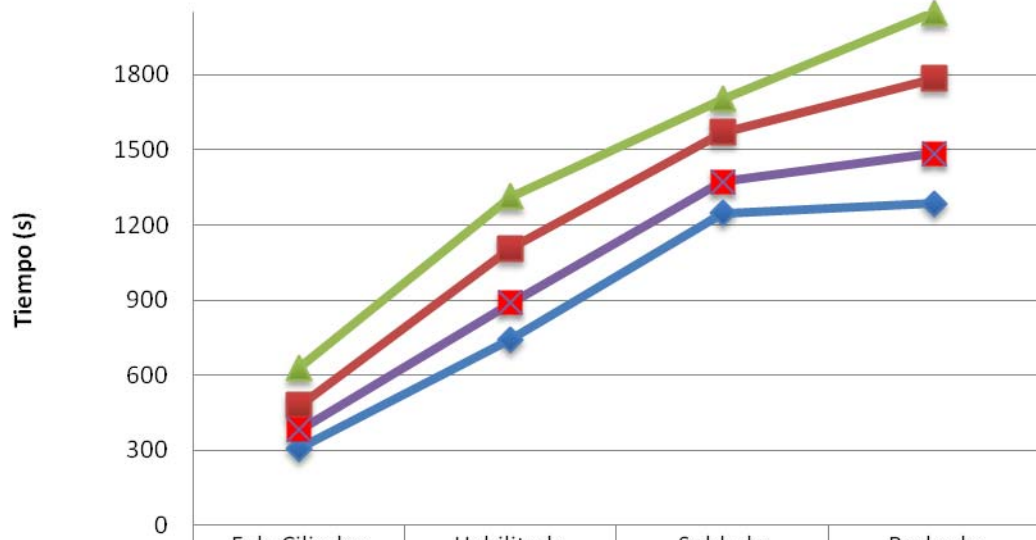
	PROCESO	T 50 L (s)	T 80 L (s)	T 110L (s)	TIEMPO STD (s)
FABRICACIÓN DE TANQUE	Trazado	57.3	73.5	79.4	63.5
	Cortado 1	29.3	43.8	61.0	35.9
	Troquelado 1	10.5	16.8	22.6	13.2
	Troquelado 2	14.9	24.9	29.8	18.8
	Rolado	196.6	321.1	438.1	250.7
	Habilitado	743.5	1107.3	1312.2	889.1
	Soldado 1	1030.0	1276.8	1395.7	1127.0
	Soldado 2	109.0	118.6	116.2	112.1
	Escariado	149.4	162.2	162.3	153.9
	Ensamblado	59.0	59.0	59.0	59.0
	Prueba de agua caliente	462.8	692.6	839.7	556.3

	<b>Prueba de presión</b>	342.6	534.2	634.9	418.6
	<b>Reproceso soldado</b>	108.9	172.5	189.1	132.6
	<b>Prueba de aire</b>	272.4	335.2	351.3	295.8
<b>TAPA INFERIOR</b>	<b>Trazado 1</b>	19.1	19.1	19.1	19.1
	<b>Cortado 1</b>	9.8	9.8	9.8	9.8
	<b>Cortado 2</b>	12.0	12.0	12.0	12.0
	<b>Trazado 2</b>	84.8	84.8	84.8	84.8
	<b>Discado</b>	36.1	36.1	36.1	36.1
	<b>Troquelado</b>	42.8	42.8	42.8	42.8
	<b>Bombeado</b>	19.0	19.0	19.0	19.0
<b>TAPA SUPERIOR</b>	<b>Trazado 1</b>	19.1	19.1	19.1	19.1
	<b>Cortado 1</b>	9.8	9.8	9.8	9.8
	<b>Cortado 2</b>	12.0	12.0	12.0	12.0
	<b>Trazado 2</b>	84.8	84.8	84.8	84.8
	<b>Discado</b>	36.1	36.1	36.1	36.1
	<b>Bombeado</b>	19.0	19.0	19.0	19.0

FUENTE: ELABORACION PROPIA

Gráfica de los tiempos de ciclo de procesos para tanques de 50L, 80L y 110L

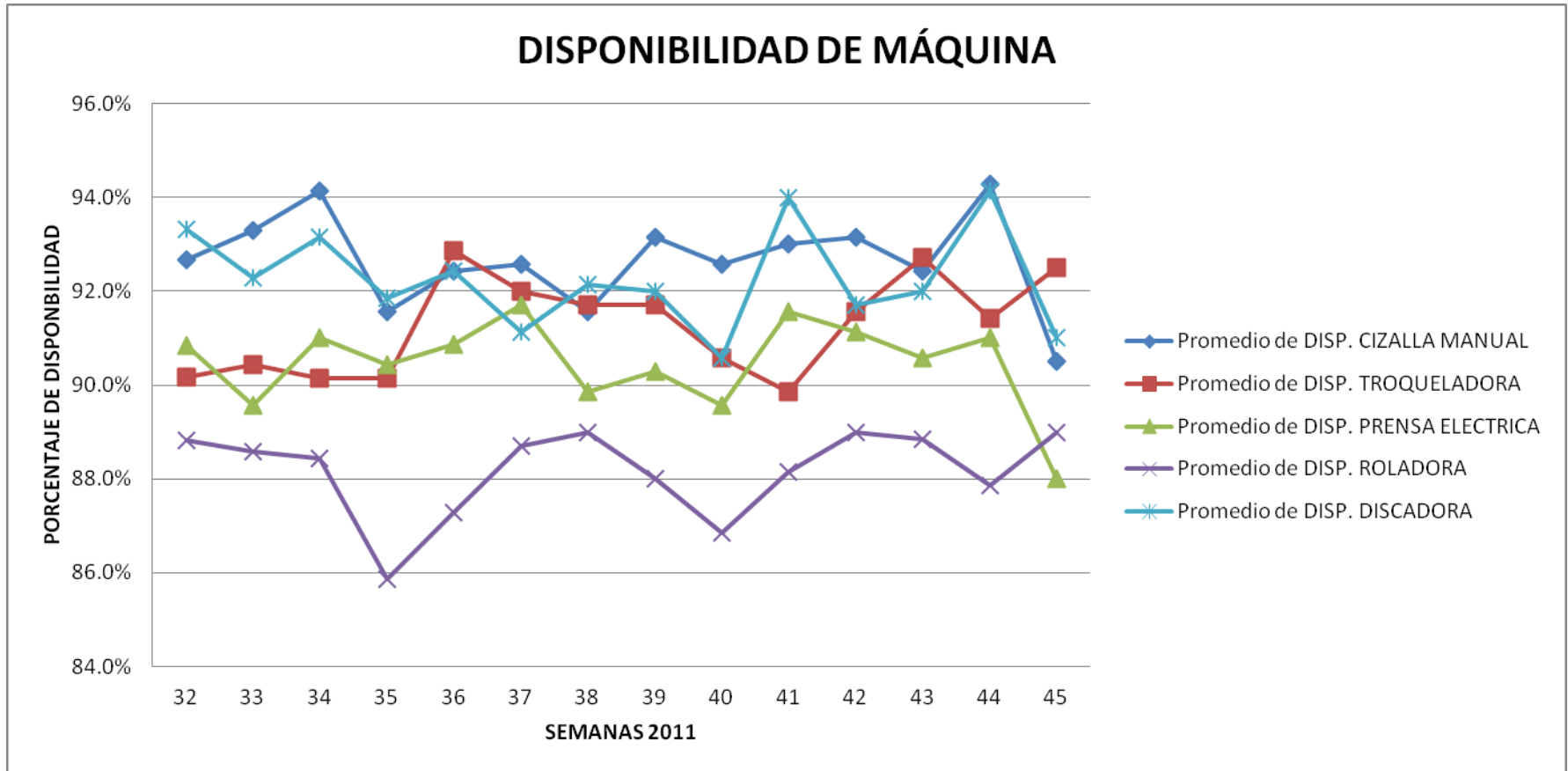
## Tiempos de ciclo - 50L, 80L y 110L



	Fab. Cilindro	Habilitado	Soldado	Probado
T 50 L (s)	308.6	743.5	1247.9	1286.2
T 80 L (s)	480.1	1107.3	1567.9	1783.2
T 110L (s)	630.9	1312.2	1701	2047.2
T STD (s)	382.1	889.1	1371.7	1483.6

FUENTE: ELABORACION PROPIA

## ANEXO 11 – DISPONIBILIDAD DE MÁQUINA



FUENTE: LA EMPRESA



## ANEXO 12 – AREA DE SOLDADO- ANÁLISIS DE ACTIVIDADES

TAREA	ACTIVIDADES	TIEMPO (s)
A	Coge tanque del área de habilitado y lo traslada hacia área de soldado	9.3
B	Coge tanque y traslada hacia mesa de trabajo	11.6
C	Suelda tubo de ingreso agua fría, marca tubo de salida de agua caliente para soldar, realiza soldado; coge tubo de desfogue y suelda tubo de desfogue	54.2
D	Manipula tanque y suelda cuerpo de tanque	348.9
E	Prepara zona para soldar (golpe zona con herramienta) y realiza soldado de unión	171.4
F	Coge sujetador de termostato, coloca sobre tanque y realiza soldado	33.1
G	Coge tanque y coloca en APP	7.7
H	Coge tanque de APP y traslada hacia soporte para soldar	7.0
I	Coge portaelectrodo, suelda de tapa inferior y deja portaelectrodo	230.7
J	Cambio de posición del tanque, coge portaelectrodo, suelda de tapa superior y deja portaelectrodo	244.5
K	Traslado hacia APP	8.5
L	Coge tanque de APP y traslado hacia mesa de soldado	7.6
M	Coge regla o plantilla para soldar tornillos, hace coincidir con tope de perno, coge portaelectrodos, suelda pernos (habilita)	38.9
N	Retira regla y suelda pernos	46.1
Ñ	Coge tuerca y tope de perno, manipula tanque para soldado y realiza soldado	16.0
O	Coge tanque y traslada hacia APP	3.6
P	Acabado	30.9
Q	Coge tanque + coloca sobre mesa de trabajo ( reproceso)	6.7
R	Acomoda tanque, golpea y suelda ( reproceso)	87.5
S	Coloca en APP ( reproceso)	7.4

FUENTE: ELABORACION PROPIA

## ANEXO 13 – AREA DE PROBADO- ANÁLISIS DE ACTIVIDADES

TAREA	ACTIVIDADES	T (s)
A	Coge tanque y traslada desde zona de soldado hacia zona de probado	23.1
B	Coge escariador, coloca escariador en la entrada de resistencia y realiza escariado	39.8
C	Coge escariador, coloca escariador en la entrada de ánodo y realiza escariado	46.7
D	Limpia orificio de entrada de ánodo y de resistencia del tanque con una herramienta punzante	28.8
E	Coge lima, realiza limado de los 2 tubos de agua fría y agua caliente	15.5
F	Coge resistencia, coge empaquetadura y coloca en tanque (manualmente)	6.5
G	Coge llave eléctrica y ajusta resistencia	4.4
H	Coge teflón y coloca sobre ánodo	33.0
I	Coge ánodo-teflón y coloca en tanque (manualmente)	9.5
J	Coge llave eléctrica + ajusta ánodo	5.5
K	Coge pabilo, coloca pabilo en extremos de tubos (agua fría, desfoque, agua caliente)	31.1
L	Traslado de tanques hacia zona de prueba de agua (plataforma)	5.3
M	Coge válvula, colocar válvula, conecta manguera de agua caliente y abre válvula de agua caliente	15.2
N	Llenado de tanque (espera)	496.5
Ñ	Cierra válvula superior de ingreso de agua caliente y saca manguera	8.2
O	Coge válvulas (x3) y coloca manguera en válvula 2 con llave	33.8
P	Acciona palanca para ingreso de aire hasta que presente presión de 180-190 Psi y saca manguera	33.7
Q	Realiza limpieza con trapo, hecha tanque y con llave saca válvulas+ inspecciona fugas y marca con tiza	186.7
R	Vaciado de agua (espera), hecha tanque lo voltea	164.5
S	Traslado de tanque desde zona soldado hacia zona de probado de aire	28.2
T	Colocar válvulas (3), manguera de aire (a un extremo) cierra válvula de desfogue	22.9
U	Coge brocha con solución(agua y detergente), lo pasa sobre área de soldado y deja brocha	24.8
V	Abre válvula de desfogue, coge trapo y limpia zona pasada por brocha y sacar válvula de desfogue	21.0
X	Coge tanque, coloca sobre mesa de trabajo y coloca manguera	16.9
Y	Coge soplete, realiza pintado 1 (cordón tapa superior y cuerpo) y deja soplete en su lugar y saca manguera	65.7
Z	Coge tanque, coloca en suelo y saca 2 válvulas (válvulas extremos)	15.2
A'	Coge soplete, realiza pintado x2 (cordón de tapa inferior)	14.4
B'	Saca pabilo de niples	4.3
C'	Coge escobillón y limpia niples	20.4
D'	Coge lija, realiza Lijado de niples para ser pintados	22.6
E'	Coge tubo, inspecciona niples y endereza	22.3
F'	Pintado de niples	17.2

FUENTE: ELABORACION PROPIA

## ANEXO 14 – ÁREA DE HABILITADO- ANÁLISIS DE ACTIVIDADES

ACTIVIDADES	TIEMPO (s)
Coge tubos de ingreso de agua fría desde área de tubos y traslada hacia área de habilitado	7.8
Coge portaelectrodo y realiza perforación (sistema antiretorno)	7.1
Coge tapas de área de bombeado y traslado hacia área de habilitado	6.6
Coge tanques de APP y traslada hacia área de habilitado	67.0
Coge tapas, coge compas, realiza marcado, deja compás y coge marcador y realiza marcado	22.9
Coge tanque y coloca en mesa de trabajo	9.9
Coge tanque, marca zona de cuerpo tanque a soldar y acomoda	29.6
Coge portaelectrodo, coloca careta, suelda cuerpo ( 3 puntos), deja portaelectrodo y sube careta	60.9
Coge tapa, amortilla bordes de tapa, coloca en tanque, coge tubo de ayuda e inspecciona	61.5
Coge portaelectrodo, realiza soldado (1 punto), amortilla, deja portaelectrodo y retira careta	14.4
Coge tanque, acomoda da vuelta, coge tubo ayuda y golpea tapa, acomoda tapa inferior y coloca careta	103.4
Coge portaelectrodo, suelda (3 puntos), deja portaelectrodo y sube careta	48.1
Manipula tanque y acomoda para soldar tapa superior	14.5
Coge tubo de ingreso de agua fría, traslada hacia mesa de trabajo y coloca dentro de tanque	14.2
Coge tapa superior, amortilla bordes, coloca en tanque, coge portaelectrodo, suelda, deja portaelectrodo y deja careta	45.8
Coge tanque, tubo de ayuda, hace coincidir extremos para soldar y coloca careta	168.7
Coge portaelectrodo, realiza soldado de tapa superior (3 puntos), deja portaelectrodo y deja careta	53.2
Coge tanque, manipula para colocar unión, amortilla zona a soldar, coge unión, coloca en tanque y coloca careta, luego coge portaelectrodo, realiza soldado de unión, deja portaelectrodo, saca careta e inspección	142.3
Coge tanque y traslada hacia APP	11.0

FUENTE: ELABORACION PROPIA

## ANEXO 15 – CRONOGRAMA DEL TALLER KANBAN

PROGRAMA	FECHA	H. INICIO	H. FIN
<i>DEFINICIONES Y CONCEPTOS DEL KANBAN</i>	06/08/2012	18:30	20:00
<i>TIPOS DE KANBAN Y FUNCIONAMIENTO</i>	08/08/2012	18:30	20:00
<i>REQUERIMIENTOS Y PROGRAMACION CON KANBAN</i>	10/08/2012	18:30	20:00
<i>INSTRUMENTOS DE KANBAN Y REGLAS DE KANBAN</i>	13/08/2012	18:30	20:00
<i>SISTEMA TRADICIONAL Y SISTEMA KANBAN</i>	15/08/2012	18:30	20:00
<i>CASO PRACTICO - SIMULACION</i>	17/08/2012	18:30	20:00
	20/08/2012	18:30	20:00
	22/08/2012	18:30	20:00
<i>CONCLUSIONES</i>	24/08/2012	18:30	20:00

FUENTE: ELABORACION PROPIA

## ANEXO 16 – HOJA DE OCURRENCIAS – SISTEMA SMED

### HOJA DE OCURRENCIAS - SISTEMA SMED

FECHA	TIEMPO DE SET UP	OPERADOR	OBSERVACION



FUENTE: ELABORACION PROPIA

**ANEXO 17 – CRONOGRAMA DE CAPACITACIÓN DEL BALANCE DE LINEA**

PROGRAMA	FECHA	HORA INICIO	HORA FIN
BALANCE DE LINEA - DEFINICION	09/07/2012	18:00	20:00
TIPOS DE BALANCE DE LINEA	10/07/2012	18:00	20:00
BENEFICIOS DEL BALANCE DE LINEA	11/07/2012	18:00	20:00
	12/07/2012	18:00	20:00
CONCLUSIONES	13/07/2012	18:00	20:00

FUENTE: ELABORACION PROPIA

**ANEXO 18 – CALCULO DE CANTIDAD DE PINTURA TRAFICO A UTILIZAR**

**Rendimiento:**

Cantidad	Unidad de medida	Precio
1	galón	S/. 42.90
30	metro lineal	S/. 1.43



AREA	CANTIDAD NOMINAL	CANTIDAD NECESARIA	UNIDAD DE MEDIDA	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Línea de tanque	57.5	63.25	metro lineal	S/. 1.43	S/. 90.45
Habilitado	57.5	63.25	metro lineal	S/. 1.43	S/. 90.45
Soldado 1	57.5	63.25	metro lineal	S/. 1.43	S/. 90.45
Soldado 2	57.5	63.25	metro lineal	S/. 1.43	S/. 90.45
Probado 1	57.5	63.25	metro lineal	S/. 1.43	S/. 90.45
Probado 2	57.5	63.25	metro lineal	S/. 1.43	S/. 90.45
TOTAL					S/. 542.69

FUENTE: ELABORACION PROPIA

**ANEXO 19 – CALCULO DE COSTO PROMEDIO PONDERADO DE UNA TAPA, CUERPO DE TANQUE Y TANQUE DE TERMA.**

PL DE FE LAF DE 5/64" x 1200MM x 2400 MM (2.0 MM) TANQ.	UND	S/. 179.00
PL DE FE GALV. DE 1./16" x 1200MM x 2400 MM (1.5 MM) TANQ.	UND	S/. 130.00
PL DE FE GALV. DE 5/64" x 1200MM x 2400 MM (2.0 MM) TANQ.	UND	S/. 159.50

			50L	80L	110L
KHO-50	2,461 UND	32.4%			
REGG-50	1,179 UND	15.5%	TAPA	1/18	1/18
DEB-50	302 UND	4.0%	TANQUE	1/6	1/3
SL-50	976 UND	12.9%			1/2
SP-50	771 UND	10.2%			
SP-80	703 UND	9.3%			
SL-80	789 UND	10.4%			
SP-110	405 UND	5.3%			

7,586 UND

COSTO PROMEDIO DE UNA PLANCHA

MOD	CUERPO TANQUE	TAPA	TANQUE
KHO-50	S/. 21.67	S/. 8.86	S/. 30.53
REGG-50	S/. 21.67	S/. 7.22	S/. 28.89
DEB-50	S/. 29.83	S/. 9.94	S/. 39.78
SL-50	S/. 29.83	S/. 9.94	S/. 39.78
SP-50	S/. 29.83	S/. 9.94	S/. 39.78
SP-80	S/. 59.67	S/. 9.94	S/. 69.61
SL-80	S/. 59.67	S/. 9.94	S/. 69.61
SP-110	S/. 89.50	S/. 9.94	S/. 99.44

COSTO PROMEDIO DE UN CUERPO TANQUE S/. 34.97

COSTO PROMEDIO DE UNA TAPA S/. 9.17

COSTO PROMEDIO DE UN TANQUE S/. 44.14

FUENTE: ELABORACION PROPIA

