

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**LA PRODUCTIVIDAD EN EL SISTEMA DE
PRODUCCIÓN DE MUROS PANTALLA**

TESIS

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

MOISÉS GARAGAY AGUILAR

Lima- Perú

2011

Digitalizado por:

**Consortio Digital del
Conocimiento MebLatam,
Hemisferio y Dalse**

DEDICATORIA:

A DIOS por haberme ayudado a cumplir con mi objetivo.

A mis queridos padres por su amor y sus sabios consejos que ayudaron a delinear mi vida.

Al Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Civil (IIFIC) por brindarme el apoyo necesario para poder realizar esta investigación.

ÍNDICE

RESUMEN	4
LISTA DE TABLAS	5
LISTA DE FIGURAS	10
INTRODUCCION	17
CAPITULO I: GENERALIDADES	19
1.1. CRECIMIENTO DEL SECTOR CONSTRUCCION	19
1.1.1. Datos de Scotiabank	20
1.1.2. Datos de la Consultora Maximixe	22
1.2. SISTEMAS	24
1.2.1. Estado de un sistema	25
1.2.2. Clasificación de sistemas	25
1.2.3. Estudio de sistemas	26
1.2.4. Parámetros de los sistemas	27
1.3. LOS PROYECTOS DE CONSTRUCCION COMO SISTEMA	27
1.3.1. Sistema de gestión de proyectos	27
1.3.2. Procesos de dirección de proyectos para un proceso	27
1.3.3. Niveles de gestión en la construcción	28
1.3.4. Procesos repetitivos en la construcción	31
1.4. PLANEAMIENTO	32
1.4.1. Planificación maestra por hitos	32
1.4.2. Programación por trenes de trabajo	33
1.4.3. Programaciones semanales	34
1.4.4. Programaciones diarias, balance entre producción y asignación de tareas	35

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	36
2.1. PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCION	36
2.1.1. Medición del nivel general de actividad de obra	38
2.1.2. Medición de actividades puntuales y Carta balance	40
2.2. EFICIENCIA	41
2.3. LEAN CONSTRUCTION	42
2.3.1. Just in time	43
2.3.2. Reingeniería	44
2.3.3. Mejoramiento continuo	46
2.3.4. Calidad total	48
2.4. MÉTODO TRIZ	51
2.4.1. Procesos del TRIZ	52
2.4.2. Pasos	53
2.4.3. Niveles	53
2.4.4. Factores ingenieriles que podrían causar conflicto	54
2.4.5. Principios inventivos o de solución	55
2.4.6. El sistema sustancia – campo	57
2.5. MODELACIÓN CYCLONE	58
CAPITULO III: RECOLECCION Y PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN DE CAMPO	61
3.1. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN	65
3.1.1. Diagrama de flujo	66
3.1.2. Lay Out Plant (distribución en planta)	72
3.2. LA PRODUCTIVIDAD EN EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE MUROS PANTALLA	78
3.2.1. Muestra 1	85
3.2.2. Muestra 2	96
3.2.3. Muestra 3	106

3.3. RECURSOS CONSUMIDOS EN EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE MUROS PANTALLA	117
3.3.1. Muestra 1	118
3.3.2. Muestra 2	119
3.3.3. Muestra 3	120
3.4. METRADO DEL AVANCE DIARIO	121
3.5. CALCULO DEL RENDIMIENTO	127
CAPITULO IV: EVALUACIÓN DE LA INFORMACIÓN	129
4.1. DIAGRAMA DE PARETO	130
4.2. DIAGRAMA CAUSA-EFECTO	136
CAPITULO V: ANÁLISIS DE RESULTADOS	163
5.1. CONSOLIDACION DE LA INVESTIGACIÓN	163
5.2. CRITERIOS EMPLEADOS PARA LA INVESTIGACIÓN	175
5.2.1. Consideraciones preestablecidas	175
5.2.2. Limitaciones presentadas en el análisis	178
5.3. PROPUESTAS DE MEJORA	179
5.3.1. Método TRIZ	180
5.3.2. Filosofía lean y mapa de beneficios	184
5.3.2.1. <i>Aplicación a la Muestra 1</i>	184
5.3.2.2. <i>Aplicación a la Muestra 2</i>	200
5.3.2.3. <i>Aplicación a la Muestra 3</i>	216
CONCLUSIONES	233
RECOMENDACIONES	235
BIBLIOGRAFIA	237
ANEXOS	239

RESUMEN

En el presente trabajo se presenta el estudio de la productividad para la construcción de muros pantalla, entendida como un sistema de producción. Para el estudio de la productividad en los muros pantalla, se va a simular el trabajo hecho en campo mediante un “nivel general de actividades” tomando datos en intervalos de tiempo durante la jornada de trabajo, representando así lo que el grupo de trabajo realiza en dicha jornada. También se va a recoger información sobre las horas consumidas en la jornada de trabajo para observar el tiempo que se pudo haber ahorrado al realizar los trabajos con una mayor eficiencia que la mostrada. La recolección de datos se hará en tres jornadas de trabajo, en donde éstas presentan un volumen de trabajo similar y las mismas tareas a realizar. De esta manera se podrá hacer un análisis comparativo entre ellos y observar cuales son las ineficiencias más repetitivas e incisivas.

En el presente estudio, al procesar los datos levantados, se obtiene una distribución del trabajo que se muestran como “trabajo productivos (TP)”, “trabajo contributorio (TC)” y “trabajo no contributorio (TNC)”, teniendo de la primera toma de datos un TP de 33.9%, un TC de 23.44% y un TNC de 42.66%; del mismo modo de la segunda toma de datos se tiene un TP de 28.03%, un TC de 24.91% y un TNC de 47.06%; por último de la tercera toma de datos se obtuvo un TP de 30.06%, un TC de 26.69% y un TNC de 43.25%. Con los resultados mostrados se presenta una evaluación y análisis de las actividades que generaron tales porcentajes de TNC, siendo las más incisivas para el estudio las esperas por frente, los descansos, las conversaciones y los viajes, que en el transcurso del estudio se describirá el significado de cada uno de ellos.

Con el análisis de estas actividades se logra llegar a las causas que nos generan estas actividades siendo las principales la supervisión, la organización en la planta, la planificación, entre otras. El estudio brinda propuestas de mejora realizados siguiendo la metodología TRIZ y la filosofía LEAN que ayudarán a mitigar las ineficiencias y mejorar la distribución del trabajo realizado en obra al disminuir el “trabajo no contributorio”. También el estudio muestra un mapa de beneficios que van surgiendo a partir del posible uso de las propuestas de mejora.

LISTA DE TABLAS

	Pag.
Capítulo I:	
Tabla 1.1: Niveles Jerárquicos en la Gestión de la Construcción (Guía del PMBOK®)	31
Capítulo II:	
Tabla 2.1: Formato Para el Nivel General de Actividades. (Virgilio Ghio, 2001)	39
Tabla 2.2: Formato para el nivel puntual de actividades o Carta Balance. (Virgilio Ghio, 2001)	41
Tabla 2.3: Pasos de la Metodología Triz	53
Tabla 2.4: Niveles de las Soluciones	53
Tabla 2.5: Lista de Problemas generales	54
Tabla 2.6: 40 principios inventivos del Triz	55
Tabla 2.7: Elementos Básicos del Modelo	59
Capítulo III:	
Tabla 3.1 Cantidad de obreros para la realización del proyecto.	63
Tabla 3.2: Simbología y Descripción de la Distribución en Planta	72
Tabla 3.3: Simbología y Descripción de la Distribución en Planta	73
Tabla 3.4: Simbología y Descripción de la Distribución en Planta	74
Tabla 3.5: Simbología y Descripción de la Distribución en Planta	76
Tabla 3.6: Simbología y Descripción de la Distribución en Planta	77
Tabla 3.7: Nombre, Simbología y Descripción de las actividades contributorias y no contributorias detectadas en el perfilado	79
Tabla 3.8: Nombre, Simbología y Descripción de las actividades contributorias y no contributorias detectadas en el armado y colocación de acero	80
Tabla 3.9: Nombre, Simbología y Descripción de las actividades contributorias y no contributorias detectadas en el armado y colocación de encofrado	81
Tabla 3.10: Nombre, Simbología y Descripción de las actividades	82

contributorias y no contributorias detectadas en el vaciado	
Tabla 3.11: Nombre, Simbología y Descripción de las actividades contributorias y no contributorias detectadas en topografía	83
Tabla 3.12: Nombre, Simbología y Descripción de las actividades contributorias y no contributorias detectadas en seguridad	83
Tabla 3.13: Resultados de la distribución de tipos de trabajo para la primera medición	86
Tabla 3.14: Resultados de la Distribución del Tipo de trabajo para la Cuadrillas	88
Tabla 3.15: Resultados de la Distribución del tipo de trabajo para el Segundo Día de Medición	96
Tabla 3.16: Resultados de la Distribución del tipo de trabajo para la Cuadrillas	98
Tabla 3.17: Resultados de la Distribución de Tiempos para el Tercer Día de Medición	106
Tabla 3.18: Resultados de la Distribución de Tiempos para la Cuadrillas	108
Tabla 3.19: Resumen de la Distribución de tipos de trabajo de las Mediciones	115
Tabla 3.20: Resumen de la Distribución de Trabajos Contributorios de las Mediciones	116
Tabla 3.21: Resumen de la Distribución de Trabajos No Contributorios de las Mediciones	116
Tabla 3.22: Horas Consumidas por el Grupo de Trabajo en el los Días de Medición	121
Tabla 3.23: Coeficientes Establecidos para el Metrado	122
Tabla 3.24: Avance de la Cuadrilla de Encofrado para la Primera Medición de Áreas	122
Tabla 3.25: Avance de la Cuadrilla de Encofrado para la Segunda Medición de Áreas	123
Tabla 3.26: Avance de la Cuadrilla de Encofrado para la Tercera Medición de Áreas	123
Tabla 3.27: Avance de la Cuadrilla de Excavación para la Primera Medición de volúmenes	124
Tabla 3.28: Avance de la Cuadrilla de Excavación para la Segunda Medición de volúmenes	124

Tabla 3.29: Avance de la Cuadrilla de Excavación para la Tercera Medición de volúmenes	124
Tabla 3.30: Coeficientes para el metrado establecidos	125
Tabla 3.31 Avance de la Cuadrilla de Acero para la Primera Medición	125
Tabla 3.32 Avance de la Cuadrilla de Acero para la Segunda Medición	125
Tabla 3.33: Avance de la Cuadrilla de Acero para la Tercera Medición	126
Tabla 3.34: Avance de la Cuadrilla de Concreto para la Primera Medición	126
Tabla 3.35: Avance de la Cuadrilla de Concreto para la Segunda Medición	126
Tabla 3.36: Avance de la Cuadrilla de Concreto para la Tercera Medición	126
Tabla 3.37: Rendimiento Real Vs Rendimiento Teórico en la Primera Medición	127
Tabla 3.38: Rendimiento Real Vs Rendimiento Teórico en la Segunda Medición	127
Tabla 3.39: Rendimiento Real Vs Rendimiento Teórico en la Tercera Medición	128

Capítulo IV:

Tabla 4.1: Nombre, simbología y descripción de las actividades no contributorias detectadas en obra	129
Tabla 4.2: Número de actividades ineficientes encontradas	131
Tabla 4.3: Frecuencia ordenada de actividades ineficientes	131
Tabla 4.4: Número de actividades ineficientes encontradas	133
Tabla 4.5: Ordenamiento de las Actividades Ineficientes	133
Tabla 4.6: Número de Actividades Ineficientes Encontradas	135
Tabla 4.7: Ordenamiento de las Actividades Ineficientes	135
Tabla 4.8: Causa de las ineficiencias encontradas	138
Tabla 4.9: Número de Causas de las Actividades Ineficientes Encontradas	139
Tabla 4.10: Ordenamiento de las Causas de las Actividades Ineficientes	140
Tabla 4.11: Número de Causas de las Actividades Ineficientes Encontradas	142
Tabla 4.12: Ordenamiento de las Causas de las Actividades Ineficientes	143
Tabla 4.13: Número de Causas de las Actividades Ineficientes Encontradas	145
Tabla 4.14: Ordenamiento de las Causas de las Actividades Ineficientes	145
Tabla 4.15: Número de Causas de las Actividades Ineficientes Encontradas	147
Tabla 4.16: Ordenamiento de las Causas de las Actividades Ineficientes	148
Tabla 4.17: Número de Causas de las Actividades Ineficientes Encontradas	150

Tabla 4.18: Ordenamiento de las Causas de las Actividades Ineficientes	150
Tabla 4.19: Número de Causas de las Actividades Ineficientes Encontradas	152
Tabla 4.20: Ordenamiento de las Causas de las Actividades Ineficientes	153
Tabla 4.21: Número de Causas de las Actividades Ineficientes Encontradas	155
Tabla 4.22: Ordenamiento de las Causas de las Actividades Ineficientes	156
Tabla 4.23: Número de Causas de las Actividades Ineficientes Encontradas	158
Tabla 4.24: Ordenamiento de las Causas de las Actividades Ineficientes	158
Tabla 4.25: Número de Causas de las Actividades Ineficientes Encontradas	160
Tabla 4.26: Ordenamiento de las Causas de las Actividades Ineficientes	161
 Capítulo V:	
Tabla 5.1: Clasificación de las Soluciones Según la Metodología Triz	180
Tabla 5.2: Conversión de la solución general a la solución específica	183
Tabla 5.3: Porcentaje de las esperas por frente respecto al total de ineficiencias hechas por cada cuadrilla	185
Tabla 5.4: Porcentaje de los descansos respecto al total de ineficiencias hechas por cada cuadrilla	192
Tabla 5.5: Porcentaje de las conversaciones respecto al total de ineficiencias hechas por cada cuadrilla	194
Tabla 5.6: Horas-Hombre consumidas en la jornada de trabajo y Horas-Hombre consumidas del trabajo No Contributorio	198
Tabla 5.7: Horas-Hombre consumidas en las actividades No Contributorias	198
Tabla 5.8: Porcentaje de los viajes respecto al total de ineficiencias hechas por cada cuadrilla	200
Tabla 5.9: Porcentaje de las conversaciones respecto al total de ineficiencias hechas por cada cuadrilla	204
Tabla 5.10: Porcentaje de las esperas por frente respecto al total de ineficiencias hechas por cada cuadrilla	208
Tabla 5.11: Horas-Hombre consumidas en la jornada de trabajo y Horas-Hombre consumidas del trabajo No Contributorio	214
Tabla 5.12: Horas-Hombre consumidas en las actividades No Contributorias	215
Tabla 5.13: Porcentaje de los viajes respecto al total de ineficiencias hechas por cada cuadrilla	216
Tabla 5.14: Porcentaje de las conversaciones respecto al total de	220

ineficiencias hechas por cada cuadrilla	
Tabla 5.15: Porcentaje de las esperas por frente respecto al total de ineficiencias hechas por cada cuadrilla	225
Tabla 5.16: Horas-Hombre consumidas en la jornada de trabajo y Horas- Hombre consumidas del trabajo No Contributorio	231
Tabla 5.17: Horas-Hombre consumidas en las actividades No Contributorias	231

LISTA DE FIGURAS

	Pag.
Capítulo I:	
Fig.1.1: Obras en el Sector Construcción	20
Fig.1.2: Sistemas Operativos	24
Fig.1.3: Sistema discreto	25
Fig.1.4: Sistema continuo	25
Fig.1.5: Gestión de procesos (Guía del PMBOK®)	28
Capítulo II:	
Fig.2.1: La Calidad Total Como la Intersección de Tres Calidades	51
Fig.2.2: Proceso del Triz	52
Fig.2.3: Relación entre Sustancias y Campo	57
Fig.2.4: Modelación CYCLONE	60
Capítulo III:	
Fig.3.1 Vista aérea de la zona de trabajo (Google Earth)	61
Fig.3.2 Vista de las zonas 1 y 2 desarrolladas en la primera etapa del proyecto "Gran Teatro Nacional"	62
Fig.3.3 Vista en tres dimensiones de las zonas 1 y 2	64
Fig.3.4 Vista en planta del anillo de muros pantalla que se realizó en la zona 2 del proyecto	64
Fig.3.5 Vista corte de las zonas 1 y 2 mostrando la zona donde se realizó la investigación	65
Diagrama de Flujo del Proceso de Perfilado	67
Diagrama de Flujo del Proceso de Instalación de Armadura	68
Diagrama de Flujo del Proceso de Encofrado	70
Diagrama de Flujo del Proceso de Vaciado	71
Fig.3.6 Distribución en Planta de la Cuadrilla de Excavación	72
Fig.3.7 Distribución en Planta de la Cuadrilla de Acero	73
Fig.3.8 Distribución en Planta de la Cuadrilla de Acero	74
Fig.3.9 El modulo de encofrado antes de ser colocado y colocado	75
Fig.3.10 Distribución en Planta de la Cuadrilla de Encofrado	76

Fig.3.11 Distribución en Planta de la Cuadrilla de Concreto	77
Fig.3.12: Codificación y orden de producción de los muros pantalla	85
Fig.3.13: Distribución del Trabajo	86
Fig.3.14: Distribución del Trabajo Contributorio	87
Fig.3.15: Distribución del Trabajo No Contributorio	87
Fig.3.16: Distribución del Trabajo de la Cuadrilla de Excavación	89
Fig.3.17: Distribución del Trabajo Contributorio de la Cuadrilla de Excavación	89
Fig.3.18: Distribución del Trabajo No Contributorio de la Cuadrilla de Excavación	89
Fig.3.19: Distribución del Trabajo de la Cuadrilla de Acero	90
Fig.3.20: Distribución del Trabajo Contributorio de la Cuadrilla de Acero	90
Fig.3.21: Distribución del Trabajo No Contributorio de la Cuadrilla de Acero	90
Fig.3.22: Distribución del Trabajo de la Cuadrilla de Encofrado	91
Fig.3.23: Distribución del Trabajo Contributorio de la Cuadrilla de Encofrado	91
Fig.3.24: Distribución del Trabajo No Contributorio de la Cuadrilla de Encofrado	91
Fig.3.25: Distribución del Trabajo de la Cuadrilla de Concreto	92
Fig.3.26: Distribución del Trabajo Contributorio de la Cuadrilla de Concreto	92
Fig.3.27: Distribución del Trabajo No Contributorio de la Cuadrilla de Concreto	92
Fig.3.28: Distribución del Trabajo de la Cuadrilla de Topografía	93
Fig.3.29: Distribución del Trabajo Contributorio de la Cuadrilla de Topografía	93
Fig.3.30: Distribución del Trabajo No Contributorio de la Cuadrilla de Topografía	93
Fig.3.31: Distribución del Trabajo de la Cuadrilla de Seguridad	94
Fig.3.32: Distribución del Trabajo Contributorio de la Cuadrilla de Seguridad	94
Fig.3.33: Distribución del Trabajo No Contributorio de la Cuadrilla de Seguridad	94
Fig.3.34: Distribución del Trabajo	97

Fig.3.35: Distribución del Trabajo Contributorio	97
Fig.3.36: Distribución del Trabajo No Contributorio	97
Fig.3.37: Distribución del Trabajo de la Cuadrilla de Excavación	99
Fig.3.38: Distribución del Trabajo Contributorio de la Cuadrilla de Excavación	99
Fig.3.39: Distribución del Trabajo No Contributorio de la Cuadrilla de Excavación	99
Fig.3.40: Distribución del Trabajo de la Cuadrilla de Acero	100
Fig.3.41: Distribución del Trabajo Contributorio de la Cuadrilla de Acero	100
Fig.3.42: Distribución del Trabajo No Contributorio de la Cuadrilla de Acero	100
Fig.3.43: Distribución del Trabajo de la Cuadrilla de Encofrado	101
Fig.3.44: Distribución del Trabajo Contributorio de la Cuadrilla de Encofrado	101
Fig.3.45: Distribución del Trabajo No Contributorio de la Cuadrilla de Encofrado	101
Fig.3.46: Distribución del Trabajo de la Cuadrilla de Concreto	102
Fig.3.47: Distribución del Trabajo Contributorio de la Cuadrilla de Concreto	102
Fig.3.48: Distribución del Trabajo No Contributorio de la Cuadrilla de Concreto	102
Fig.3.49: Distribución del Trabajo de la Cuadrilla de Topografía	103
Fig.3.50: Distribución del Trabajo Contributorio de la Cuadrilla de Topografía	103
Fig.3.51: Distribución del Trabajo No Contributorio de la Cuadrilla de Topografía	103
Fig.3.52: Distribución del Trabajo de la Cuadrilla de Seguridad	104
Fig.3.53: Distribución del Trabajo Contributorio de la Cuadrilla de Seguridad	104
Fig.3.54: Distribución del Trabajo No Contributorio de la Cuadrilla de Seguridad	104
Fig.3.55 Distribución del Trabajo	107
Fig.3.56: Distribución del Trabajo Contributorio	107
Fig.3.57: Distribución del Trabajo No Contributorio	107
Fig.3.58: Resultados de la Distribución de Tiempos para la Excavación	109

Fig.3.59: Distribución del Trabajo Contributorio de la Cuadrilla de Excavación	109
Fig.3.60: Distribución del Trabajo No Contributorio de la Cuadrilla de Excavación	109
Fig.3.61: Resultados de la Distribución de Tiempos para la Acero	110
Fig.3.62: Distribución del Trabajo Contributorio de la Cuadrilla de Acero	110
Fig.3.63: Distribución del Trabajo No Contributorio de la Cuadrilla de Acero	110
Fig.3.64: Resultados de la Distribución de Tiempos para la Encofrado	111
Fig.3.65: Distribución del Trabajo Contributorio de la Cuadrilla de Encofrado	111
Fig.3.66: Distribución del Trabajo No Contributorio de la Cuadrilla de Encofrado	111
Fig.3.67: Resultados de la Distribución de Tiempos para la Concreto	112
Fig.3.68: Distribución del Trabajo Contributorio de la Cuadrilla de Concreto	112
Fig.3.69: Distribución del Trabajo No Contributorio de la Cuadrilla de Concreto	112
Fig.3.70: Resultados de la Distribución de Tiempos para la Topografía	113
Fig.3.71: Distribución del Trabajo Contributorio de la Cuadrilla de Topografía	113
Fig.3.72: Distribución del Trabajo No Contributorio de la Cuadrilla de Topografía	113
Fig.3.73: Resultados de la Distribución de Tiempos para la Seguridad	114
Fig.3.74: Distribución del Trabajo Contributorio de la Cuadrilla de Seguridad	114
Fig.3.75: Distribución del Trabajo No Contributorio de la Cuadrilla de Seguridad	114
Fig.3.76 Nivel General de Actividad en la Elaboración de Muros Pantalla	115
Fig.3.77 Distribución del Trabajo Contributorio	116
Fig.3.78 Distribución del Trabajo No Contributorio	117
Fig.3.79: Horas Consumidas por el Grupo de Trabajo en el los Días de Medición	121

Capítulo IV:

Fig.4.1: Diagrama de Pareto de las Actividades Ineficientes	132
Fig.4.2: Diagrama de Pareto de las Actividades Ineficientes	134
Fig.4.3: Diagrama de Pareto de las Actividades Ineficientes	136
Fig.4.4: Diagrama de Ishikawa para las esperas por frente	139
Fig.4.5: Diagrama de Pareto de las Causas de las Actividades Ineficientes	141
Fig.4.6: Diagrama de Ishikawa para los descansos	142
Fig.4.7: Diagrama de Pareto de las Causas de las Actividades Ineficientes	143
Fig.4.8: Diagrama de Ishikawa para las Conversaciones	144
Fig.4.9: Diagrama de Pareto de las Causas de las Actividades Ineficientes	146
Fig.4.10: Diagrama de Ishikawa para los Viajes	147
Fig.4.11: Diagrama de Pareto de las Causas de las Actividades Ineficientes	148
Fig.4.12: Diagrama de Ishikawa para las Conversaciones	149
Fig.4.13: Diagrama de Pareto de las Causas de las Actividades Ineficientes	151
Fig.4.14: Diagrama de Ishikawa para las esperas por frente	152
Fig.4.15: Diagrama de Pareto de las Causas de las Actividades Ineficientes	154
Fig.4.16: Diagrama de Ishikawa para los Viajes	155
Fig.4.17: Diagrama de Pareto de las Causas de las Actividades Ineficientes	156
Fig.4.18: Diagrama de Ishikawa para las Conversaciones	157
Fig.4.19: Diagrama de Pareto de las Causas de las Actividades Ineficientes	159
Fig.4.20: Diagrama de Ishikawa para las esperas por frente	160
Fig.4.21: Diagrama de Pareto de las Causas de las Actividades Ineficientes	162
 Capítulo V:	
Fig.5.1: Programación Anticipada para los Muros Pantalla	164
Fig.5.2: Actividades Vs # de obreros que realizan tiempo Contributorio para la cuadrilla de encofrado, medido a las 9:00am	165
Fig.5.3: Actividades Vs # de obreros que realizan tiempo No Contributorio para la cuadrilla de excavación, medido a las 9:00am	166
Fig.5.4: Actividades Vs # de obreros que realizan tiempo No Contributorio	166

para la cuadrilla de concreto, medido a las 9:00am	
Fig.5.5: Actividades Vs # de obreros que realizan tiempo Contributorio para la cuadrilla de seguridad, medido a las 10:30am	167
Fig.5.6: Actividades Vs # de obreros que realizan tiempo No Contributorio para la cuadrilla de concreto, medido a las 10:30am	167
Fig.5.7: Actividades Vs # de obreros que realizan tiempo Contributorio para la cuadrilla de encofrado, medido a las 11:30am	168
Fig.5.8: Actividades Vs # de obreros que realizan tiempo Contributorio para la cuadrilla de seguridad, medido a las 11:30am	169
Fig.5.9: Actividades Vs # de obreros que realizan tiempo No Contributorio para la cuadrilla de excavación, medido a las 11:30am	169
Fig.5.10: Actividades Vs # de obreros que realizan tiempo No Contributorio para la cuadrilla de encofrado, medido a las 15:10pm	170
Fig.5.11: Actividades Vs # de obreros que realizan tiempo No Contributorio para la cuadrilla de excavación, medido a las 15:10pm	170
Fig.5.12: Actividades Vs # de obreros que realizan tiempo No Contributorio para la cuadrilla de concreto, medido a las 16:40pm	171
Fig.5.13: Actividades Vs # de obreros que realizan tiempo No Contributorio para la cuadrilla de excavación, medido a las 18:00pm	172
Fig.5.14: Actividades Vs # de obreros que realizan tiempo Contributorio para la cuadrilla de encofrado, medido a las 20:02pm	173
Fig.5.15: Actividades Vs # de obreros que realizan tiempo No Contributorio para la cuadrilla de excavación, medido a las 20:02pm	174
Fig.5.16: Codificación de los Muros Pantalla	176
Fig.5.17: Proceso Triz.	181
Fig.5.18: Conversión de Procesos Específicos a Procesos Generales	182
fig.5.19: Cuadro de la Metodología TRIZ para hallar soluciones	183
Fig.5.20: La cuadrilla de encofrado tiene que esperar a que la excavadora termine su trabajo para poder continuar sus actividades.	187
Fig.5.21: Implementación de grúas convencionales a grúas torre	189
Fig.5.22: Mapa de Beneficios para mitigar las esperas por frente	191
Fig.5.23: Mapa de Beneficios para mitigar los descansos	194
Fig.5.24: La cuadrilla de encofrado tiene que esperar a que la excavadora termine su trabajo para poder continuar sus actividades.	196
Fig.5.25: Implementación de grúas convencionales a grúas torre	197

Fig.5.26: Mapa de Beneficios para mitigar las conversaciones	198
Fig.5.27: Posible Mejora en la Distribución del Trabajo	199
Fig.5.28: Vista de la pendiente que el personal tiene que recorrer en los constantes viajes que realizan	202
Fig.5.29: Vista del uso de las escaleras	203
Fig.5.30: Mapa de Beneficios de las propuestas de mejora para los viajes	204
Fig.5.31: Los personales de diversas cuadrillas conversando.	206
Fig.5.32: Implementación de grúas convencionales a grúas torre	207
Fig.5.33: Mapa de Beneficios de las propuestas de mejora para las conversaciones	208
Fig.5.34: Implementación de grúas convencionales a grúas torre	211
Fig.5.35: La cuadrilla de excavación espera a que la retroexcavadora termine su trabajo para poder continuar sus actividades.	212
Fig.5.36: Mapa de Beneficios para mitigar las esperas por frente	214
Fig.5.37: Posible Mejora en la Distribución del Trabajo	215
Fig.5.38: Vista de la pendiente que el personal tiene que recorrer en los constantes viajes que realizan	218
Fig.5.39: Vista del uso de las escaleras	219
Fig.5.40: Mapa de Beneficios de las propuestas de mejora para los viajes	220
Fig.5.41: Los personales de diversas cuadrillas conversando.	224
Fig.5.42: Mapa de Beneficios para mitigar las conversaciones	224
Fig.5.43: Implementación de grúas convencionales a grúas torre	227
Fig.5.44: La cuadrilla de excavación espera a que la retroexcavadora termine su trabajo para poder continuar sus actividades.	229
Fig.5.45: Mapa de Beneficios para mitigar las esperas por frente	230
Fig.5.46: Posible Mejora en la Distribución del Trabajo	232

INTRODUCCION

La construcción en el Perú es de gran importancia, pues su dinámica impulsa permanentemente el desarrollo económico del país. A pesar de lo anterior, la construcción es uno de los sectores con el menor grado de desarrollo, caracterizada por grandes deficiencias y falta de efectividad, que se traduce en baja calidad y en consecuencia en baja Productividad en la ejecución de un volumen considerable de obra, estas son construcciones donde para empezar se desconoce los conceptos antes mencionado. La construcción como ya es conocido presenta características únicas como: Curva de aprendizaje limitada, influencia de condiciones climáticas o situacionales, trabajo permanente bajo presión, entre otros.

El Dr. Virgilio Ghio Castillo hizo un estudio en nuestro país analizando 50 obras en Lima, principalmente en el área de edificación. Estas obras se clasificaron por el tipo de empresa así como por el tipo y monto de la edificación. Sólo se analizaron obras construidas por empresas constructoras formalmente constituidas. Los resultados de ocupación del tiempo en los cuales se ha detectado un trabajo productivo (TP) promedio del orden del 28% indican que del 100% del tiempo sólo el 28% de la mano de obra se dedica a labores productivas.

En la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería se encuentran algunos informes de suficiencia donde analizan la productividad mediante la Aplicación de la Construcción sin Pérdidas, entre los cuales se puede destacar el de Ronald Dante Vásquez Jara (2004) en su estudio "Mejoramiento continuo en los procesos constructivos: Estudio de la productividad basada en la recolección de datos" tuvo como objetivo el aportar una metodología que permita medir los niveles de productividad en algunos procesos constructivos, en primera instancia para aplicar programas de mejoramiento de la productividad y contribuir al mejoramiento continuo de los procesos constructivos de carácter repetitivo, esta metodología fue adoptada del LEAN.

Sus conclusiones indican que al hacerse un adecuado uso de las herramientas del LEAN se logra mejorar la productividad. Por ejemplo: para la colocación de acero en placas su productividad aumento de $20.83\text{kg}/\text{hh}$ a $39\text{kg}/\text{hh}$, para el asentado de muros de ladrillos KK su productividad aumento de $0.81\text{m}^2/\text{hh}$ a $0.92\text{m}^2/\text{hh}$. Esto pudo ser logrado con un adecuado uso de los recursos, sumando la continuidad del personal e incentivos para mejorar su producción. Este informe reafirma que las herramientas del LEAN son aplicables en la construcción, razón por la cual utilizaremos para la elaboración de la tesis algunas técnicas para la recolección de datos.

Como se deriva de los estudios realizados, la productividad puede ser estudiada para cualquier proceso. Para la presente investigación, vamos a aplicar esto al sistema de producción de muros pantalla utilizando los principios de la filosofía LEAN así como la metodología Triz para su mejoramiento. Con el estudio de este sistema de producción y debido a que es importante para una mejora de la productividad de la obra, con el propósito fundamental de ofrecer una mayor satisfacción para el cliente.

El presente estudio tiene como objetivo general el hacer una evaluación y un análisis al sistema de producción de muros pantalla para luego dar propuestas de mejora mediante diversos métodos, y, así, mejorar la productividad del sistema de producción. En primeros capítulos se muestra la parte teórica necesaria para el mejor entendimiento, tales como el crecimiento del sector construcción, definición de sistemas (ya que el presente estudio está referido a un sistema de producción), entender lo que es planeamiento para poder notar los tipos de programación que se manejan en la construcción. También se presentan teorías con los que se desarrolla el estudio como son los conceptos de productividad, eficiencia, la filosofía LEAN, la metodología TRIZ, entre otros. El tercer capítulo muestra el recogimiento y procesamiento de datos que nos van a permitir hacer una evaluación y análisis en el cuarto capítulo con métodos conocidos como el diagrama de ISHIKAWA y el diagrama de PARETO, para así ofrecer propuestas de mejora en el último capítulo apoyándose en la filosofía LEAN y en la metodología de solucionar problemas que ofrece el TRIZ.

CAPITULO I: GENERALIDADES

Se estudia el sector construcción a través de un enfoque analítico relacionado con información del crecimiento que viene presentando el sector construcción, como también por conceptos como sistemas y planeamiento en la construcción.

1.1. CRECIMIENTO DEL SECTOR CONSTRUCCION

El sector construcción en el país se ha ido desarrollando paulatinamente en el transcurrir del tiempo, teniendo sus altibajos de acuerdo a la marcha de la economía del país; pero en los últimos años el sector construcción muestra un incremento marcado en las obras producidas debido al desarrollo que presenta el país.

El 'boom' de la industria de la construcción invade Perú con cientos de edificios, negocios y tiendas que son edificadas en tiempo récord, con lo que este país ha ingresado a una etapa de modernización pese a la crisis del 2009 (Notimex)¹. Datos de la Cámara Peruana de la Construcción (Capeco) indica que en el último año se utilizaron siete millones 166 mil 144 toneladas métricas de cemento, casi un millón más que en 2008. En 2009 se documentaron unos cien mil títulos en el registro predial urbano de Lima y provincias con una oferta inmobiliaria de edificaciones nuevas del orden de los cuatro millones de metros cuadrados de construcción. Aunque la crisis financiera ha significado una baja de las remesas de los peruanos residentes en el exterior, que cada año enviaban dos mil 500 millones de dólares a lo cual se suma la restricción de préstamos bancarios, la construcción ha seguido su marcha creciente. Se estima que cada millón de dólares invertidos en el sector construcción genera 90 nuevos puestos de trabajo, lo que llevó el año pasado al Estado peruano a lanzar el Plan de Estímulo Económico para construir escuelas, puentes, carreteras y presas.

¹ Notimex es una agencia de noticias estatal de México.

Datos oficiales (INEI) indican que el Sector Construcción se consolidó como el motor de la economía en 2009 y su crecimiento fue de 3.85 %, lo que lo transformó en uno de los sectores que marcó el ritmo de la economía en general. Pese a la situación financiera adversa que retrasó muchas obras en 2009, se prevé que el sector crecerá a 5.1 % en 2010, considerando que la brecha de infraestructura asciende a \$ 37 mil 760 millones, se estima que ésta podría cerrarse recién en un período de 10 años². El porcentaje de avance de las inversiones públicas en el Plan de Estímulo Económico se estima, habría alcanzado un 60 % de ejecución durante 2009 y se prevé que el año (2010) concluya con una fuerte agenda de inversiones. De acuerdo a las proyecciones de CAPECO, 2010 es un período de grandes inversiones en todos los sectores relacionados con la infraestructura: minería, transporte, puertos, industrias de gas, entre otros ^[10]. En la figura 1.1 se muestra ilustrativamente obras del sector construcción.

Fig.1.1: Obras en el Sector Construcción



1.1.1. Datos de Scotiabank

El sector Construcción registrará un crecimiento de 12 por ciento durante el primer trimestre del 2011, y al cierre del año el crecimiento llegará a diez por ciento, estimó el banco Scotiabank.

² En el 2006 la brecha de la infraestructura ascendía a \$ 25 mil millones, lo que da a notar que pese al crecimiento sector construcción, la brecha de la infraestructura sigue creciendo, aunque se prevé que esto se cerrara en 10 años.

La proyección para el primer trimestre del 2011 es ligeramente menor a la expansión de 15 por ciento registrada en el cuarto trimestre del 2010, precisó el analista del Departamento de Estudios Económicos del Scotiabank, Pablo Nano, en el reporte del banco.

Explicó que se observará un menor ritmo de expansión de la inversión pública, en línea con el gradual retiro del estímulo fiscal. El primer trimestre suele ser un período estacionalmente bajo de ejecución del gasto, a lo que habría que agregar la curva de aprendizaje de los nuevos gobiernos locales y regionales, agregó.

Añadió que el período electoral tendrá un impacto menor al de las elecciones presidenciales anteriores, en especial en la ejecución de proyectos inmobiliarios del sector privado, pero sí podría tener algún efecto marginal en la autoconstrucción. Precisoó que el menor ritmo de crecimiento esperado en el primer trimestre del 2011 no responde a un cambio de tendencia.

Señaló que la proyección de crecimiento del primer trimestre supone que el consumo interno de cementos alcance un promedio mensual de 750 mil toneladas métricas (TM), comparada con las 653 mil toneladas que se consumieron en el mismo período del 2010. Asimismo, las empresas constructoras continuarán orientándose preferentemente a atender las obras demandadas por el sector privado (dos terceras partes del total), tal como lo muestra la última encuesta a empresas del sector Construcción realizada por el Banco Central de Reserva (BCR) en octubre del 2010. Estos resultados contrastan con los de enero del 2009, cuando el 45 por ciento de las empresas ejecutó obras para el Sector Público, que durante ese período ocuparon una parte importante de la capacidad de contratación de las empresas constructoras.

La encuesta también muestra que las obras que impulsarían el crecimiento del sector en los próximos meses serían las edificaciones comerciales y residenciales producto del dinamismo de la inversión privada. De otro lado, Scotiabank estima que la tendencia al alza de los precios de los materiales

de construcción sea de 0.4 por ciento mensual, lo que sería la variación más alta desde mayo del 2010.

Así, se prevé un incremento en los precios de los productos metálicos, agregados (arena y hormigón), ladrillos y accesorios plásticos; evolución que estaría asociada al incremento esperado en el precio de los insumos como el acero y el petróleo. Sin embargo, la empresa estima que continúe la estabilidad del precio del cemento debido a la paulatina mayor competencia de las importaciones. ^[11]

1.1.2. Datos de la Consultora Maximixe

La consultora Maximixe³, estimo que para el período 2010 – 2013 se espera que el sector Construcción en el Perú registre un crecimiento promedio anual de 8.7%, por lo que continuará en una senda expansiva en el futuro. Explicó que el elevado déficit en infraestructura de transporte (carreteras, puentes, puertos, aeropuertos) sumado al importante déficit de viviendas en Lima Metropolitana y al interior del país y el crecimiento del sector minero y energético que se espera en los próximos años, empujarán el crecimiento de la construcción en el Perú. “El dinamismo del sector construcción, que en el 2010 crecerá 14.4% y liderará el crecimiento de la economía peruana, continuará en su senda expansiva en los subsiguientes años”, indicó.

Se indica que el crecimiento esperado para este año en el sector construcción será resultado de la importante recuperación que se espera en la inversión privada, que se prevé tenga un crecimiento de 17.5% en el 2010 y por el dinamismo de la inversión pública en infraestructura. “El mayor dinamismo en el sector estará determinado por la reactivación de proyectos inmobiliarios, comerciales, mineros e industriales por parte del sector privado ante las mejores perspectivas de crecimiento económico, que se espera alcance 7% en el 2010.

³ MAXIMIXE es un grupo latinoamericano multidisciplinario de investigación, consultoría y docencia, que opera con sede en Lima, oficinas de enlace en las principales capitales de la región y aliados estratégicos en Estados Unidos, Europa y Asia.

En el último informe especial realizado por Maximixe, denominado "Proyección de la actividad constructora por Regiones 2010 – 2013" se proyecta el crecimiento del sector constructor de cada una de las regiones del Perú y se presenta las inversiones públicas y privadas que se realizarán en el presente año. Entre las regiones que presentarán mayor dinamismo en el sector construcción para el período 2010-2013 se puede observar a Junín, que crecerá 17.7 % en promedio en dicho período gracias a la fuerte inversión pública y en mayor medida a la privada. La consultora indicó que esa dinámica en Junín será resultado del inicio de la construcción de las instalaciones mineras del proyecto Toromocho, que en el 2010 demandará una inversión de 500 millones de dólares. "Durante los próximos dos años se realizará inversiones por 1,700 millones de dólares (en Toromocho), lo que representaría el principal motor de desarrollo del sector en Junín", dijo.

Finalmente, enfatizó que el sector construcción cuenta con un elevado potencial de crecimiento para los próximos años, debido al alto déficit de infraestructura en el país. De acuerdo a un estudio realizado por el Instituto Peruano de Economía (IPE), el déficit de infraestructura en el Perú alcanzó 37,760 millones de dólares al cierre del 2008 ^[12]. El PBI peruano creció 10,4% en setiembre del 2010 (Perú 21). Construcción, manufactura y finanzas impulsan nuevamente la economía. Es la segunda mayor expansión del año luego de la de junio, de 11,92%.

La economía peruana creció un 10,41% interanual en septiembre, por encima de lo previsto por el mercado, impulsada nuevamente por los sectores construcción, manufactura y finanzas, informó el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). Es la segunda expansión más fuerte en el año 2010, luego de que en junio la producción nacional creciera 11,92%. En agosto, el PBI creció 9,22%. Así, la actividad económica en el Perú acumuló una expansión de 8,72% entre enero y septiembre, y de 7.39% en los últimos 12 meses.

Según los datos del INEI, el sector de construcción se expandió a una tasa del 22,97% interanual, seguido de la actividad de manufactura, que trepó un 16,68%. El rubro financiero y de seguros trepó 16.58%. El crecimiento del sector Construcción al cierre de este año sería de 18 por ciento, y se

espera que el próximo año también sea de dos dígitos, señala el presidente de la Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO).

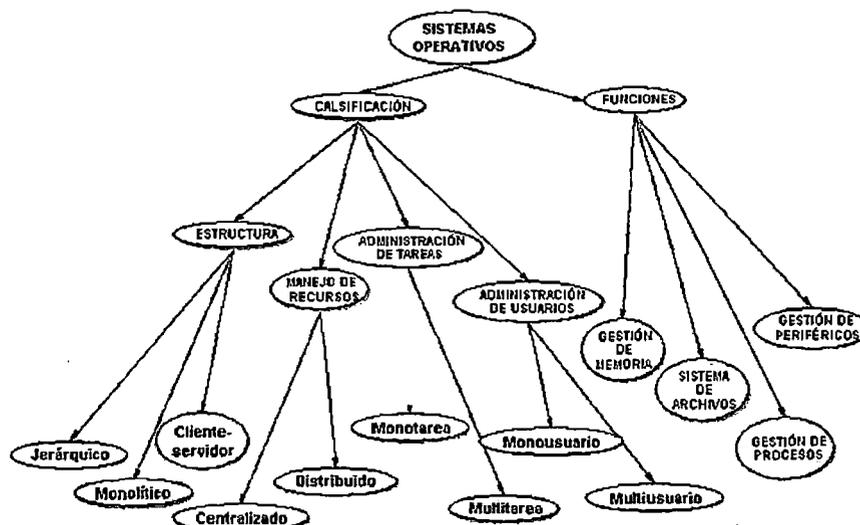
1.2. SISTEMAS

El término de sistema se utiliza habitualmente con múltiples sentidos, tantos que resulta difícil dar una definición única que englobe a todos y al mismo tiempo se lo suficientemente precisa para servir a propósitos específicos. Podemos partir de la siguiente definición:

Sistema es un todo organizado y complejo; un conjunto o combinación de cosas o partes que forman un todo complejo o unitario. Es un conjunto de objetos unidos por alguna forma de interacción o interdependencia. Los límites o fronteras entre el sistema y su ambiente admiten cierta arbitrariedad. Según Bertalanffy (1976) [22], sistema es un conjunto de unidades recíprocamente relacionadas. De ahí se deducen dos conceptos: propósito (u objetivo) y globalismo (o totalidad).

La representación de un Sistema es una gráfica o diagrama de flujo que se forma con los elementos y las relaciones entre ellos, donde los elementos de un sistema pueden llamarse **nodos**, **componentes**, **operaciones**, **vértices**, entre otros, y que se relacionan entre sí [16]. En la figura 1.2 se muestra una ilustración de sistemas operativos

Fig.1.2: Sistemas Operativos



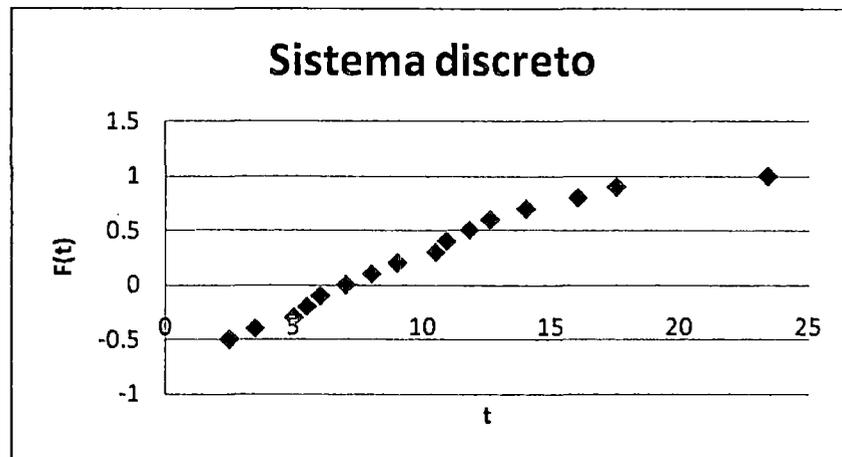
1.2.1. Estado de un Sistema

Describe el sistema en cualquier momento temporal donde cada una de las variables necesarias que caracterizan el sistema y que están debidamente determinadas reciben el nombre de **variables de estado**.

1.2.2. Clasificación de Sistemas

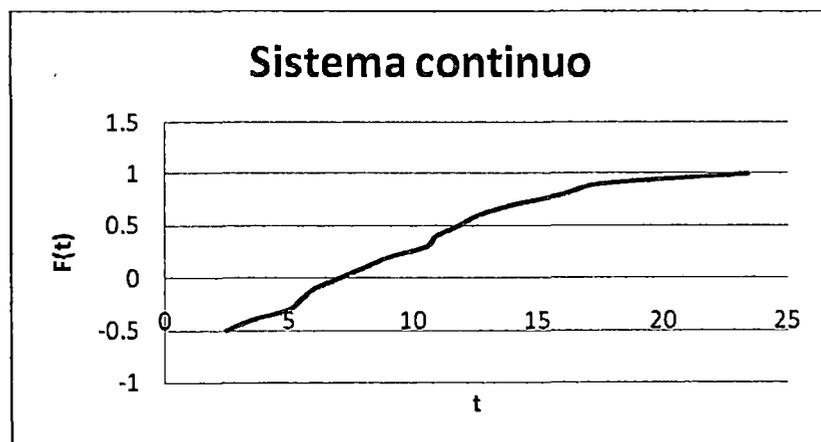
- ✓ **Sistemas discretos:** Son aquellos en los que sus variables de estado cambian en un conjunto de instantes de tiempo contable (finito o infinito numerable). En la Fig.1.3 se aprecia un sistema discreto.

Fig.1.3: Sistema discreto



- ✓ **Sistemas continuos:** Son aquellos en los que sus variables de estado cambian de manera continua a lo largo del tiempo.

Fig.1.4: Sistema continuo



1.2.3. Estudio de Sistemas

Los sistemas se estudian de dos formas:

- i. **Realizando experimentos sobre el sistema:** Estos experimentos solo pueden realizarse cuando es posible alterar sus condiciones de funcionamiento del sistema; esta solución no es aplicable cuando el costo de modificación resulta muy elevado.
- ii. **Realizando experimentos sobre un modelo del sistema:**

Se entiende como modelo a la representación de un sistema construido con el propósito de estudiarlo; normalmente se clasifican en: **Modelos físicos** que son muy usados en la industria aeronáutica y de automóvil, en la ingeniería hidráulica, en los laboratorios de ensayos de estructuras, en edificaciones, entre otros. Pero en general y dada la naturaleza del problema, este tipo de modelos tiene poco uso en el análisis de sistemas. Por otro lado están los **Modelos matemáticos**, estos modelos representan un sistema mediante un conjunto de relaciones cuantitativas y lógicas entre sus componentes, permitiendo observar cómo se comporta el modelo del sistema cuando cambia alguno de sus componentes.

Si el modelo es suficientemente sencillo, es posible obtener una solución analítica que relaciona las magnitudes de interés. Sin embargo, la elevada complejidad de muchos sistemas reales imposibilita la obtención de modelos suficientemente ajustados con soluciones analíticas o en caso de obtenerlas, la carga computacional que conllevan desaconseja su uso. En este último caso el modelo debe estudiarse de forma aproximada recurriendo a una **simulación analítica** que supone analizar totalmente el modelo del sistema y obtener una solución que tendrá validez para todo momento y para obtener cualquier parámetro de interés. La **simulación** recrea una o varias evoluciones temporales del modelo con el fin de estimar un conjunto de parámetros. Los modelos de simulación son modelos matemáticos que permiten obtener una estimación del comportamiento del sistema para una configuración determinada.

1.2.4. Parámetros de los Sistemas

Estos parámetros son constantes arbitrarias que se caracterizan por sus propiedades, el valor y la descripción que puede dar de un sistema específico o de un componente del sistema.

Los elementos de los sistemas son los siguientes.

- **Entrada:** Es la fuerza de arranque o de partida del sistema.
- **Proceso:** Es el mecanismo de conversión de las entradas en salidas.
- **Salida:** Es la finalidad para la cual se reunieron elementos y relaciones del sistema.
- **Retroalimentación:** Es la función del sistema que tiende a comparar la salida con un criterio o un estándar previamente establecido.
- **Ambiente:** Es el medio que envuelve externamente el sistema.

1.3. LOS PROYECTOS DE CONSTRUCCION COMO SISTEMA

Un **proyecto** es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único. **Temporal** significa que cada proyecto tiene un comienzo definido y un final definido. El **final** se alcanza cuando se han logrado los objetivos del proyecto o cuando queda claro que los objetivos del proyecto no serán o no podrán ser alcanzados. La presencia de elementos repetitivos no cambia la condición fundamental de único en el trabajo de un proyecto ^[8].

1.3.1. Sistema de Gestión de Proyectos

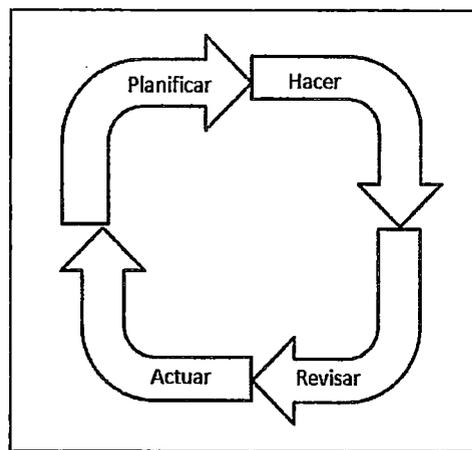
El sistema de gestión de proyectos es el conjunto de herramientas, técnicas y metodologías, recursos y procedimientos utilizados para administrar un proyecto.

1.3.2. Procesos de dirección de Proyectos

La dirección de proyectos se logra mediante la ejecución de procesos, usando conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas que reciben entradas y generan salidas.

Los objetivos de un proyecto deben cumplirse sobre la base de la complejidad, el riesgo, el tamaño, el plazo, la experiencia del equipo del proyecto, el acceso a recursos, la cantidad de información histórica y el área de aplicación. Un ciclo subyacente a la interacción entre los procesos de dirección de proyectos es el ciclo planificar-hacer-revisar-actuar. Este ciclo está vinculado por los resultados, es decir, el resultado de una parte del ciclo se convierte en la entrada de otra. (Ver Fig.1.5)

Fig.1.5: Gestión de procesos (Guía del PMBOK®)



El diagrama de flujo de procesos ofrece un resumen general de las interacciones y del flujo básico entre los Grupos de Procesos. Un proceso individual puede definir y restringir la forma en que se usan las entradas para producir las salidas de ese grupo de procesos. Un grupo de procesos incluye los procesos de dirección de proyectos que están vinculados por las respectivas entradas y salidas.

1.3.3. Niveles de gestión en la construcción

Los niveles de gestión dentro de la construcción pueden ser identificados como se muestra en la tabla 1.1 y ellos son: **Organizacional**, está relacionado con la estructura legal y comercial de la empresa, las diferentes áreas de gerenciamiento y la interacción entre la oficina central y los agentes de campo, en la interpretación de las funciones administrativas como almacén, flujo de caja, entre otras, de cada proyecto. Luego de este nivel, viene el **Proyecto**, que está relacionado con la descomposición del proyecto

con el propósito de controlar tiempo y costo. A continuación se tiene lo que se denomina **Actividad**, que es un tiempo y recurso consumido para un elemento del proyecto controlando en función del tiempo y del costo, ya sea por un planificador o un ingeniero de costos. Una actividad es única y debe ser finalizada una vez, sin embargo, ésta culminación puede requerir el desarrollo repetitivo de un número de operaciones o procesos, algunos de los cuales pueden ser únicos para esta actividad. Las actividades representan una porción significativa del proyecto y tienen una duración definida (días, semanas o meses).

El siguiente nivel jerárquico lo constituye la **Operación y Proceso** que está ligado a la tecnología y el detalle de cómo se comporta la construcción, el mismo que se focaliza en el trabajo a nivel de campo. Usualmente una operación de construcción es tan compleja que abarca varios procesos distintos, cada cual tiene su propia tecnología y secuencia de tareas de trabajo. Sin embargo, para situaciones simples que envuelven un solo proceso, los términos son sinónimos. La distinción entre una actividad y una operación está firmemente relacionada con la duración de la función.

La operación es sin embargo mucha más fundamental para un entendimiento de los métodos de campo. Algunas veces un microanálisis de una operación o proceso de construcción es útil y es emprendido en el campo cuando un proceso altamente repetitivo es requerido para un trabajo de gran magnitud.

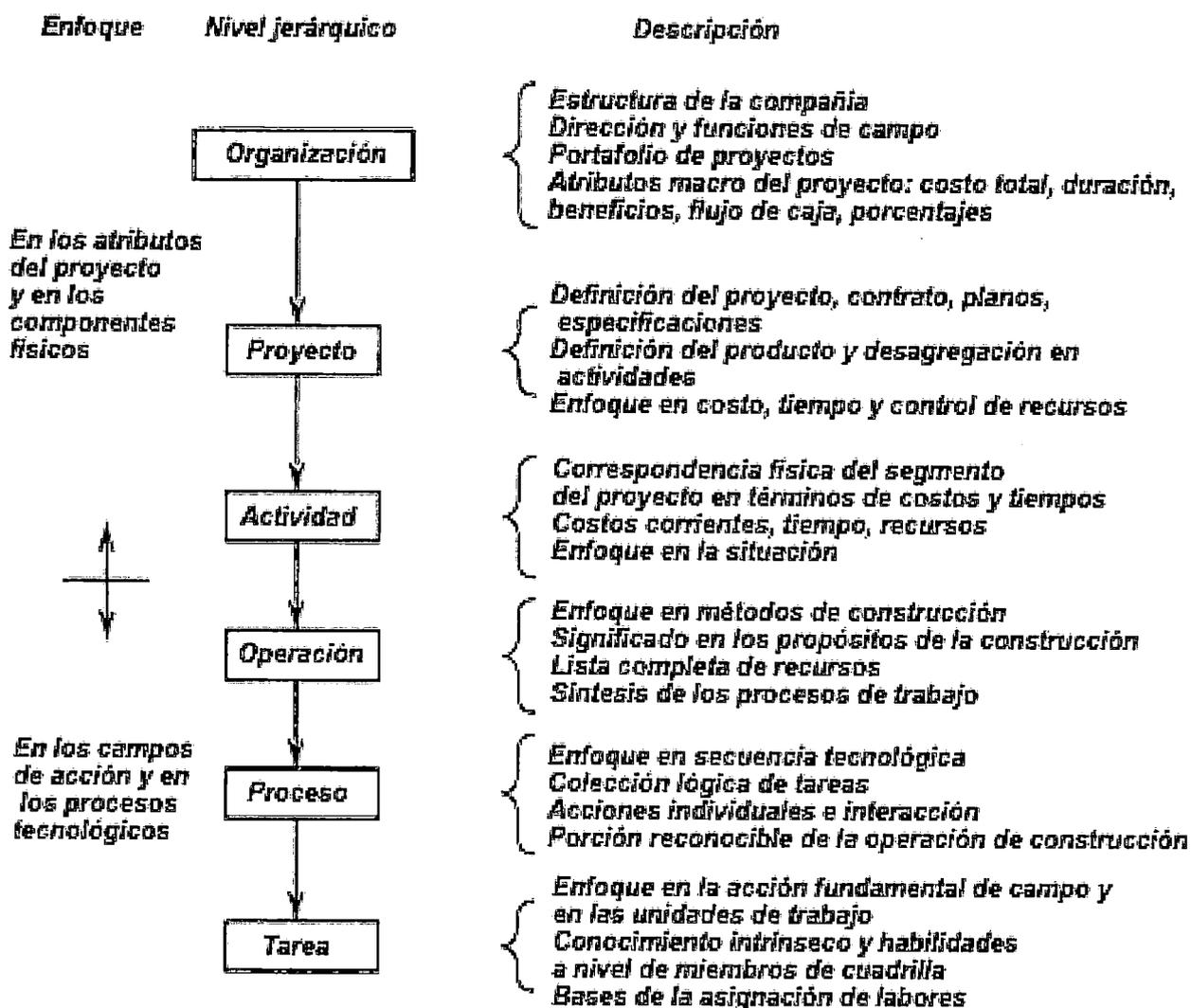
Un proceso de construcción está definido como una colección única de tareas de trabajo relacionadas entre ellas a través de una secuencia y estructura tecnológica, la cual emplea insumos con el fin de darles valor agregado y crear un producto nuevo que será suministrado a un cliente externo o interno. El tiempo de duración de un ciclo básico en una operación de construcción puede ser medido en días o en horas. Por último en los niveles de gestión, las **Tareas** están relacionadas con la identificación y asignación de porciones elementales de trabajo para los agentes de campo. Una tarea de trabajo es la unidad de descripción básica en la práctica de la construcción.

Si una tarea de trabajo es descompuesta en sus componentes, las consideraciones del factor humano o el detalle de los movimientos estarían involucrados, lo que significaría un microanálisis de movimientos y acciones. Las tareas de trabajo son por consiguiente los bloques de construcción base de los procesos y operaciones. Un asignamiento de trabajo es la colección de tareas de trabajo específicamente asignadas a un miembro del equipo para su desempeño.

La tabla 1.1 muestra una descripción sobre cada uno de los niveles jerárquicos que existen en la gestión de la construcción, teniendo referenciado claramente dos etapas, la primera va desde la organización, seguido por el proyecto y la actividad y corresponde a los atributos del proyecto y en los componentes físicos; es decir, lo que se refiere a la parte de factibilidad del proyecto, como el costo total del proyecto, duración, beneficios, el contrato, los planos, los recursos, entre otros.

En la segunda etapa se muestran la parte que es desarrollada en el campo de acción y es referida a los procesos tecnológicos que van desde la operación, seguido por el proceso y terminando en las tareas que se dan a cada cuadrilla para la realización de la obra. En esta etapa se tocan los métodos de construcción, colección lógica de tareas, interacciones, asignación de labores, entre otras.

Tabla 1.1: Niveles Jerárquicos en la Gestión de la Construcción (Guía del PMBOK®)



1.3.4. Procesos repetitivos en la construcción

Los procesos repetitivos usualmente dependen de una repetición de tareas, requerida para producir una parte final del proyecto. Un proceso no cíclico sería una secuencia única, que no es repetitiva. La colocación de una caldera grande es un proceso no repetitivo. Por otro lado, la colocación de losas de suelo en un rascacielos, tiende a ser de naturaleza repetitiva.

Los proyectos que evidencian una naturaleza lineal con frecuencia dependen de ciclos o secuencias repetitivas de trabajo. Ejemplos típicos son la pavimentación de caminos, la construcción de un túnel, colocación de

paneles prefabricados en rascacielos, etc. Claramente, la repetición es deseable porque lleva a la eficiencia en la utilización del recurso.

En la industria manufacturera, la piedra angular de la producción en masa es la secuencia repetitiva del trabajo a ser realizado. Esto basado en la estandarización del producto a ser creado. La estandarización y la modularización son conceptos históricamente muy conocidos para los materiales de construcción (ejemplo: ladrillos y bloques, paneles "dry wall") El concepto de estandarización para lograr la repetitividad es la base del costo-eficiencia en la construcción, lo cual también lleva a obtener altos estándares de calidad. Así se puede definir el **Tiempo de ciclo del proceso** que es la cantidad total de tiempo que se requiere para completar el proceso" ^[9], y a su vez, el tiempo de ciclo del proceso es considerado como una medida de la eficiencia y defínase eficiencia como: la capacidad de disponer de alguien o algo para conseguir un efecto determinado^[18].

1.4. PLANEAMIENTO

Planeamiento en el sentido más universal implica tener uno o varios objetivos a realizar junto con las acciones requeridas para concluirse exitosamente. Va de lo más simple a lo complejo, dependiendo el medio a aplicarse. La acción de planear en la gestión se refiere a planes y proyectos en sus diferentes, ámbitos, niveles y actitudes.

1.4.1. Planificación maestra por hitos

Es una planificación general de obra se suele llevar a cabo mediante la utilización de algún paquete de programación disponible en el mercado. El esfuerzo realizado para lograr dicha planificación es grande, ya que se plantea toda la obra, lo que obliga a analizar y programar un gran número de actividades, ver su correlación, determinar su compatibilidad en el uso de recursos y equipos, etc. De acuerdo a la experiencia de Virgilio Ghio (2001), dicha planificación suele desviarse del planteamiento original el primer día de trabajo. Por consiguiente, no queda otro camino que volver a planificar la obra completa regularmente, o abandonar el esfuerzo de planificación y usar la planificación original solo como un marco de referencia. La primera opción

requiere un gran esfuerzo y tiempo. Además, por lo general, siempre está atrasada, por lo que no cumple su función de planificación (previa al trabajo) y en el mejor de los casos sirve para presentarla a la supervisión o al propietario. La segunda opción suele ser la más frecuente, desafortunadamente.

La confiabilidad que puede obtener de una planificación general muy detallada es muy baja. Se recomienda iniciar la obra, con una planificación general por hitos. Dicha planificación es muy simple y toma mucho menor esfuerzo y tiempo. La confiabilidad de una planificación por hitos es bastante mayor.

El logro de objetivos parciales se obtendrá a través de planificaciones detalladas, de corto plazo (planeamiento preventivo, planificaciones semanales, planificaciones diarias). Las planificaciones de corto plazo comprenden planes de trabajo para un horizonte máximo de 5 semanas y, por lo general, fluctúan entre 1-3 semanas. Dichas planificaciones van de acuerdo con la planificación general por hitos.

La planificación de un horizonte corto permite lograr un porcentaje de cumplimiento del orden del 100%, es decir, se cumple efectivamente todas las actividades que se planifican para dicho periodo, lo cual lleva a cumplir tanto los plazos parciales de la obra como los plazos totales. Tal afirmación, que podría sonar a utopía, es una realidad cuando se aplica el sistema propuesto. De esta forma, la obra se planifica con el detalle necesario, pero asegurando la confiabilidad que se necesita de un sistema de planificación.

1.4.2. Programación por trenes de trabajo

La programación lineal, a diferencia de otras técnicas de programación como el CPM (critical path method)⁴, está basado en lograr volúmenes de

⁴ El método de la ruta crítica fue inventado por la corporación DuPont y es comúnmente abreviado como CPM por las siglas en inglés de *Critical Path Method*. En administración y gestión de proyectos, una ruta crítica es la secuencia de los elementos terminales de la red de proyectos con la mayor duración entre ellos, determinando el tiempo más corto en el que es posible completar el proyecto.

producción similares para cada día, en cada cuadrilla. En este sentido, se logra eliminar las holguras que, por definición, son una pérdida. La programación lineal está basada en partir los volúmenes de trabajo en porciones pequeñas, más manejables. La programación de cada actividad se logra mediante el balance de la capacidad de las cuadrillas asignadas a cada actividad, de forma tal que la cantidad de fierro, encofrado y concreto (por dar un ejemplo) de una porción de obra sea compatible con otras, eliminando así tiempos de espera y tiempos muertos. Cabe mencionar que existe el peligro que, al no contar con holguras, cada atraso de una actividad genere atraso al resto de las actividades. Sin embargo, en el camino para obtener mayores eficiencias y productividad, se tiene que asumir mayores riesgos calculados.

1.4.3. Programaciones semanales

Basada en la planificación general por hitos y en las actividades que sean aprobadas mediante la lista de verificación de la programación preventiva (look ahead planning), se genera una planificación detallada de las actividades que se realizan durante la siguiente semana. Esta planificación debe generarse el último día de trabajo de la semana precedente, tomando en consideración el avance real de la obra. La planificación semanal, además, sirve como marco de referencia para la generación de planificaciones diarias horarias.

Al final de la semana, se evalúa el porcentaje de cumplimiento (PC) de las actividades planificadas. El PC se calcula como la división del número de las actividades planificadas cumplidas al 100%, entre el número de las actividades planificadas totales. Además se genera un listado de las razones por las cuales no han sido cumplidas ciertas actividades planificadas, para poder atacar las causas del problema y eliminarlas de raíz.

Una práctica frecuente es planificar el trabajo de la semana de lunes a viernes. De esta forma se pueden recuperar algunas partidas específicas el sábado o el domingo, dando flexibilidad y confiabilidad a la planificación semanal. Así, no es raro obtener porcentajes de cumplimiento del 100% sin mayor dificultad. Cabe mencionar que en USA, los porcentajes que se

obtienen con frecuencia sobre los porcentajes de cumplimiento semanales están en el orden del 60% y llegan al orden del 80-90% al implementar otras metodologías.

1.4.4. Programaciones diarias, balance entre producción y asignación de tareas

Sobre la base de la capacidad de producción de cada cuadrilla (así como en las actividades asignadas en la planificación semanal), se puede asignar los volúmenes de trabajo que completen dicha capacidad de producción. Esta asignación permite reducir/eliminar pérdidas relacionadas directamente con la producción diaria de cada cuadrilla. La planificación diaria debe incluir:

1. Todas las actividades que se realizan durante el día, con el responsable de cada cuadrilla.
2. Asignar el número de obreros de cada cuadrilla básica como el número de cuadrillas básicas.
3. El metrado de cada actividad que se realiza.
4. La velocidad de producción de cada cuadrilla medidas por sus rendimientos.
5. El cálculo del rendimiento para cada actividad a partir de los valores anteriores.

La planificación diaria también incluye información sobre incorporar el porcentaje de cumplimiento de cada actividad en el día. Adicionalmente, en la parte baja del cuadro se incluye otro donde se resumen los metrados y los rendimientos para cada actividad mayor, tanto lo planificado como lo realmente ejecutado. Se incluye también aquí el PC y los comentarios con las razones por las cuales no se alcanzaron (o se sobrepasaron) los volúmenes planificados. Sobre la base de los resultados obtenidos de las planificaciones diarias se calculan los cuadros y gráficos de rendimientos ^[7].

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

En este capítulo se presenta y comenta el concepto de productividad y de eficiencia y se exponen herramientas o propuestas en los cuales se va a apoyar para proponer medida de mejoras a nuestro caso a estudiar.

2.1. PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCION

Según Serpell Bley Alfredo (1993), la productividad puede ser entendida como una medición de la eficiencia con que los recursos son administrados para completar un producto específico, dentro de un plazo establecido y con un estándar de calidad dado” [21].

Según L. Aliaga (1991), “la productividad se define como la relación entre el resultado obtenido (bienes y servicios) entre el valor de los recursos utilizados para obtener el resultado. Matemáticamente esta definición puede ser expresada mediante la relación” [2].

$$p = \frac{P}{R}$$

En donde:

- p: es la productividad
- P: es la producción obtenida
- R: son los recursos empleados

La productividad es la razón entre la producción obtenida por un sistema productivo y los recursos utilizados para obtener dicha producción. También puede ser definida como la relación entre los resultados y el tiempo utilizado para obtenerlos: cuanto menor sea el tiempo que lleve obtener el resultado deseado, más productivo es el sistema. En realidad la productividad debe ser definida como el indicador de eficiencia que relaciona la cantidad de producto utilizado con la cantidad de producción obtenida. [5]

Productividad puede definirse como la relación entre la cantidad de bienes y servicios producidos y la cantidad de recursos utilizados. En la fabricación la productividad sirve para evaluar el rendimiento de los talleres, las máquinas, los equipos de trabajo y los empleados.

Productividad en términos de trabajadores es sinónimo de rendimiento. En un enfoque sistemático se dice que algo o alguien es productivo sí, con una cantidad de recursos (insumos) y en un periodo de tiempo dado, se obtiene el máximo de productos. La productividad en las máquinas y equipos está dada como parte de sus características técnicas.

Mejora de la productividad

La mejora de la productividad se obtiene innovando en los siguientes aspectos:

- **Tecnología**: Es el conjunto de conocimientos técnicos, ordenados científicamente, que permiten diseñar y crear bienes o servicios que facilitan la adaptación al medio y satisfacen las necesidades de las personas.
- **Organización**: Son sistemas sociales diseñados para lograr metas y objetivos por medio de los recursos humanos o de la gestión del talento humano y de otro tipo.
- **Recursos humanos**: Se denomina así al trabajo que aporta el conjunto de los empleados o colaboradores de esa organización
- **Relaciones laborales**: Son aquellas que se establecen entre el trabajo y el capital en el proceso productivo.
- **Condiciones de trabajo**: Es un área interdisciplinaria relacionada con la seguridad, la salud y la calidad de vida en el empleo.
- **Calidad**: puede definirse como la conformidad relativa con las especificaciones, a lo que al grado en que un producto cumple las especificaciones del diseño, entre otras cosas, mayor su calidad o también como comúnmente es encontrar la satisfacción en un producto cumpliendo todas las expectativas que busca algún cliente, siendo así controlado por reglas las cuales deben salir al mercado para ser

inspeccionado y tenga los requerimientos estipulados por las organizaciones que hacen certificar algún producto.^[17]

Índice de Productividad

Con el fin de medir el progreso de la productividad, generalmente se emplea el Índice de Productividad (IP) como punto de comparación:

$$IP = 100 \times \frac{(\text{Productividad observada})}{(\text{Estándar de Productividad})}$$

La productividad observada es la productividad medida durante un periodo definido (día, semana, mes, año) en un sistema conocido (taller, empresa, sector económico, departamento, mano de obra, energía, país). El estándar de productividad es la productividad base o anterior que sirve de referencia.

Con lo anterior se puede medir la productividad en diferentes sistemas, departamentos, empresas, recursos como materias primas, energía, entre otros. Pero lo más importante es ir definiendo la tendencia por medio del uso de índices de productividad a través del tiempo en nuestras empresas, realizar las correcciones necesarias con el fin de aumentar la eficiencia y ser más rentables. Elementos importantes a considerar para aumentar la productividad de la empresa son tanto el capital humano y la inversión realizada por la organización para capacitar y formar a sus miembros como el grado de instrucción de la población trabajadora que es el conocimiento y habilidades que guardan relación directa con los resultados del trabajo.

2.1.1. Medición del nivel general de actividad de obra

La medición del nivel general de actividades de obra es parte de las herramientas clásicas en el estudio de tiempos y movimientos utilizadas generalmente en la ingeniería industrial. Esta medición se realiza de forma aleatoria en toda la obra. La muestra se toma sobre todos los obreros de la misma. De esta forma se obtiene información acerca de la utilización del tiempo en las tres categorías de trabajo fundamentales: Trabajo Productivo

(TP), Trabajo Contributivo (TC) y Trabajo No Contributivo (TNC). Adicionalmente, para conseguir información más precisa, la medición puede aplicarse a cada cuadrilla de la obra. Finalmente, las mediciones del TC y TNC se pueden subdividir en sus formas de actividades dentro de una tarea.

La medición se realiza de forma aleatoria. Se trata de que la persona que realiza la medición recorra el total de esta o la visualice completamente desde un punto estático. Cada vez que se tope visualmente con un obrero, deberá apuntar de qué cuadrilla es, si es que se está realizando algún TP, TC y TNC, y, dentro de estos dos últimos, especificar la clasificación del mismo. Es fundamental para este fin que se trabaje de forma rigurosa en la aplicación de las definiciones de cada categoría de manera permanente e inamovible. En la tabla 2.1 se muestra el formato para el nivel general de actividades

Los resultados de las mediciones del nivel general de actividad son utilizados como muestreos del nivel en que se maneja las obras y sirven para poder compararse con estándares internacionales y nacionales. Las mediciones servirán, también, para detectar cuales son las principales pérdidas, cuantificarlas y priorizar los medios de ataque para eliminarlas^[7].

Tabla 2.1: Formato Para el Nivel General de Actividades. (Virgilio Ghio, 2001)

nº	cuadrilla	TP	TC	TNC	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	I1	I2	I3	I4	I5
1																	
2																	
3																	
4																	
5																	

Donde: TP: Trabajo Productivo; TC: Trabajo Contributivo; TNC: Trabajo No Contributivo; A1, A2,..., A7: Actividad contributiva 1, 2, 3,..., 7; I1, I2,..., I5: Actividad no contributiva 1, 2,..., 5.

Nº es el número total de observaciones. De acuerdo con Serpell (1993)^[21], es necesario conducir 384 mediciones para que estas sean estadísticamente válidas.

2.1.2. Medición de actividades puntuales y Carta Balance

A diferencia de la medición del nivel general de actividades, la medición de actividades puntuales se centra en una actividad específica. La medición se realiza desde un punto fijo, desde donde se pueda observar la operación completa.

Se trata de determinar cómo se divide el tiempo que se le dedica a cada una de las tareas dentro de una operación. Es decir, por ejemplo, cómo se distribuye la utilización del tiempo en colocar planchas, colocar maderas base, etc., dentro del proceso de encofrado metálico.

Las mediciones ayudan a entender la secuencia constructiva real que se está utilizando. Buscar optimizar el proceso, estudiar la posibilidad de introducir algún cambio tecnológico lógico, determinar los porcentajes de ocupación del tiempo. Lo último sirve para hallar el número óptimo de obreros para cada cuadrilla, con el objetivo de mejorar los rendimientos.

En la medición se toma el tiempo de cada obrero (operario o peón) por cada minuto. Cada vez que se toma una medición se le asigna a cada obrero el tipo de trabajo que está realizando en el instante en que se le ha observado. La forma en que se organiza el trabajo (como en el ejemplo anterior de encofrado metálico) se tiene que definir previamente a la medición. A cada actividad dentro de un proceso se le asignará una letra, la cual será colocada en la tabla de toma de mediciones en intervalos de un minuto.

El método mostrado es recomendado para una cuadrilla con un máximo de 8-10 obreros. De otra forma, la toma de datos se torna inmanejable. El otro requisito es que el trabajo de la cuadrilla que se medirá se haga en un espacio limitado. De conducirse la actividad en un espacio demasiado grande, o en sectores donde parte de la cuadrilla quede oculta, este tipo de medición no funcionará. En cualquiera de los dos últimos casos, se recomienda recurrir al método del nivel general de actividad, pero aplicado a una cuadrilla puntual^[7]. En la tabla 2.2 se muestra el formato de la carta balance

Tabla 2.2: Formato para el nivel puntual de actividades o Carta Balance. (Virgilio Ghio, 2001)

n°	cuadrilla	obrero 1	obrero 2	obrero 3	obrero 4	obrero 5	obrero 6	obrero 7	obrero 8	obrero 9
1										
2										
3										
4										
5										

2.2. EFICIENCIA

En términos generales, la palabra eficiencia hace referencia a los recursos empleados y los resultados obtenidos. Por ello, es una capacidad o cualidad muy apreciada por empresas u organizaciones debido a que en la práctica todo lo que éstas hacen tiene como propósito alcanzar metas u objetivos, con recursos (humanos, financieros, tecnológicos, físicos, de conocimientos, etc.) limitados y (en muchos casos) en situaciones complejas y muy competitivas. Pero, ¿qué significa realmente el término eficiencia? o, ¿cuál es definición?

Definición de Eficiencia:

A continuación se brindan diversos conceptos de eficiencia referidos a distintas profesiones:

- Aplicada a la Administración:

Según Idalberto Chiavenato, eficiencia "significa utilización correcta de los recursos (medios de producción) disponibles. Puede definirse mediante la ecuación $E=P/R$, donde P son los productos resultantes y R los recursos utilizados."^[6]

Para Koontz y Weihrich, la eficiencia es "el logro de las metas con la menor cantidad de recursos."^[14]

Según Robbins y Coulter, la eficiencia consiste en "obtener los mayores resultados con la mínima inversión."^[19]

- Aplicada a la Economía:

Según Samuelson y Nordhaus, eficiencia "significa utilización de los recursos de la sociedad de la mejor manera posible para satisfacer las necesidades y los deseos de los individuos." [20]

Simón Andrade, define la eficiencia de la siguiente manera: "expresión que se emplea para medir la capacidad o cualidad de actuación de un sistema o sujeto económico, para lograr el cumplimiento de objetivos determinados, minimizando el empleo de recursos." [4]

- Según el Diccionario de la Real Academia Española:

Eficiencia (del lat. *efficientia*) es la capacidad de disponer de alguien o de algo para conseguir un efecto determinado. [18]

Teniendo en cuenta y complementando las anteriores propuestas, se plantea la siguiente definición general de eficiencia: "Eficiencia es la óptima utilización de los recursos disponibles para la obtención de resultados deseados". Por tanto, se puede decir que una empresa, organización, producto o persona es "eficiente" cuando es capaz de obtener resultados deseados mediante la óptima utilización de los recursos disponibles.

2.3. LEAN CONSTRUCTION

Lean construction es una nueva filosofía orientada hacia la administración de la producción en construcción, cuyo objetivo fundamental es la eliminación de las actividades que no agregan valor (pérdidas). Lean cambia la forma de trabajo se realiza en todo el proceso hasta la entrega. Lean Construction se extiende desde los objetivos de un sistema de producción ajustada (maximizar el valor y minimizar los residuos) a técnicas específicas y las aplica en un proceso de ejecución de proyectos nuevos. Como resultado de ello se tiene:

- La implementación y su proceso de entrega se han diseñado conjuntamente para revelar y apoyar mejor a los propósitos de los clientes.

- El trabajo se estructura en todo el proceso para maximizar el valor y para reducir los residuos a nivel de la ejecución de proyectos.
- Los esfuerzos para gestionar y mejorar el rendimiento tienen por objeto mejorar el rendimiento total del proyecto, ya que es más importante que reducir el costo o aumentar la velocidad de cualquier actividad.
- "Control" se redefine a partir de los resultados del seguimiento "para" hacer que las cosas sucedan. El rendimiento de los sistemas de planificación y de control se miden y se mejoran.

Lean construction es una "forma de diseño de sistemas de producción para minimizar el desperdicio de materiales, tiempo y esfuerzo a fin de generar la máxima cantidad posible de valor."^[15] El diseño de un sistema de producción para lograr los fines sólo es posible mediante la colaboración de todos los participantes en el proyecto (propietario, constructores, gerentes de planta, el usuario final) en las primeras etapas del proyecto. Esto va más allá del acuerdo contractual de diseño/construcción o constructabilidad, comentarios donde, constructores y algunas veces gerentes de planta, simplemente reaccionan a los diseños en lugar de informar e influir en el diseño.^[1]

2.3.1. Just In Time (JIT)

El Just-in-time (justo a tiempo) fue iniciado por Taiichi Ohno en Japón en las plantas de ensamblaje de Toyota a principios de los años 50. Es una filosofía de organización industrial. El JIT elimina el desperdicio proveyendo repuestos sólo cuando el proceso de ensamblaje lo requiere. En el corazón del JIT descansa del kanban, la palabra japonesa que significa tarjeta. Esta tarjeta kanban se envía al almacén para solicitar una cantidad estándar de piezas a medida que ellas van a ser utilizadas en el ensamble/proceso industrial. El JIT requiere la precisión, pues las piezas correctas deben llegar "justo a tiempo" la posición correcta (estación de trabajo en la planta de fabricación). Se utiliza sobre todo para procesos industriales repetitivos de grandes cantidades de producción.

"Just in time" es una filosofía que define la forma en que debería optimizarse un sistema de producción. Se trata de entregar materias primas o

componentes a la línea de fabricación de forma que lleguen en el momento exacto y oportuno a medida que son necesarios. El JIT no es un medio para conseguir que los proveedores hagan muchas entregas y con absoluta puntualidad para no tener que manejar grandes volúmenes de existencia o componentes comprados, sino que es una filosofía de producción que se orienta a la demanda.

La ventaja competitiva ganada deriva de la capacidad que adquiere la empresa para entregar al mercado el producto solicitado, en un tiempo breve, en la cantidad requerida. Evitando los costos que no producen valor añadido también se obtendrán precios competitivos. Con el concepto de empresa ajustada hay que aplicar unos cuantos principios directamente relacionados con la Calidad Total. El concepto parece sencillo. Sin embargo, su aplicación es compleja, y sus implicaciones son muchas y de gran alcance.

Cabe también notar que el proceso empieza desde que el proceso anterior termina y deja todo listo para el proceso siguiente y cuando se da la orden para empezar este proceso, una demora en la llegada de los materiales haría disminuir la productividad del proceso. Áreas de atención del Just-in-time (justo a tiempo):

- Reducción del inventario
- Lotes más pequeños y turnos de producción
- Aumento de la productividad
- Reducción de la complejidad y mejora la transparencia
- Estructura de organización más plana y delegación
- Minimización del desperdicio

2.3.2. Reingeniería

Hammer y Champy definen a la reingeniería de procesos como “la reconcepción fundamental y el rediseño radical de los procesos de negocios para lograr mejoras dramáticas en medidas de desempeño tales como en costos, calidad, servicio y rapidez”.^[13]

Reingeniería significa volver a empezar arrancando de nuevo; reingeniería no es hacer más con menos, es con menos dar más al cliente. El objetivo es hacer lo que ya estamos haciendo, pero hacerlo mejor, trabajar más inteligentemente.

Es rediseñar los procesos de manera que estos no estén fragmentados. Entonces la compañía se las podrá arreglar sin burocracias e ineficiencias. Propiamente hablando: "reingeniería es la revisión fundamental y el rediseño radical de procesos para alcanzar mejoras espectaculares en medidas críticas y actuales de rendimiento, tales como costos, calidad, servicio y rapidez".

Hacia La Reingeniería

Detrás de la palabra reingeniería, existe un nuevo modelo de negocios y un conjunto correspondiente de técnicas que los ejecutivos y los gerentes tendrán que emplear para reinventar sus compañías.

Bajo el pensamiento tradicional de la administración muchas de las tareas que realizaban los empleados nada tenía que ver con satisfacer las necesidades de los clientes (sean clientes internos o externos)⁵. Muchas de esas tareas se ejecutaban para satisfacer exigencias internas de la propia organización de la empresa. En el ambiente de hoy nada es constante ni previsible, ni crecimiento del mercado, ni demanda de los clientes, ni ciclo de vida de los productos. Tres fuerzas, por separado y en combinación, están impulsando a las compañías a penetrar cada vez más profundamente en un territorio que para la mayoría de los ejecutivos y administradores es desconocido. Estas fuerzas son: clientes, competencia y cambio.

Como extremo ideal, se puede establecer una metodología de "papel en blanco", en la que se reinventa toda la estructura y funcionamiento del

⁵ Los clientes externos, aquellos que compran un producto o utilizan algún servicio, se suelen identificar con bastante facilidad. En cambio, los clientes internos son los empleados que están continuamente relacionándose con otro empleado dentro de la misma empresa e incluso con el cliente externo.

proceso o de la organización. Se mantienen los objetivos y estrategias básicas del negocio, pero se adopta una libertad total de ideas. Esta metodología se puede restringir aprovechando en mayor o menor medida los procesos ya existentes, haciéndose así un rediseño parcial del proceso. La reingeniería de procesos crea cambios directos y radicales que requieren ciertos factores en la organización para adoptarse con éxito; estos factores que se colocan de manera ilustrativa mas no limitativa son:

- Sensibilización al cambio.
- Planeación estratégica.
- Automatización.
- Gestión de Calidad Total.
- Reestructuración Organizacional.
- Mejora Continua.
- Valores compartidos.
- Perspectiva individual.
- Comportamiento en el lugar de trabajo.
- Resultados finales.

2.3.3. Mejoramiento continuo

Para James Harrington (1993), mejorar un proceso, significa cambiarlo para hacerlo más efectivo, eficiente y adaptable. Qué cambiar y cómo cambiar depende del enfoque específico del empresario y del proceso.

Fadi Kabboul (1994), define el Mejoramiento Continuo como una conversión en el mecanismo viable y accesible con el que las empresas de los países en vías de desarrollo cierran la brecha tecnológica que mantienen con respecto al mundo desarrollado.

Abell, D. (1994), da como concepto de Mejoramiento Continuo una mera extensión histórica de uno de los principios de la gerencia científica, establecida por Frederick Taylor, que afirma que todo método de trabajo es susceptible de ser mejorado.

L.P. Sullivan (1994), define el Mejoramiento Continuo, como un esfuerzo para aplicar mejoras en cada área de la organización a lo que se entrega a clientes.

Para Eduardo Deming (1996), la administración de la calidad total requiere de un proceso constante, que será llamado Mejoramiento Continuo, donde la perfección nunca se logra pero siempre se busca.

El Mejoramiento Continuo es un proceso que describe muy bien lo que es la esencia de la calidad y refleja lo que las empresas necesitan hacer si quieren ser competitivas a lo largo del tiempo.

Importancia del Mejoramiento Continuo

La importancia de esta técnica gerencial radica en que con su aplicación se puede contribuir a mejorar las debilidades y afianzar las fortalezas de la organización.

A través del mejoramiento continuo se logra ser más productivos y competitivos en el mercado al cual pertenece la organización, por otra parte las organizaciones deben analizar los procesos utilizados, de manera tal que si existe algún inconveniente pueda mejorarse o corregirse; como resultado de la aplicación de esta técnica puede ser que las organizaciones crezcan dentro del mercado y hasta llegar a ser líderes.

El Proceso de Mejoramiento

La búsqueda de la excelencia comprende un proceso que consiste en aceptar un nuevo reto cada día. Dicho proceso debe ser progresivo y continuo. Debe incorporar todas las actividades que se realicen en la empresa a todos los niveles. El proceso de mejoramiento es un medio para desarrollar cambios positivos que van a permitir ahorrar dinero tanto para la empresa como para los clientes, ya que las fallas de calidad cuestan dinero.

Asimismo este proceso implica la inversión en nuevas maquinarias y equipos de alta tecnología más eficientes, el mejoramiento de la calidad del servicio a los clientes, el aumento en los niveles de desempeño del recurso humano a través de la capacitación continua, y la inversión en investigación y desarrollo que permita a la empresa estar al día con las nuevas tecnologías.

2.3.4. La Calidad Total.

La Calidad Total (TQM) tuvo su origen en los "Círculos de Calidad" (Isikawa, 1961), los cuales se basaban en la creación voluntaria de grupos de trabajo para ayudar a resolver los problemas que iban surgiendo en el desempeño normal del trabajo. Sin embargo, como nació en Japón, nuestra visión occidental no le dio demasiada importancia. Fue cuando la industria automovilística japonesa (que utilizaba esta filosofía) comenzó a invadir los EEUU, provocando que muchas empresas americanas estuvieran al borde de la quiebra, que se comenzó a tomar en serio. La filosofía de la calidad total se ha extendido por todo el mundo, implementándose a diferentes ritmos. Sin embargo, la TQM, cuando está correctamente implantada, ha demostrado tener muchas ventajas, algunas de las cuales son:

- Reduce la tasa de errores
- Reduce reprocesos y errores.
- Reduce fallos post venta y los gastos de garantía.
- Reduce la insatisfacción del cliente.
- Acorta el tiempo de introducción de nuevos productos.
- Aumenta el rendimiento y la capacidad.
- Mejora los plazos de entrega.

Sin embargo, y en contra de lo que mucha gente piensa, el concepto de calidad es mucho más que una técnica, es una total filosofía donde los indicadores "duros" de "cantidad": cuantitativos (ingresos, costes etc.) son subordinados a los "blandos" de "calidad": cualitativos (satisfacción interna del empleado y externa del cliente, imagen, etc.). Además, supone un fuerte

reto a la visión de la Dirección como "mando" y a la de Organización como "jerarquía", en beneficio de una gestión más de tipo participativo.

Un buen ejemplo sería entender el beneficio empresarial no como la diferencia entre ingresos y gastos, sino como la evaluación de la satisfacción global de los clientes, usuarios y personal de la empresa. Evidentemente, y a largo plazo, es este último factor el más significativo, y es también la que está condicionando la probabilidad de que los resultados cuantitativos (contables) se mantengan o no.

El concepto de Calidad ha evolucionado en el tiempo. Es posible distinguir 4 etapas: la Técnica, la Humana, la Estratégica y la de Calidad Total (TQM). Además, estas etapas no sólo reflejan la evolución del concepto entre los estudiosos e interesados en el tema, sino que indica también las etapas a seguir en su implantación en la práctica.

- **Enfoque Técnico de la Calidad.** Inicialmente es una Calidad centrada en la supervisión del **producto acabado**, después pasa a la Calidad centrada en el **proceso**, en la que el interés se desplaza al "durante" del transcurso productivo. Desde aquí, esta evolución continúa hasta llegar al denominado **Control Total de Calidad (TQC)**, donde el objeto de interés es la empresa como sistema, comprendiendo, de este modo, la totalidad de los departamentos.
- **Enfoque Humano de la Calidad:** como ruptura con el enfoque técnico, esta etapa comienza en la década de los 70 y es la consecuencia de los descubrimientos que realizan investigadores occidentales en empresas japonesas. Fundamentalmente reorientada hacia la importancia de los Recursos Humanos y la Innovación, este cambio: *"... tiene sus pilares en proyectos de cambio de pensar de los empleados, innovaciones organizativas... Círculos de Calidad,... dirigidas a incrementar la participación y la resolución de problemas, e inversión en formación y educación de los empleados"* (Camisón, 1994). Como señala Camisón, entre los años 70 y 80 se van fundiendo los enfoques técnico y humano

de la Calidad, desembocando en una calidad orientada a la prevención más que a detectar y corregir los errores.

- **Enfoque Estratégico de la Calidad:** el centro de interés de estas 2 últimas etapas será el **Control de Costes** y la **Calidad de Servicio** (orientada al consumidor). Digamos que esta tercera etapa lo que hace es orientarse al mercado, al exterior de la empresa, utilizando el conocido método FODA buscando:
 - 1.- En cuanto al mercado, las Oportunidades y Amenazas que este supone,
 - 2.- En cuanto a la empresa las Fuerzas y Debilidades que la empresa tiene para hacer frente a los retos planteados por ese mercado.
- Esta etapa suele concebir la Calidad como una herramienta para la consecución de la **Estrategia** de la empresa que sale como consecuencia del análisis descrito anteriormente. Hay muchas definiciones de lo que es la Estrategia, entre ellos está la de Mintzberg (1991) que ha llamado 5 P's.

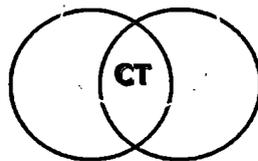
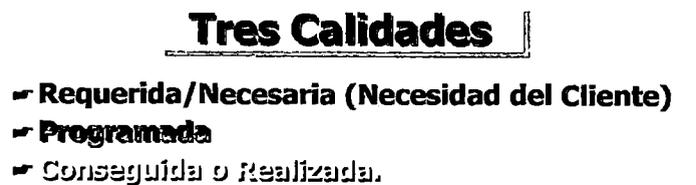
- 1) Como **Plan** (General o Especifico) 
 - Curso de acción conscientemente determinado
 - Se elaboran antes de la acción.
- 2) Como **Pauta de Acción** (Maniobra) 
- 3) Como **Patrón** (Modelo) 
 - Consistencia en el comportamiento (Intencional o no)
- 4) Como **Posición** (Acoplamiento con el Entorno) 
- 5) Como **Perspectiva** (Representación/Cultura) 

- **Enfoque de Calidad Total (TQM).** Este enfoque va más allá del enfoque estratégico al concebir el servicio total a la sociedad, los clientes, proveedores y empleados como un proceso de aprendizaje y mejora continua. Aquí se va a concebir varios sistemas como incluidos en esta

etapa: el propio de TQM, el de la Organización que Aprende (LC) y el de la Dirección Ajustada o Lean Management (LM).

Asimismo, y antes de pasar al concepto de Calidad Total, es conveniente señalar que hay tres tipos de calidad (figura 2.1); la calidad requerida/necesaria que corresponde a las necesidades del cliente, la calidad programada que uno espera en la producción y la calidad conseguida o realizada que es el resultado de la producción:

Fig.2.1: La Calidad Total Como la Intersección de Tres Calidades



El objetivo es conseguir que los 3 círculos sean concéntricos.

Obviamente, el fin de toda empresa es que los tres círculos fuesen concéntricos, lo que querría decir que no hay diferencias significativas entre los tres tipos de Calidad.

2.4. MÉTODO TRIZ

Se trata de un acrónimo a partir del nombre original en ruso (ТРИЗ) y puede entenderse como la Teoría para Resolver los Problemas del Inventor. Fue desarrollada a mediados de los 50 del siglo pasado por Genrich Altshuller (1926 – 1999), un ingeniero e inventor soviético y quien progresivamente fue mejorando la teoría. Al trabajar en la Oficina de Patentes o de reconocimientos, revisó cerca de 40 mil documentos que le permitieron estudiar el o los procesos de cómo se produjeron las innovaciones. Alrededor de este estudio desarrolló diversos conceptos, como: los principios de la invención, las leyes de evolución de los sistemas técnicos, las contradicciones técnicas y físicas (la solución de un problema puede

ocasionar que aparezca otro), el sistema ideal, y métodos de resolver problemas aprovechando la creatividad e inventiva.

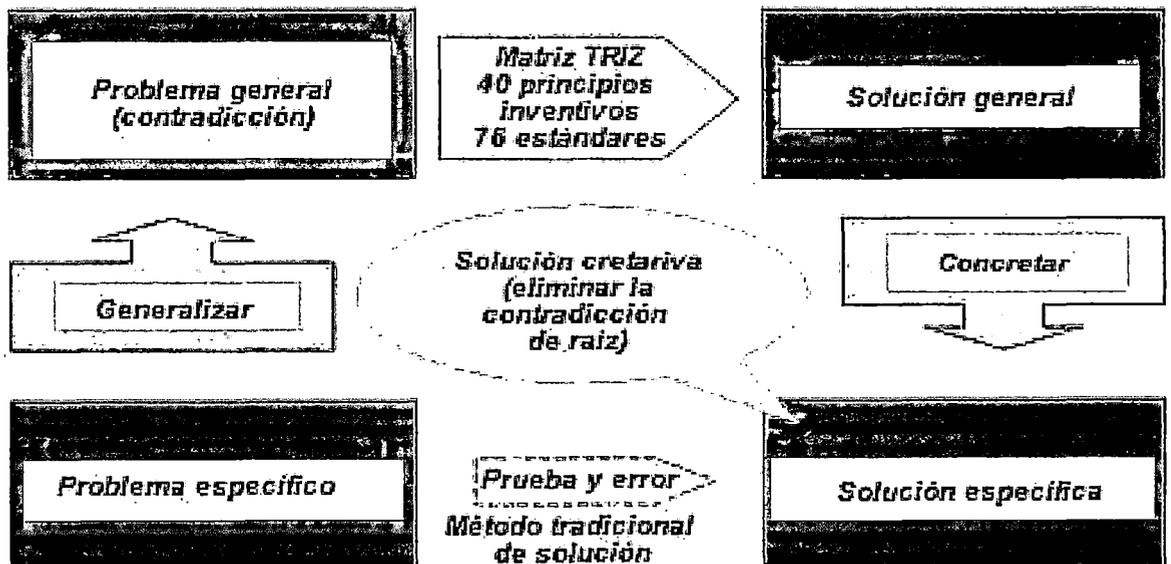
De Altshuller proviene la siguiente definición: Invención es la remoción de una contradicción técnica con la ayuda de ciertos principios.^[3]

2.4.1. Proceso del TRIZ

Se trata de pasar del problema específico al general. Encontrar la solución general con ayuda del TRIZ. Y de ahí pasar a una solución específica. En la figura 2.2 se describe el proceso TRIZ

La incorporación de los estándares, junto con los principios, ayuda a encontrar una solución típica, base de aquella específica buscada. Cabe resaltar que los problemas generales y las soluciones generales son proporcionados por el TRIZ gracias al estudio que realizó Altshuller, con lo cual teniendo una solución general, se puede llevar a una solución específica de acuerdo al conflicto que tengamos

Fig.2.2: Proceso del Triz^[3]



2.4.2. Pasos

En TRIZ se reconocen los siguientes cuatro pasos globales para darle solución a problemas mostrados en la tabla 2.3.

Tabla 2.3: Pasos de la Metodología Triz

Paso	Nombre	Descripción
Uno	Identificación del problema	Identificación del sistema de ingeniería que se estudia. Su ambiente operativo. Los requerimientos de recursos. La función útil primaria. Efectos dañinos. El resultado ideal.
Dos	Formulación del problema.	Restablecer el problema en términos de sus contradicciones físicas. Identificar los problemas que pudieran ocurrir. ¿Hay conflictos técnicos? ¿Puede mejorar una característica técnica para resolver un problema empeorado por otra característica técnica?
Tres	Investigar los problemas bien resueltos previamente	El autor de TRIZ trabajando con un millón y medio de patentes en el mundo, extrajo 39 características técnicas o parámetros ingenieriles que podrían causar conflictos entre sí.
Cuatro	Buscar soluciones análogas y adaptarlas para la solución.	Este paso es principalmente válido para el segundo nivel. Puede hacerse empleando una lista de 40 principios inventivos que el autor de TRIZ dedujo de las patentes.

2.4.3. Niveles

Altshuller separo los tipos de solución en cinco niveles (tabla 2.4), separándolos de acuerdo a la complejidad de la solución propuesta. En la siguiente tabla se nota los cinco niveles para la solución, describiendo cada una de ellas.

Tabla 2.4: Niveles de las Soluciones

Nivel	Descripción	% Aproximado de Ocurrencia
Cinco	Un raro descubrimiento científico o una invención pionera de un nuevo sistema.	1
Cuatro	Solución enfocada más en la ciencia que en la tecnología. Una nueva generación que usa un nuevo principio para efectuar las funciones primarias de un sistema.	4
Tres	Se resuelven contradicciones. Se trata de mejoras fundamentales de un sistema existente, por métodos conocidos fuera de la industria.	18
Dos	Mejoras menores de un sistema existente, usando métodos conocidos dentro de la industria.	45
Uno	No se necesita invención. Los problemas rutinarios de diseño son resueltos por métodos muy conocidos dentro de la especialidad.	32

2.4.4. Factores ingenieriles que podrían causar conflicto

Cuando se soluciona un problema, puede ocurrir que se genere otro problema, a lo que denominamos "conflicto": Con el método TRIZ, se pueden determinar cuáles son estos conflictos y solucionarlos conjuntamente con los problemas ya observados.

- Encontrar las características ingenieriles contradictorias. Puede reflejarse en una matriz de contradicciones.
- Encontrar el parámetro o característica técnica que necesita ser cambiado.
- Encontrar el parámetro que tiene un efecto secundario indeseable.
- Establecer el conflicto técnico estándar.

En la tabla 2.5 se muestran los 39 parámetros ingenieriles que podrían causar conflictos entre sí. El conflicto se señala por pares de parámetros entre sí.

Tabla 2.5: Lista de Problemas generales

Lista de parámetros ingenieriles			
1. Peso de un objeto en movimiento	11. Tensión, presión.	21. Potencia.	31. Daños como efectos laterales desarrollados por el objeto.
2. Peso de un objeto estacionario	12. Forma.	22. Desperdicio de energía.	32. Posibilidad de fabricación.
3. Longitud de un objeto en movimiento.	13. Estabilidad del objeto.	23. Desperdicio de sustancia.	33. Conveniencia de uso.
4. Longitud de un objeto estacionario.	14. Resistencia.	24. Pérdida de información.	34. Posibilidad de reparación.
5. Área de un objeto en movimiento.	15. Durabilidad de un objeto en movimiento.	25. Pérdida de tiempo.	35. Adaptabilidad.
6. Área de un objeto estacionario.	16. Durabilidad de un objeto estacionario.	26. Cantidad de la sustancia.	36. Complejidad del dispositivo.
7. Volumen de un objeto en movimiento.	17. Temperatura.	27. Confiabilidad.	37. Complejidad de control.
8. Volumen de un objeto estacionario.	18. Brillo.	28. Exactitud de la medición.	38. Nivel de automatización.
9. Velocidad.	19. Energía consumida por un objeto en movimiento.	29. Exactitud de la manufactura.	39. Productividad.
10. Fuerza.	20. Energía consumida por un objeto estacionario.	30. Factores de daño actuando en el objeto desde afuera.	

2.4.5. Principios inventivos o de solución

Estos principios (tabla 2.6), vienen dados por las soluciones generales que el método brinda. Los 40 principios inventivos del TRIZ son:

Tabla 2.6: 40 principios inventivos del Triz

Principios inventivos		
Número	Nombre	Descripción
1	Segmentación	Dividir un objeto en partes independientes. Hacer un objeto divisible en secciones. Incrementar el grado de segmentación del objeto.
2	Extracción	Separar o remover partes o propiedades que perturban en un objeto.
3.	Calidad local	Transición desde una estructura homogénea de un objeto a una estructura heterogénea (o fuera de su ambiente).
4.	Asimetría	Reemplazar una forma simétrica con otra asimétrica. Si un objeto es asimétrico, incrementar el grado de asimetría.
5.	Combinación	Combinar en espacios homogéneos u objetos destinados para operaciones contiguas. Combinar en tiempos homogéneos o en operaciones contiguas.
6.	Universalidad	Haga que el objeto efectúe múltiples funciones. De esta manera se elimina la necesidad de algún otro.
7.	Anidamiento	Contenga el objeto dentro de otro, el cual a su vez, es colocado dentro de un tercero.
8.	Contrapeso	Compense el peso de un objeto juntándolo con otro objeto que tiene una función de levante. Compense el peso de un objeto al interactuar en un ambiente que le proporcione fuerzas aerodinámicas o hidrodinámicas.
9.	Acción contraria previa	Previamente efectúe una acción contraria. Si el objeto es o estará bajo tensión, proporcione una anti tensión en avance.
10.	Acción previa	Efectúe todas o alguna de las acciones requeridas en avance. Arregle los objetos tal que puedan ir en acción desde un tiempo o posición conveniente.
11.	Suavizar en avance	Compense la relativamente baja confiabilidad de un objeto tomando contramedidas en avance.
12	Equi-potencialidad	Cambie las condiciones de trabajo tal que el objeto no necesite se elevado o bajar.
13.	Inversión	Implemente una acción opuesta a la especificada por el problema. Haga movable una parte de un objeto inmóvil, o haga movable el ambiente externo inmóvil. Voltee el objeto.
14.	Esferoidicidad	Reemplace las partes lineales o planas por otras curvas. Reemplace las formas cúbicas por esféricas. Use rodillos o esferas aún en forma de espiral. Reemplace el movimiento lineal con movimiento rotatorio. Utilice una fuerza centrífuga.
15.	Dinamicidad	Haga un objeto o su ambiente automáticamente ajustado para un desempeño óptimo en cada estadio de la operación. Divida un objeto en elementos cambiando la posición relativa uno de otro. Si un objeto es inamovible, hágalo movable o intercambiable.

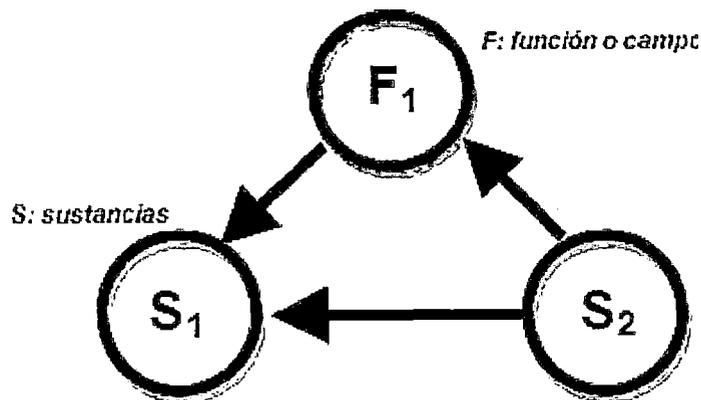
16.	Acción parcial o de sobre cobertura	Si es difícil obtener 100% de un efecto deseado, alcance algo más o menos para simplificar el problema.
17.	Moviendo a una nueva dimensión	Remueva problemas moviendo el objeto en forma lineal o bidimensional. Use un ensamble de objetos en capas múltiples en vez de una sola capa. Incline un objeto o gírelo a algún lado.
18.	Vibración mecánica	Establezca un objeto en oscilación. Si la oscilación existe, incremente su frecuencia, aún a nivel ultra sonido. Use la frecuencia de resonancia. En vez de vibraciones mecánicas, use vibradores piezoeléctricos. Use vibraciones ultrasónicas en combinación con un campo de oscilaciones electromagnéticas.
19.	Acción periódica	Reemplace una acción continua con una periódica. Si una acción es periódica, cambie su frecuencia. Agregue pulsos para una acción adicional.
20.	Continuidad de una acción útil	Llevar una acción continuamente, sin pausas, para que todas las partes operen a total capacidad. Remueva tiempos muertos o intermedios.
21.	Pasar rápido	Efectuar operaciones dañinas o riesgosas a muy alta velocidad.
22.	Convertir daño en beneficio	Utilizar factores dañinos o efectos ambientales para obtener un efecto positivo. Remover un factor dañino por combinarlo con otro factor dañino. Incrementar la cantidad de una acción dañina hasta que deje de ser dañina.
23.	Retroalimentación	Introducir retroalimentación. Si la retroalimentación existe, invertirla.
24.	Intermediación	Use un objeto intermedio para transferir o llevar adelante una acción. Temporalmente conecte un objeto a otro que sea fácil de remover.
25.	Autoservicio	Hacer que el objeto se sirva asimismo y lleve a cabo acciones suplementarias y de reparación. Hacer uso de desperdicios o excesos de energía.
26.	Copiado	Usar una copia simple y barata en vez de un objeto complejo, caro, frágil o con inconvenientes para operar. Reemplazar un objeto por una copia o imagen, aún a escala. Si las copias ópticas visibles han sido ya usadas, reemplácelas por copias infrarrojas o ultravioleta.
27.	Objetos baratos y de corta vida por uno caro y durable	Reemplace un objeto caro por una colección de objetos baratos.
28.	Reemplazo de un sistema mecánico	Reemplace un sistema mecánico por otro sensorial (óptico, acústico u olfatorio). Use un campo eléctrico, magnético o electromagnético para interactuar con el objeto. Reemplace campos: estacionarios por móviles, fijos por intercambiables, aleatorios por estructurados. Usar un campo en conjunto con partículas activadas (por ejemplo ferro-magnéticas).
29.	Construcción neumática o hidráulica	Reemplace partes sólidas de un objeto por gas o líquido. Puede usarse aire o agua.
30.	Membranas flexibles o películas delgadas	Reemplazar construcciones tradicionales por otras de membranas flexibles o películas delgadas. Aislar un objeto de su ambiente usando membranas flexibles o películas delgadas.
31.	Uso de material poroso	Hacer un objeto poroso o agregar elementos porosos. Si un objeto ya es poroso, rellene algunos poros.

32.	Cambio de color	Cambiar el color de un objeto o de su entorno. Cambiar el grado de translucidez de un objeto hacia otro difícil de ver. Usar aditivos colorantes para observar objetos o procesos difíciles de ver. Si tales dispositivos están ya en uso, emplear trazos luminiscentes.
33.	Homogeneidad	Hacer aquellos objetos con los cuales interactúa el objeto principal del mismo material o uno cercano.
34.	Desechar o regenerar partes	Después de que ha completado su función, desechar el elemento del objeto. Inmediatamente restaurar cualquier parte de un objeto el cual es exhausto.
35.	Transformación de estados físicos y químicos de un objeto	Cambiar el estado, densidad, flexibilidad, temperatura.
36.	Transformación de fase	Implementar un efecto desarrollado durante la fase de transición de una sustancia. Por ejemplo, durante el cambio de volumen, liberación o absorción de calor.
37.	Expansión térmica	Usar un material que se expande o contrae con el calor. Usar varios materiales con diferentes coeficientes de expansión de calor.
38.	Use oxidantes fuertes	Reemplace aire normal por enriquecido. Reemplace aire enriquecido con oxígeno. Trate un objeto en aire o en oxígeno con radiación ionizada. Use oxígeno ionizado.
39.	Ambiente inerte	Reemplace el ambiente normal con otro inerte. Lleve el proceso al vacío.
40.	Materiales compuestos	Reemplace material homogéneo con otro compuesto.

2.4.6. El sistema sustancia – campo

Se trata de un símil a la base de datos que relaciona las diferentes maneras para llegar a funciones clave. Se necesita saber qué quiere hacerse, y sobre que sustancias hay que actuar. El proceso requiere de la conversión del sistema de campos y sustancias relacionadas entre sí (generalmente dos sustancias y un campo).

Fig.2.3: Relación entre Sustancias y Campo



La herramienta de conversión dispone de las siguientes cinco reglas.

- Cambiar la sustancia S2 por otra sustancia S3 a fin de generar un nuevo campo F2 que no perjudique a S1.
- Agregar una sustancia S3 para generar un nuevo campo F2 que al actuar sobre S2 lo modifique, y no perjudique a S1.
- Agregar una nueva sustancia S3 para generar un nuevo campo F2 que al actuar sobre S1 lo modifique, y que la acción de S2 no perjudique a S1.
- Agregar una nueva sustancia S3 intermedia entre S1 y S2, que al actuar F1, genere un nuevo F2 que modifique S1 o S2 para evitar su acción perjudicial.
- Agregar una nueva sustancia S3 para generar un nuevo campo F2 que al actuar sobre S1 y S2 los modifique, y evitar su acción negativa.

2.5. MODELACIÓN CYCLONE

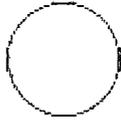
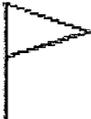
El modelo CYCLONE es una metodología de simulación de procesos de construcción presentada en 1976 por el profesor Daniel W. Halpin, originalmente en la Universidad de Illinois, y posteriormente en la de Purdue.

El nombre se deriva de CYCLic Operations NETwork. Se sustenta en una representación gráfica que simula un sistema conteniendo variables que pueden ser determinísticas o aleatorias. Cuando el sistema corresponde a un proceso de construcción, se requiere que éste se desagregue en tareas y se conozca como éstas interactúan.

Aunque a partir del modelo CYCLONE, la simulación puede efectuarse a mano, también dispone de un propio software, para lo cual los autores desarrollaron funciones propias del modelo utilizadas como subrutinas llamadas por el programa principal, y que demandan datos del usuario.

La tabla 2.7 muestra los elementos básicos del modelo CYCLONE.

Tabla 2.7: Elementos Básicos del Modelo

Nombre	Símbolo	Función
COMBI		<i>Este elemento requiere que todos los recursos estén disponibles para empezar, en cuyo caso se combinan. Siempre está precedido por elementos ESPERA. Si algunas de las unidades necesarias no están disponibles, pues se encuentran en ESPERA, las que han llegado deben esperar.</i>
NORMAL		<i>Representa una tarea que puede empezar tan pronto como llegue una unidad o recurso (cargador, cuadrilla) del elemento precedente, sin esperar restricciones</i>
ESPERA (QUEUE)		<i>Este elemento precede a todos los COMBI y se relaciona con una ubicación en la cual esperan los elementos pendientes de combinación. Se miden las estadísticas de demora o espera.</i>
FUNCIÓN (FUNCTION)		<i>Se incluye para desarrollar una función especial, activando los elementos que le preceden. Puede ser para conteo, consolidación, marcado o acopio estadístico.</i>
ACUMULADOR (ACCUMULATOR)		<i>Es un elemento de conteo de ciclos en un subsistema o en el total del sistema. No detiene ninguna operación.</i>
FLECHA o ARCO DIRIGIDO (ARC)		<i>Indica la estructura lógica del modelo y la dirección del flujo de una entidad (recurso o mecanismo de control)</i>

A continuación se presenta una modelación CYCLONE del sistema de producción de muros pantalla realizados para el caso investigado.

CAPITULO III: RECOLECCION Y PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN DE CAMPO

En este capítulo se presenta el acopio de datos de las actividades hechas en el sistema de producción de muros pantalla realizada en la obra "Gran Teatro Nacional". La obra está ubicada en la Av. Javier Prado Este 2465, en el Distrito de San Borja. En la siguiente figura se muestra una vista aérea de la zona donde se dio a cabo la investigación.

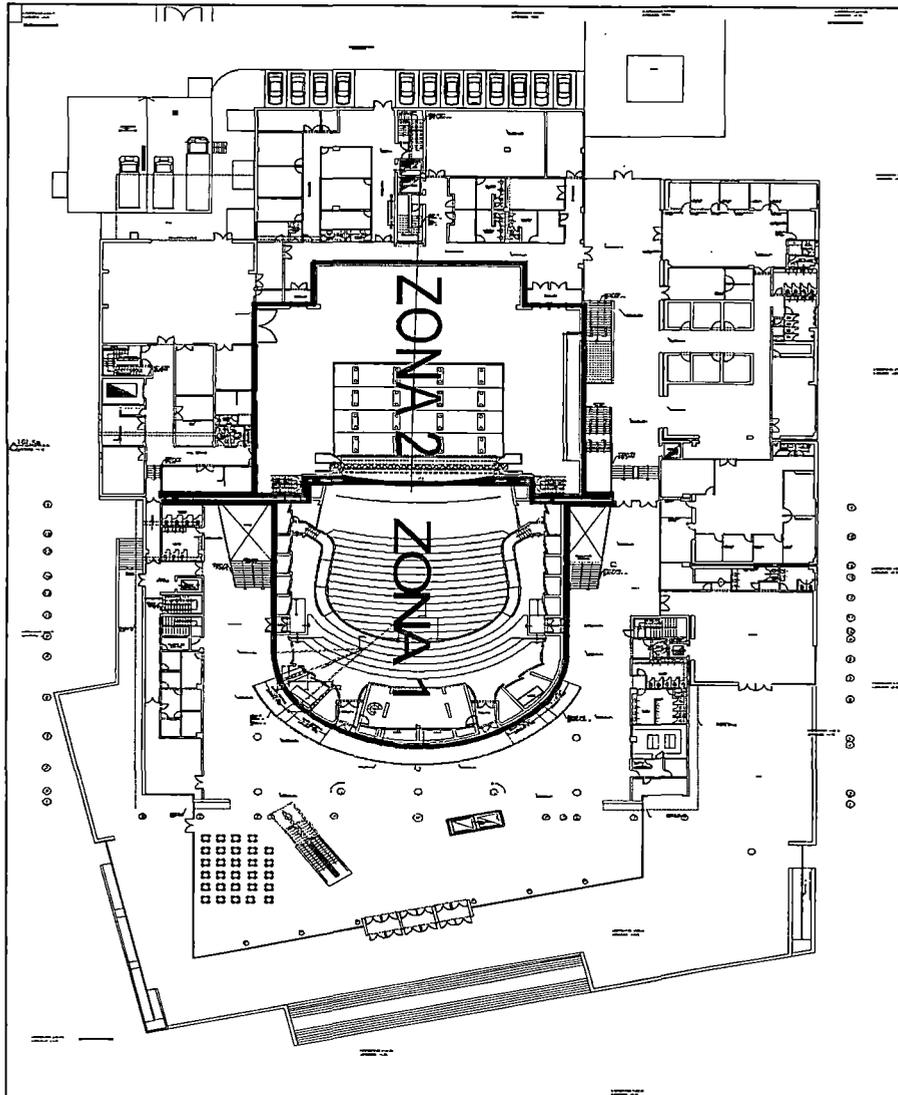
Fig.3.1 Vista aérea de la zona de trabajo (Google Earth)



El proyecto es realizado por etapas. La primera etapa del proyecto "Gran Teatro Nacional", donde se realizó la investigación, solo incluyen las actividades de estructuras, es decir las que comprenden las cimentaciones, muros pantalla, columnas, placas y techos de los niveles descritos debido a que pertenece a la primera etapa del proyecto. No se incluyen actividades de enlucidos, acabados, equipamiento e instalaciones varias. Los elementos verticales se van a desarrollar hasta el primer piso según contrato. En el proyecto se tienen

distinguidas 4 zonas de trabajo, de las cuales, en la primera etapa, se realizaron las zonas 1 y 2; en la figura 3.2 se observa la ubicación de las zonas 1 y 2 que fueron las que se realizaron en la primera etapa del proyecto.

Fig.3.2 Vista de las zonas 1 y 2 desarrolladas en la primera etapa del proyecto “Gran Teatro Nacional”



Datos básicos del contrato para el desarrollo de esta primera etapa indican que la modalidad fue “Administración con Cifra Meta”, con un monto total de S/. 8, 129,582.42 (Nuevos Soles), teniendo un plazo de 4 meses para el cumplimiento del mismo (desde 28 de abril hasta el 26 de agosto del 2010). Para el cumplimiento de este plazo se hizo un planeamiento general que es mostrado en el ANEXO 1 y una planificación por trenes de trabajo que es mostrado en el

ANEXO 2. Para el planeamiento general y por trenes de trabajo se tuvo estimado una cantidad de obreros calificados que es mostrada en la tabla 3.1.

Tabla 3.1 Cantidad de obreros para la realización del proyecto.

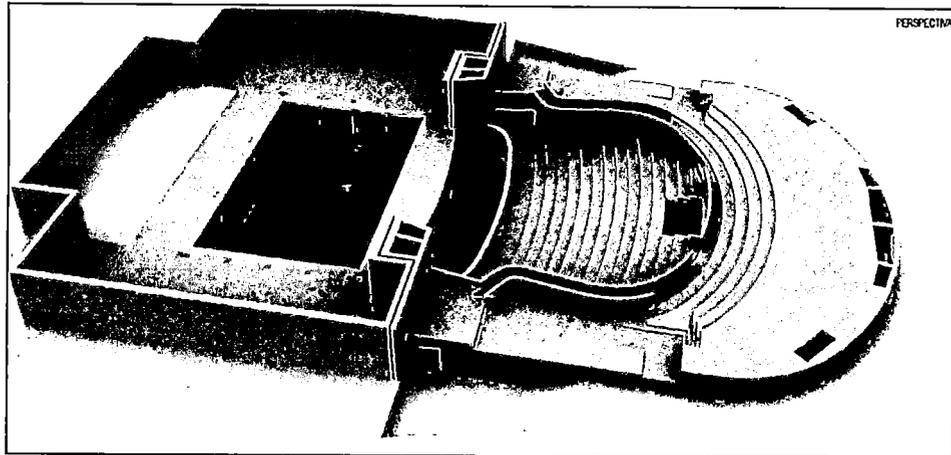
CUADRILLAS	CANTIDAD DE OBREROS
ENCOFRADO	42
TOPOGRAFIA	5
ACERO	23
CONCRETO	5
ACARREO	4
MOVIMIENTO DE TIERRAS	9
SERVICIOS (PdR, Almacen, Electricista)	6
	94

La zona 1 es el espacio en el que la platea será desarrollada y presenta tres sótanos descritos de la siguiente manera:

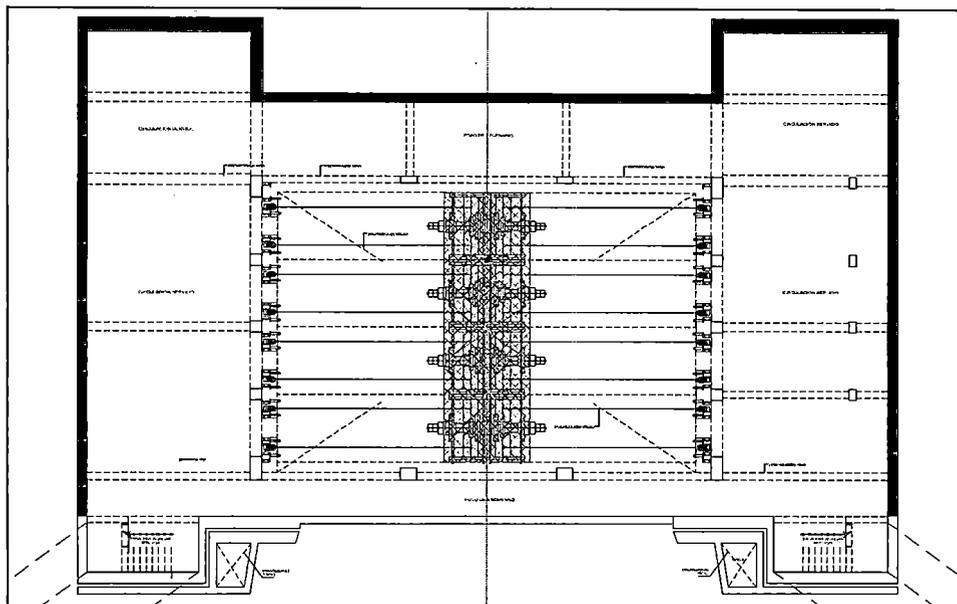
- Sótano C: Esta zona comprende el foso para la plataforma elevadora de la orquesta.
- Sótano B: Esta zona comprende el área de servicio y el depósito temporal de butacas.
- Sótano A: Esta zona comprende la Platea baja, Pleno de A&A, área de sonido y área técnica.

La zona 2 es el espacio en el que el escenario será realizado y presenta tres sótanos descritos de la siguiente manera:

- Sótano C: Esta zona comprende el foso para la plataforma del escenario.
- Sótano B: Esta zona comprende el segundo nivel del foso para la plataforma del escenario.
- Sótano A: Esta zona comprende el tercer nivel del foso para la plataforma del escenario.

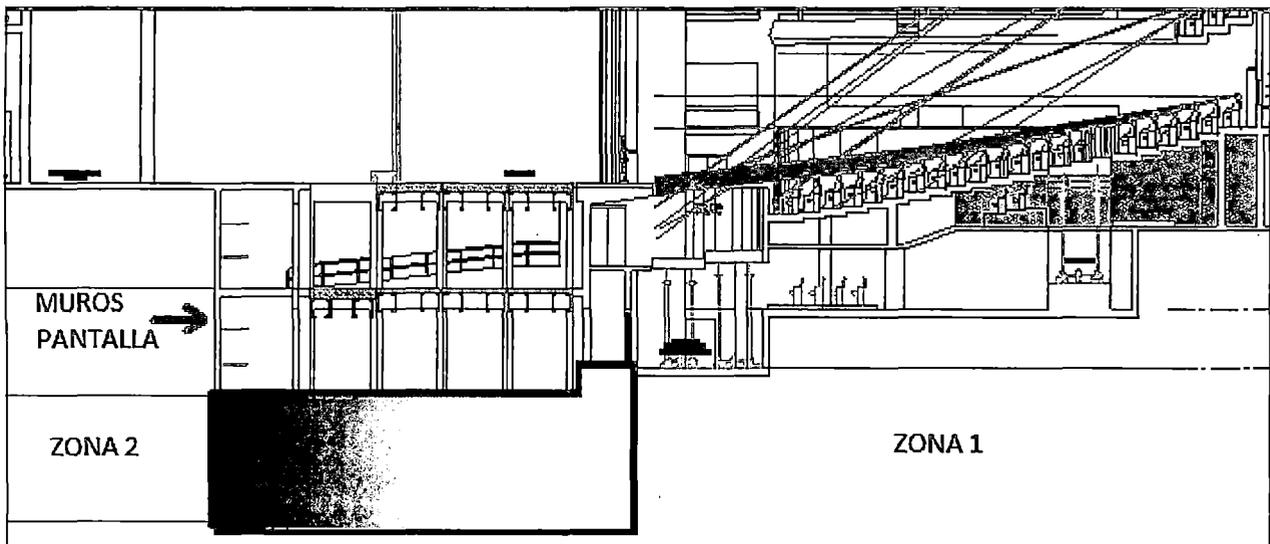
Fig.3.3 Vista en tres dimensiones de las zonas 1 y 2

El desarrollo de la investigación se realizó en la zona 2 del proyecto para el tercer anillo en el sótano C donde se desarrolló la producción de muros pantalla. Los muros pantalla o muros anclados se hicieron por anillos en los tres sótanos que fueron efectuados según las especificaciones técnicas. En la figura 3.4 se muestra el plano en planta del anillo de los muros pantalla, en la figura 3.5 se muestra la vista en corte de las zonas 1 y 2 haciendo referencia al área en donde se realizó la investigación.

Fig.3.4 Vista en planta del anillo de muros pantalla que se realizó en la zona 2 del proyecto

Las líneas gruesas representan el anillo de muros pantalla a realizarse en los tres sótanos que se efectuarán en la zona 2.

Fig.3.5 Vista corte de las zonas 1 y 2 mostrando la zona donde se realizó la investigación



3.1. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

El enfoque de este trabajo de investigación está dirigido hacia el estudio del aumento los tiempos productivos, reduciendo los tiempos no contributorios de la mano de obra mitigando las ineficiencias que se desarrollan en un sistema de producción, que en este caso es la “producción de muros pantalla”. Dado que este sistema de producción contiene varios procesos para su realización, se van a medir los tiempos de una manera global (medición del nivel general de actividad de obra), se va a tomar datos sobre la actividad general de obra tantas veces como sea necesaria para reproducir de manera cercana lo que sucede en el sistema de producción. Conjuntamente también se va a recoger información sobre la cantidad de horas-hombre, el metrado de avance diario y las posibles causas de problemas detectados en obra. Las mediciones de tiempo se toman a lo largo de la jornada de trabajo, se van a tomar datos durante tres días (una muestra por día) en donde el volumen y las condiciones de trabajo sean similares, y que a su vez se realicen los mismos procesos para así poder observar lo que pasa en la obra y de alguna manera comparar estos días, con las tres muestras, se hará una evaluación de ellas para ver qué porcentaje del tiempo empleado en la realización de muros pantalla es “no contributorio”.

El estudio realizado tiene validez en cuanto a la forma de aplicar los métodos conocidos con fines experimentales y los resultados no pueden ser usados para ser tomados en cuenta cuando se produzcan muros pantalla, debido a que las condiciones y características de cada proyecto son distintas y únicas en su tipo. El estudio se realiza única y específicamente en muros pantalla, estos poseen un espesor que varían de 40 a 60cm y se limitó la obtención de datos a los procesos que estaban inmersos dentro del sistema de producción de los muros pantalla y que estén realizados por la empresa para la cual se desarrollaba la investigación, y, que, además, tengan un flujo continuo sin que otros agentes (como empresas subcontratadas) interfieran en los procesos que la empresa desarrollaba.

Para la recolección de datos de productividad se limitó a recoger datos del personal que estaba haciendo actividades (sean productivas, contributorias o no contributorias) únicamente para el sistema de producción de muros pantalla, puesto que el levantamiento de datos fuera del interés de la producción de muros pantalla, arrojaría datos erróneos para nuestra medición. Debido a que el sistema de producción abarca varios procesos, se presenta Flujogramas de los respectivos procesos inmersos en el sistema de producción con su respectiva distribución en planta.

3.1.1. Diagrama de flujo

Los diagramas de flujo (o flujogramas) son diagramas que emplean símbolos gráficos para representar los pasos o etapas de un proceso. También permiten describir la secuencia de los distintos pasos o etapas y su interacción. Las personas que no están directamente involucradas en los procesos de realización del producto o servicio, tienen imágenes idealizadas de los mismos, que pocas veces coinciden con la realidad. La creación del diagrama de flujo es una actividad que agrega valor, pues el proceso que representa está ahora disponible para ser analizado, no sólo por quienes lo llevan a cabo, sino también por todas las partes interesadas que aportarán nuevas ideas para cambiarlo y mejorarlo. Un diagrama de flujo siempre tiene un único punto de inicio y un único punto de término. Además, todo camino de ejecución debe permitir llegar desde el inicio hasta el término.

Simbología y Significado

Óvalo o rectángulo ovalado: Inicio y término (Abre y/o cierra el diagrama).

Rectángulo: Actividad (Representa la ejecución de una o más actividades o procedimientos).

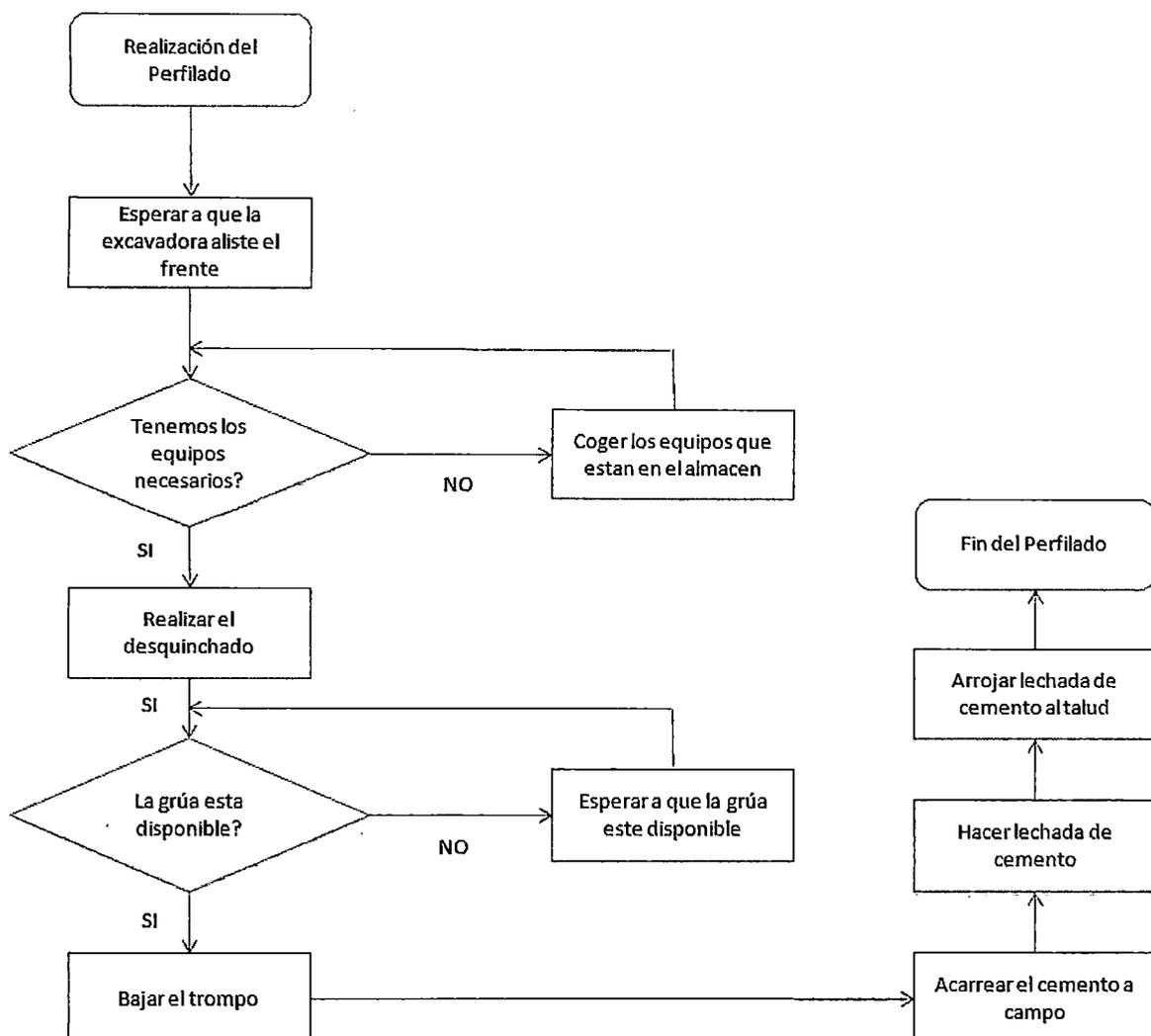
Rombo: Decisión (Formula una pregunta o cuestión).

Círculo: Conector (Representa el enlace de actividades con otra dentro de un procedimiento).

Triángulo boca abajo: Archivo definitivo (Guarda un documento en forma permanente).

Triángulo boca arriba: Archivo temporal (Proporciona un tiempo para el almacenamiento del documento).

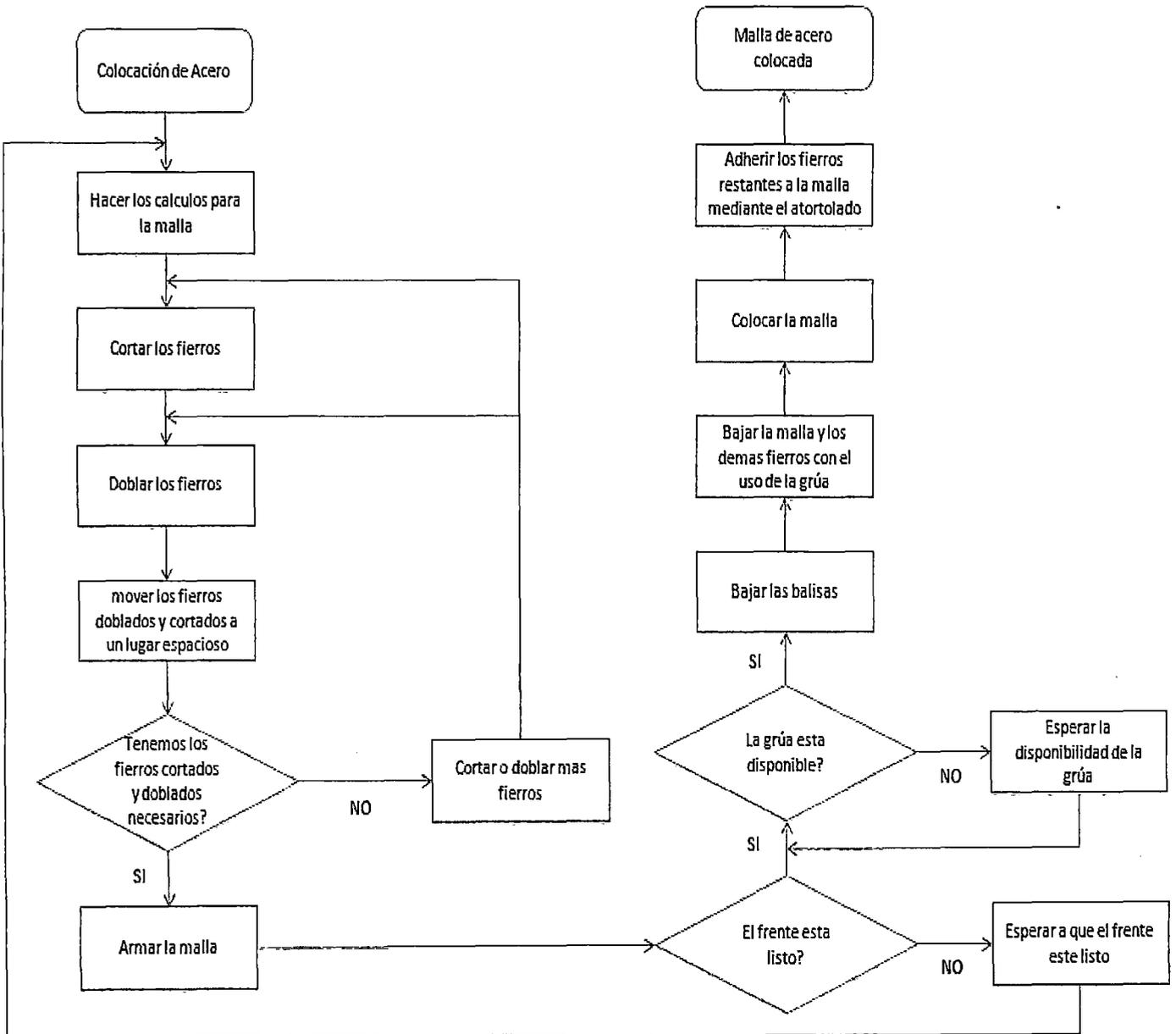
➤ Diagrama de Flujo del Proceso de Perfilado



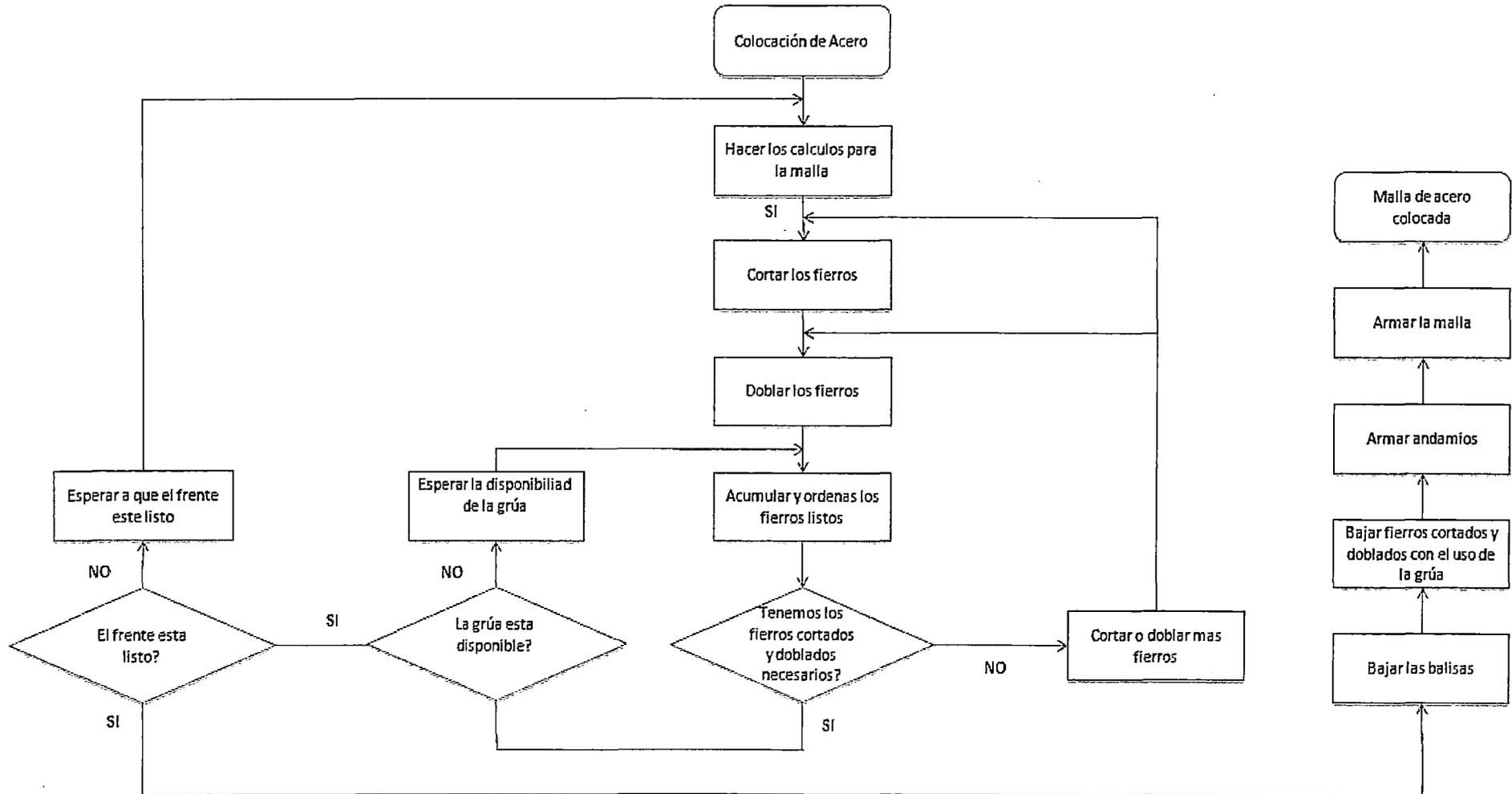
➤ Diagrama de Flujo del Proceso de Instalación de Armadura

El proceso de enmallado de los muros pantalla se hizo de dos maneras, que se diferenciaron esencialmente en el colocado ya que algunas armaduras fueron tejidas en el taller y bajadas a campo con el uso de la grúa y otras fueron tejidas directamente en el muro ya perfilado. Cabe señalar que para la realización este proceso se puede diferenciar dos etapas, el habilitado y el colocado, estando separados por la pregunta "el frente está listo?" en los diagramas realizados.

1° Caso:

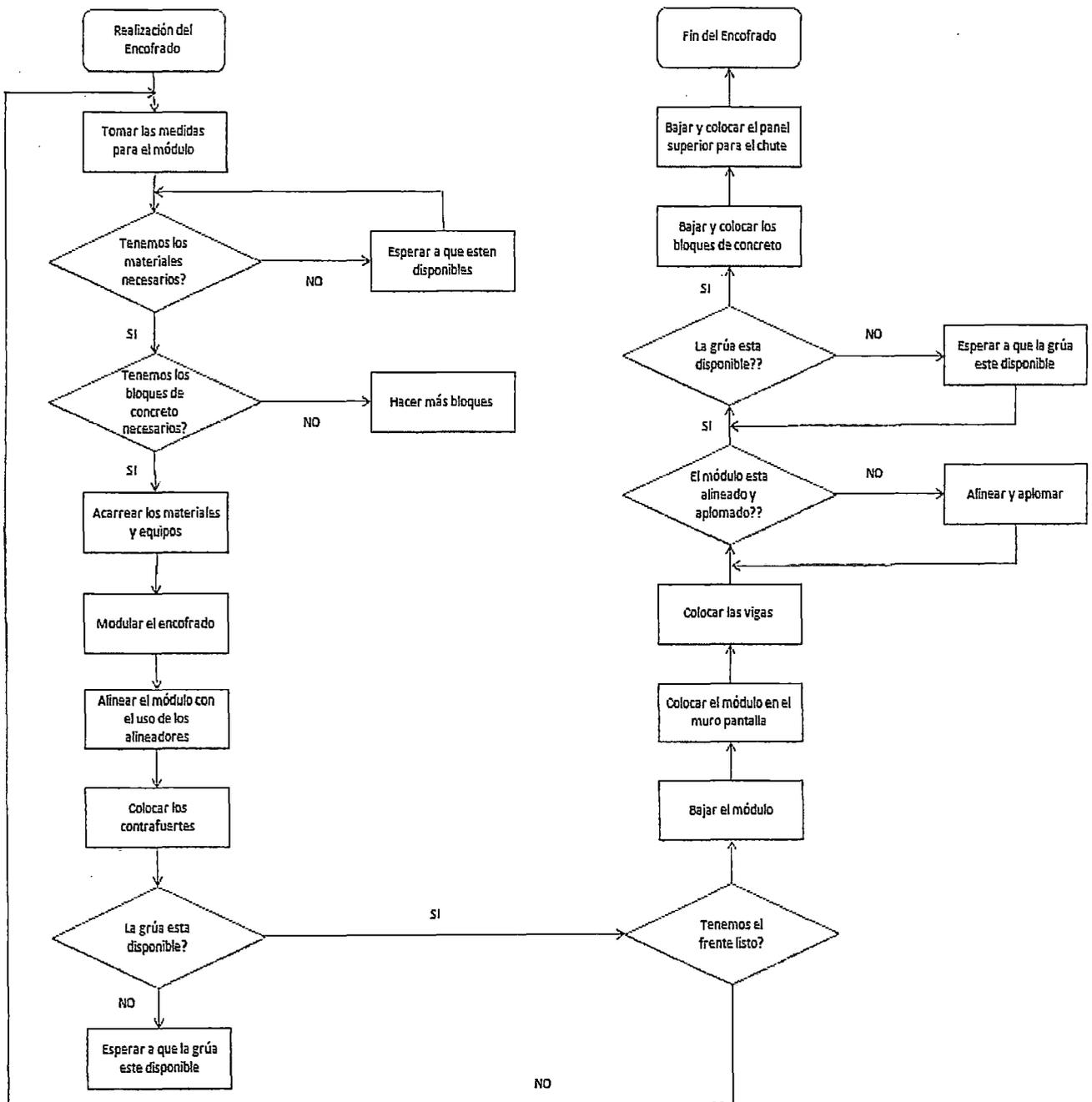


2° Caso:



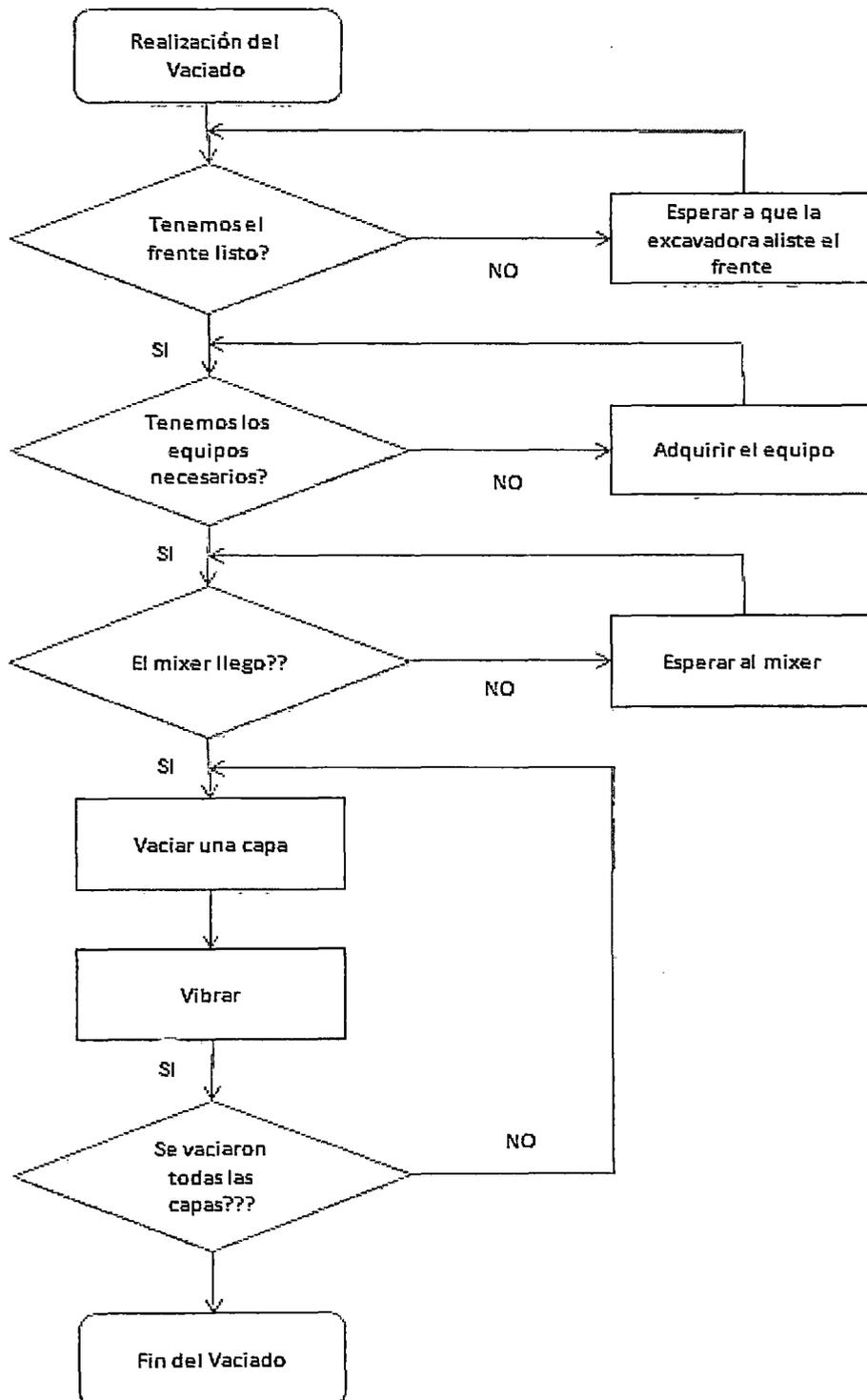
➤ Diagrama de Flujo del Proceso de Encofrado

El proceso consiste en armar los módulos de encofrado en el taller, si el frente está listo se baja el modulo y se coloca el modulo, si no está el frente listo, se debe seguir armando módulos para el siguiente muro pantalla, siempre y cuando los materiales sigan disponibles ya que puede ser que todos los materiales estén siendo usados en muros pantalla que aun no han sido desencofrados, y que no haya disponibles y/o falten algunos de estos.



➤ Diagrama de Flujo del Proceso de Vaciado

El proceso consiste en esperar que el proceso anterior termine y que el mixer llegue con el material para poder realizar el proceso de vaciado con los equipos necesarios para ello.



3.1.2. Distribución en Planta (Layout Plant)

➤ Perfilado

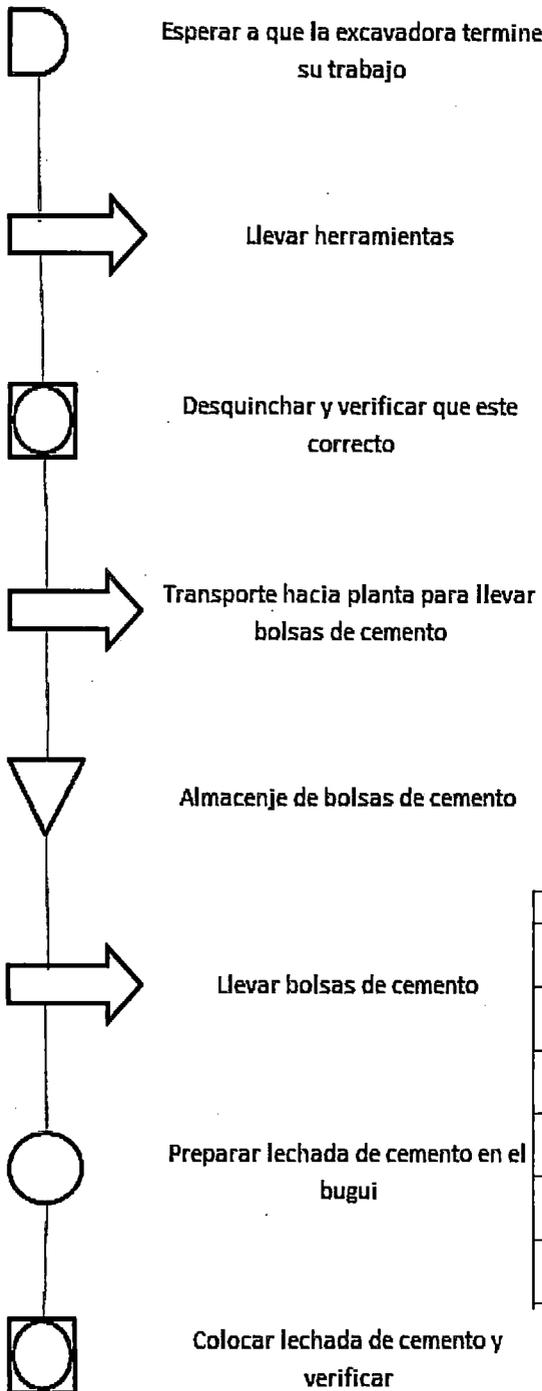


Fig.3.6 Distribución en Planta de la Cuadrilla de Excavación

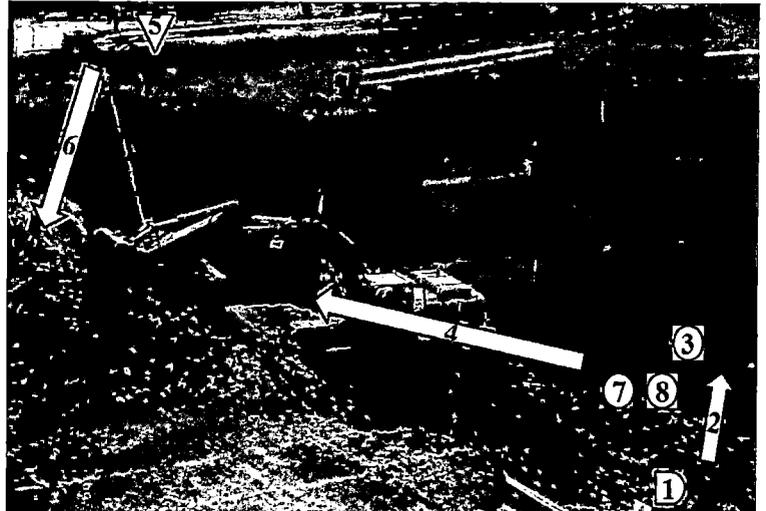


Tabla 3.2: Simbología y Descripción de la Distribución en Planta

Descripción del Proceso	Simbolo	
Numero de Esperas	D	1
Numero de traslados	➔	3
Numero de actividades combinadas	⊠	2
Numero de Almacenaje	▽	1
Numero de operaciones	○	1
Distancia recorrida		50.28m

➤ **Acero**

El proceso de enmallado de los muros pantalla se hizo de dos maneras, a continuación se presentan las dos distribuciones en planta en que se realizó el proceso:

- 1° caso:

Este caso consta de armar toda la malla en el taller para luego ser bajado con el uso de la grúa cuando está disponible y cuando el frente de trabajo se encuentre listo, si la grúa y/o el frente no están listos, se procede a seguir armando mayas para otros frentes.

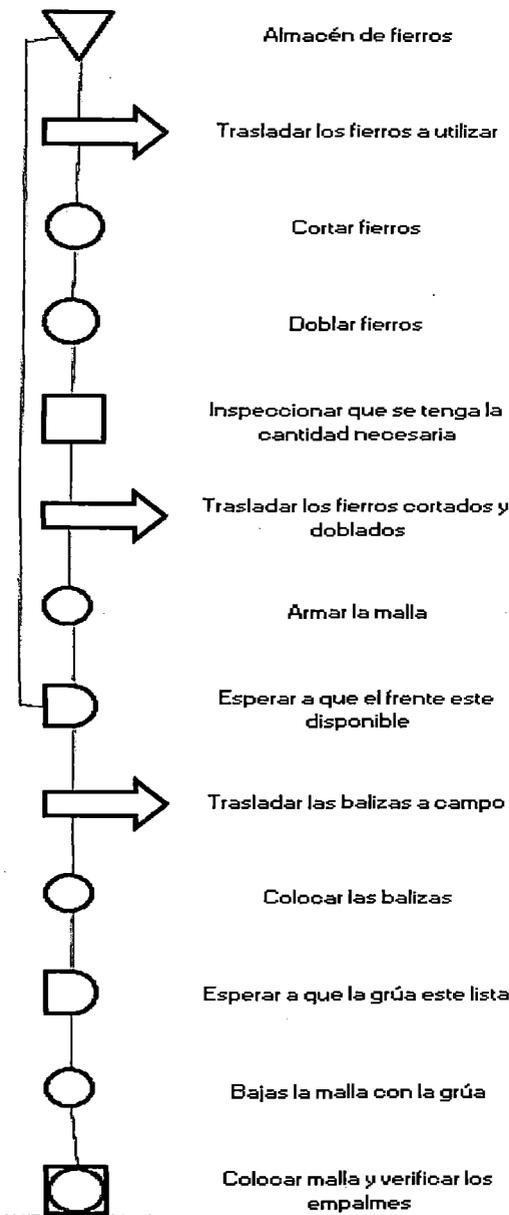


Fig.3.7 Distribución en Planta de la Cuadrilla de Acero

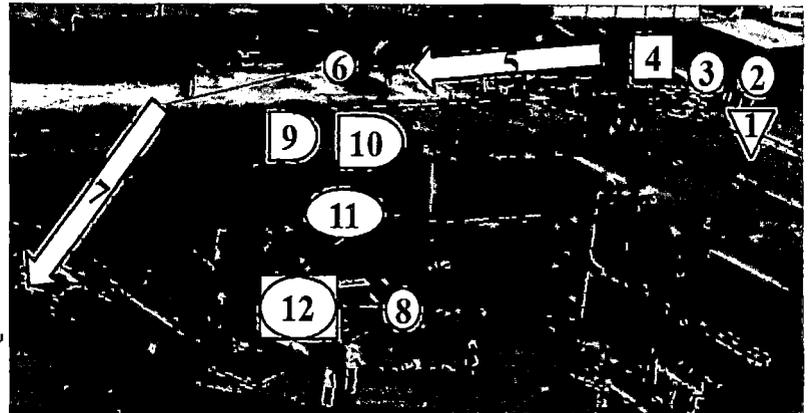


Tabla 3.3: Simbología y Descripción de la Distribución en Planta

Descripcion del Proceso	Simbolo	
Numero de Esperas	D	2
Numero de traslados	➔	2
Numero de actividades combinadas	○ □	1
Numero de Almacenaje	▽	1
Numero de operaciones	○	5
Numero de Inspecciones	□	1
Distancia recorrida		67.54

- 2° Caso:

En este caso la malla se arma insitu, en campo, lo único que se hace en el taller es cortar y doblar los fierros, luego se almacena en un lugar específico para que la grúa lo baje cuando esté disponible la grúa y el frente, si no es así, se sigue cortando y doblando fierros para otras mayas.

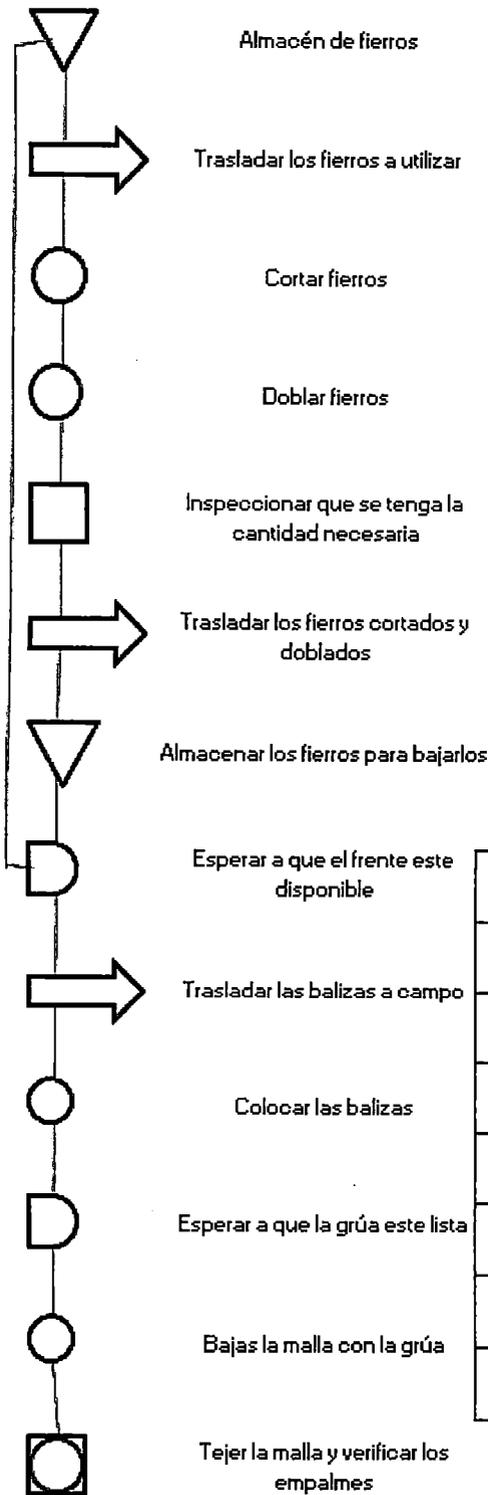


Fig.3.8 Distribución en Planta de la Cuadrilla de Acero

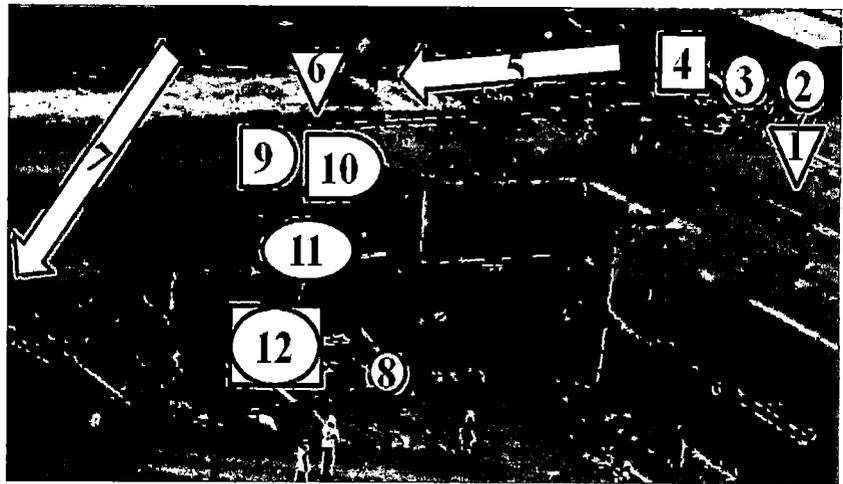


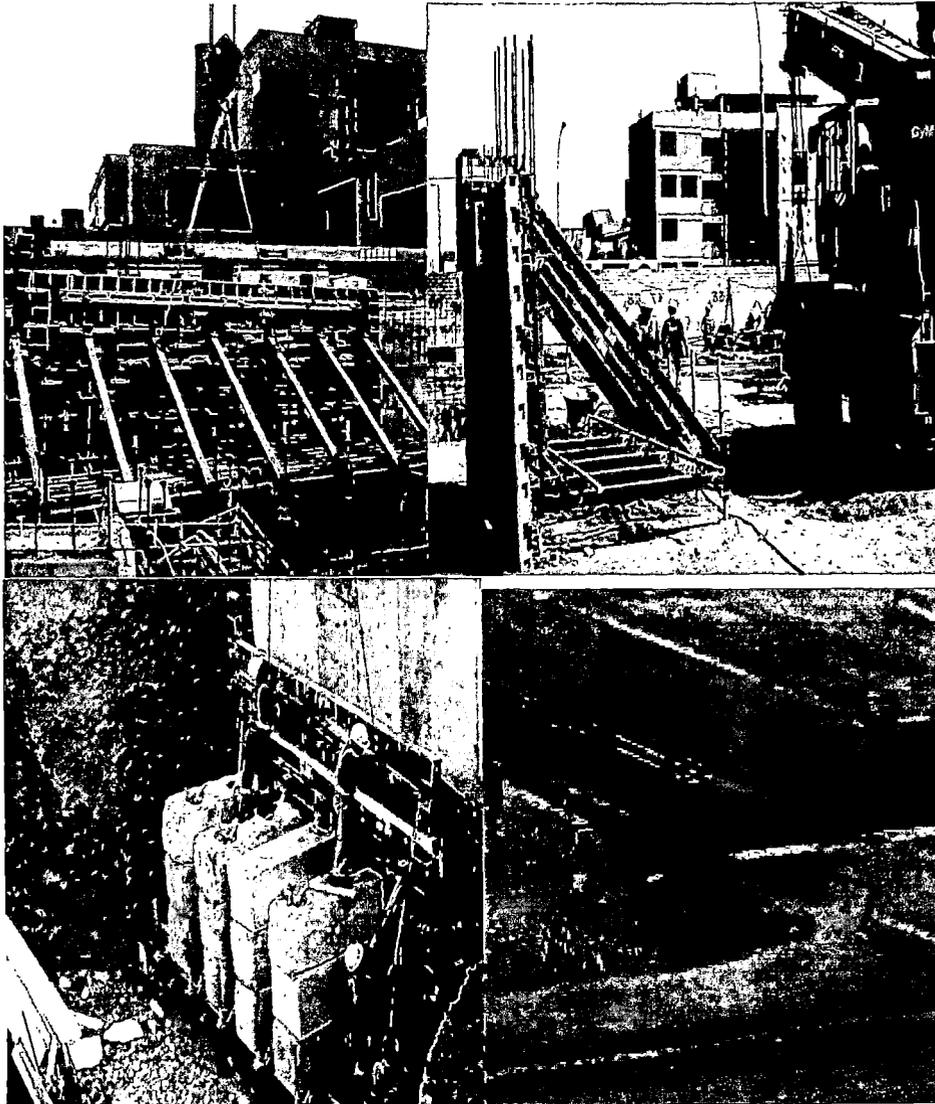
Tabla 3.4: Simbología y Descripción de la Distribución en Planta

Descripción del Proceso	Simbolo	
Numero de Esperas	D	2
Numero de traslados	→	2
Numero de actividades combinadas	○	1
Numero de Almacenaje	▽	2
Numero de operaciones	○	4
Numero de Inspecciones	□	1
Distancia recorrida		67.54

➤ Encofrado

El encofrado consta en tomar las medidas del muro que se encuentran en los planos, luego tomar la cantidad el material necesario y colocarlo en un punto específico para armar el modulo, mientras tanto la grúa está moviendo bloques de concreto de donde están almacenados al mismo punto específico donde se está armando el modulo. Para bajar el modulo, se tiene que esperar a que el frente, la excavadora y la grúa estén listas, pus la excavadora esta relleno el terreno con la gente del excavación y la grúa está llevando los bloques de un lado a otro, luego se baja el modulo con la grúa, posteriormente los bloques y luego el chute.

Fig.3.9 El modulo de encofrado antes de ser colocado y colocado



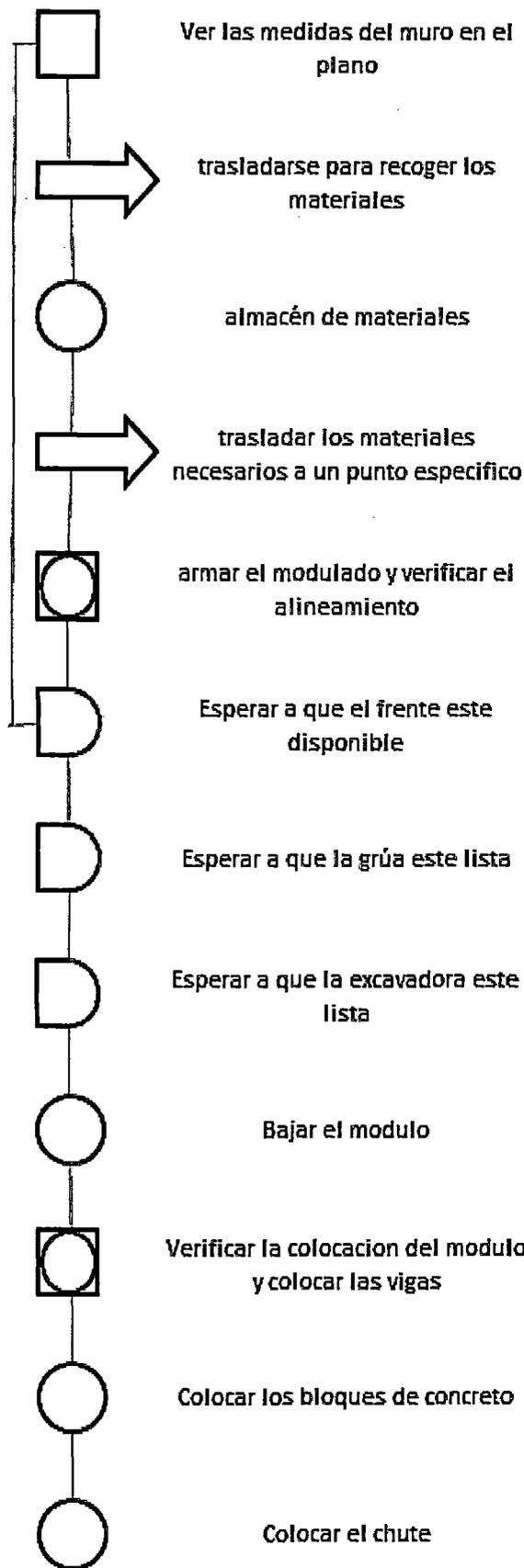


Fig.3.10 Distribución en Planta de la Cuadrilla de Encofrado

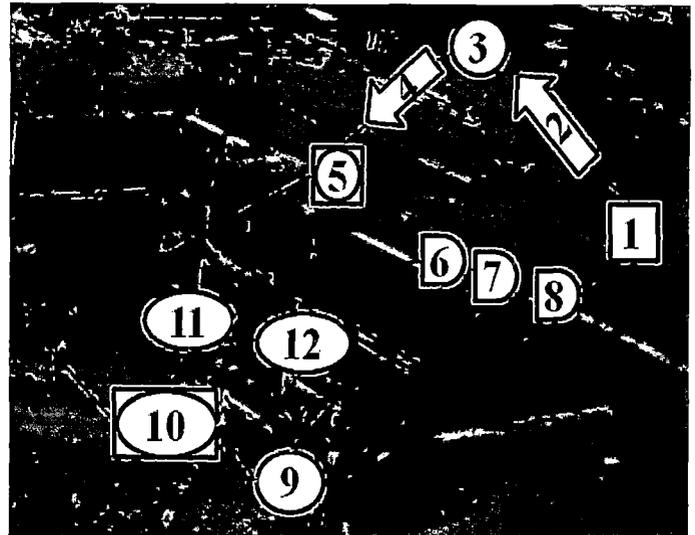


Tabla 3.5: Simbología y Descripción de la Distribución en Planta

Descripción del Proceso	Símbolo	
Numero de Esperas	D	3
Numero de traslados	→	2
Numero de actividades combinadas	○	2
Numero de Almacenaje	▽	0
Numero de operaciones	○	4
Numero de Inspecciones	□	1
Distancia recorrida		34.6

➤ **Vaciado**

El proceso del vaciado consta en trasladarse a campo con los materiales necesarios, inspeccionar que el encofrado este correcto, esperar que el mixer ya esté listo para el vaciado y por ultimo proceder a vaciar y vibrar en capas.

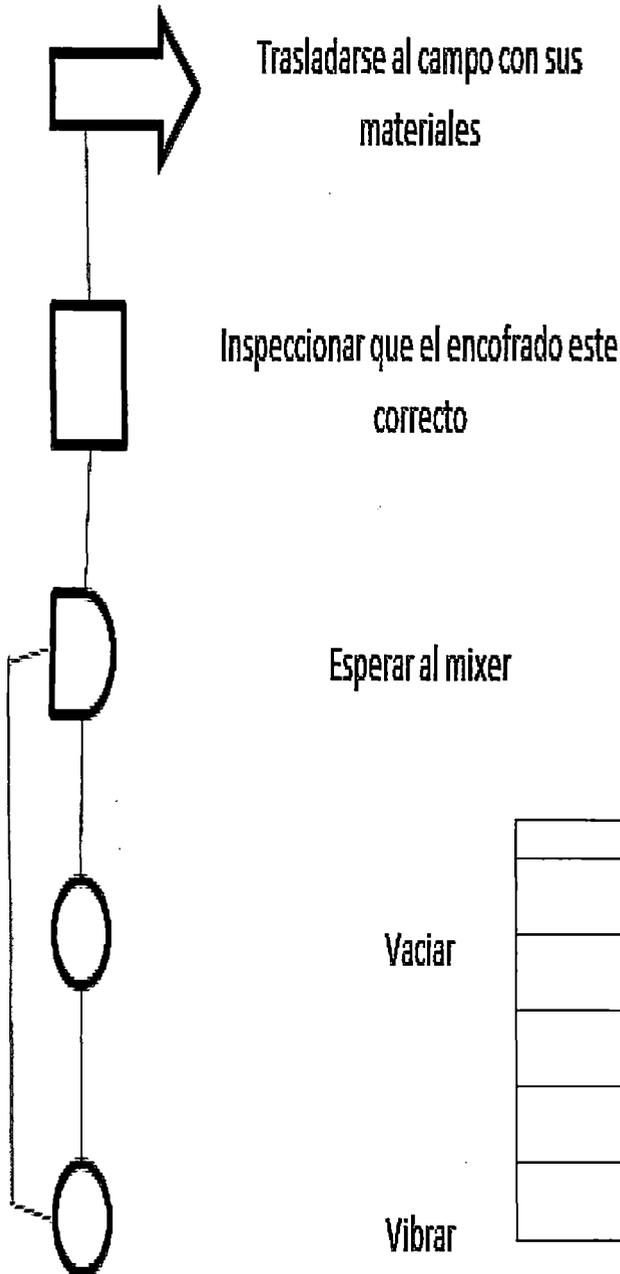


Fig.3.11 Distribución en Planta de la Cuadrilla de Concreto

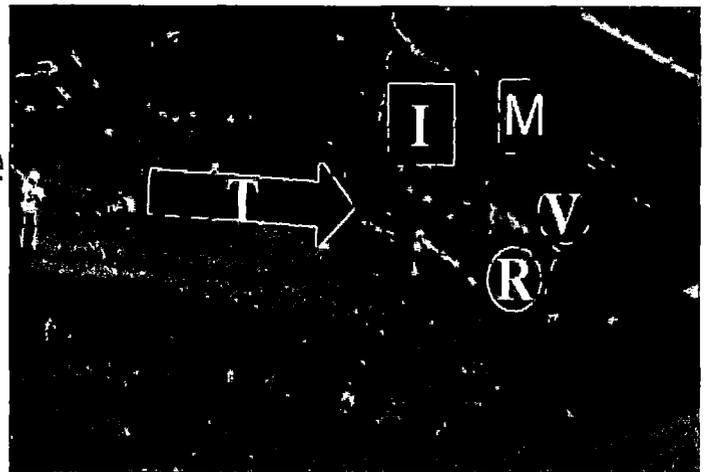


Tabla 3.6: Simbología y Descripción de la Distribución en Planta

Descripción del Proceso	Simbolo	
Numero de Esperas	D	1
Numero de traslados	➔	1
Numero de operaciones	○	2
Numero de Inspecciones	□	1
Distancia recorrida		23.86

3.2. LA PRODUCTIVIDAD EN EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE MUROS PANTALLA

La medición se realizó para el sistema de producción de muros pantalla en el tercer sótano. El número de personas para las cuadrillas del sistema de producción de muros pantalla fue consultado con los capataces de cada cuadrilla, debido a que el número original de las cuadrillas fue partido para hacer al mismo tiempo otro sistema de producción (placas). Las cuadrillas involucradas en la producción de muros pantalla son excavación, acero, encofrado, concreto, topografía y seguridad que realizan los diferentes procesos inmersos en el sistema de producción. La jornada de trabajo se da inicio a las 7:30am y tiene fin cuando las tareas programadas para el día hayan sido completas, es decir, el horario de salida no está definido, el horario de refrigerio es único y está establecido de 12:00m a 1:00pm. El entorno de trabajo en el estudio es de alto riesgo pues están propuestos a derrumbe por ser taludes a tajo abierto, con esto se tiene que, el personal de trabajo posee sus equipos de protección personal completos. Se está utilizando una excavadora de $1m^3$, una excavadora pequeña y una grúa de 30Tn. Las actividades realizadas han sido clasificadas como trabajos productivos, trabajos contributorios y trabajos no contributorios, siendo señaladas las actividades contributorias y no contributorias.

Tiempo Productivo (TP): Trabajo que aportan en forma directa a la producción como asentar ladrillos, vaciar concreto, etc.

Tiempo Contributorio: Trabajo de apoyo, que debe ser realizado para que pueda ejecutarse el trabajo productivo. Actividad aparentemente necesaria, pero que no aporta valor. Es una pérdida de segunda categoría, por ejemplo, recibir o dar instrucciones, leer planos, mediciones, transporte, entre otras.

Tiempo No Contributorio: Cualquier actividad que no genere valor, y que caiga directamente en la categoría de pérdida. Son actividades que no son necesarias, tienen un costo y no agregan valor, por ejemplo, esperas, descansos, Retrabajos, entre otras. [7]

Tabla 3.7: Nombre, Simbología y Descripción de las actividades contributorias y no contributorias detectadas en el perfilado

	Actividad	Código	Descripción
TC	Transporte	T	Lleva material de un lugar a otro
	Limpieza	L	Limpiar campo y/o planta
	Medición	ME	Algún tipo de medición
	Dar/recibir	I	Dar y/o recibir algún tipo de instrucción
	Instrucciones		
	Preparar/echar	LC	Preparar y/o echar lechada de cemento en un talud
	Lechada de Cemento		
	Seguridad	Se	La seguridad en el trabajo
	Colocación de	An	La instalación de los andamios en campo
	Andamios		
	Cortes	C	Algún tipo de corte adicional
	Otros	X	Alguna otra actividad contributoria
TNC	Conversar	N	Conversar en horas de trabajo
	Ingerir Alimentos	IA	Comer dentro del horario de trabajo (no incluyen almuerzos)
	Espera – grúa	EG	Esperas debido al uso de la grúa
	Espera – excavadora	EE	Esperas debido al uso de la excavadora
	Espera – frente	EF	Esperas por demoras de las cuadrillas anteriores
	Retrabajo	Re	Volver a realizar un trabajo
	Viajes	V	Trasladarse de un lugar a otro sin un fin determinado
	Distracciones	D	Distraerse en horario de trabajo
	Celulares	Cel	Llamadas al celular
	Descanso	De	Descansar en hora de trabajo
Otros	Y	Otras actividades no contributorias como ir al baño, entre otras.	

Tabla 3.8: Nombre, Simbología y Descripción de las actividades contributorias y no contributorias detectadas en el armado y colocación de acero

	Actividad	Código	Descripción
TC	Transporte	T	Llevar material de un lugar a otro
	Limpieza	L	Limpiar campo y/o planta
	Medición	ME	Algún tipo de medición
	Dar/recibir Instrucciones	I	Dar y/o recibir algún tipo de instrucción
	Seguridad	Se	La seguridad en el trabajo
	Colocación de Andamios	An	La instalación de los andamios en campo
	Colocar balizas	CB	Colocar balizas
	Colocar dados	CD	Colocar dados de concreto
	Cortes	C	Algún tipo de corte adicional
	Otros	X	Alguna otra actividad contributoria
TNC	Conversar	N	Conversar en horas de trabajo
	Ingerir Alimentos	IA	Comer dentro del horario de trabajo (no incluyen almuerzos)
	Espera – grúa	EG	Esperas debido al uso de la grúa
	Espera – frente	EF	Esperas por demoras de las cuadrillas anteriores
	Retrabajo	Re	Volver a realizar un trabajo
	Viajes	V	Trasladarse de un lugar a otro sin un fin determinado
	Distracciones	D	Distraerse en horario de trabajo
	Celulares	Cel	Llamadas al celular
Descanso	De	Descansar en hora de trabajo	
Otros	Y	Otras actividades no contributorias como ir al baño, entre otras.	

Tabla 3.9: Nombre, Simbología y Descripción de las actividades contributorias y no contributorias detectadas en el armado y colocación de encofrado

	Actividad	Código	Descripción
TC	Transporte	T	Lleva material de un lugar a otro
	Limpieza	L	Limpiar campo y/o planta
	Medición	ME	Algún tipo de medición
	Dar/recibir	I	Dar y/o recibir algún tipo de instrucción
	Instrucciones		
	Seguridad	Se	La seguridad en el trabajo
	Armado/desarmado de encofrado	DDE	Armado y desarmado de módulos de encofrado
	Colocar balizas	CB	Colocar balizas
	Colocar dados	CD	Colocar datos de concreto
	Cortes	C	Algún tipo de corte adicional
	Bloques de concreto	BC	Colocar los bloques en el encofrado para mayor resistencia al deslizamiento y al volteo
	Otros	X	Alguna otra actividad contributoria
TNC	Conversar	N	Conversar en horas de trabajo
	Ingerir Alimentos	IA	Comer dentro del horario de trabajo (no incluyen almuerzos)
	Espera – grúa	EG	Esperas debido al uso de la grúa
	Espera – excavadora	EE	Esperas debido al uso de la excavadora
	Espera – frente	EF	Esperas por demoras de las cuadrillas anteriores
	Retrabajo	Re	Volver a realizar un trabajo
	Viajes	V	Trasladarse de un lugar a otro sin un fin determinado
	Distracciones	D	Distraerse en horario de trabajo
	Celulares	Cel	Llamadas al celular

	Descanso	De	Descansar en hora de trabajo
	Otros	Y	Otras actividades no contributorias como ir al baño, entre otras.

Tabla 3.10: Nombre, Simbología y Descripción de las actividades contributorias y no contributorias detectadas en el vaciado

	Actividad	Código	Descripción
TIC	Transporte	T	Lleva material de un lugar a otro
	Limpieza	L	Limpiar campo y/o planta
	Medición	ME	Algún tipo de medición
	Dar/recibir	I	Dar y/o recibir algún tipo de instrucción
	Instrucciones		
	Seguridad	Se	La seguridad en el trabajo
	Colocación de Andamios	An	La instalación de los andamios en campo
	Hacer dados	HD	Preparar dados de concreto
	Otros	X	Alguna otra actividad contributoria
TNC	Conversar	N	Conversar en horas de trabajo
	Ingerir Alimentos	IA	Comer dentro del horario de trabajo (no incluyen almuerzos)
	Espera – frente	EF	Esperas por demoras de las cuadrillas anteriores
	Retrabajo	Re	Volver a realizar un trabajo
	Viajes	V	Trasladarse de un lugar a otro sin un fin determinado
	Distracciones	D	Distraerse en horario de trabajo
	Celulares	Cel	Llamadas al celular
	Descanso	De	Descansar en hora de trabajo
	Otros	Y	Otras actividades no contributorias como ir al baño, entre otras.

Tabla 3.11: Nombre, Simbología y Descripción de las actividades contributorias y no contributorias detectadas en topografía

	Actividad	Código	Descripción	Proceso
TC	Transporte	T	Lleva material de un lugar a otro	Todos
	Limpieza	L	Limpiar campo y/o planta	Todos
	Medición	ME	Algún tipo de medición	Todos
	Dar/recibir Instrucciones	I	Dar y/o recibir algún tipo de instrucción	Todos
	Otros	X	Alguna otra actividad contributoria	Todos
	TNC	Conversar	N	Conversar en horas de trabajo
Ingerir Alimentos		IA	Comer dentro del horario de trabajo (no incluyen almuerzos)	Todos
Espera – grúa		EG	Esperas debido al uso de la grúa	Todos
Espera – excavadora		EE	Esperas debido al uso de la excavadora	Todos
Espera – frente		EF	Esperas por demoras de las cuadrillas anteriores	Todos
Retrabajo		Re	Volver a realizar un trabajo	Todos
Viajes		V	Trasladarse de un lugar a otro sin un fin determinado	Todos
Distracciones		D	Distraerse en horario de trabajo	Todos
Celulares		Cel	Llamadas al celular	Todos
Descanso		De	Descansar en hora de trabajo	Todos
Otros		Y	Otras actividades no contributorias como ir al baño, entre otras.	Todos

Tabla 3.12: Nombre, Simbología y Descripción de las actividades contributorias y no contributorias detectadas en seguridad

	Actividad	Código	Descripción	Proceso
TC	Transporte	T	Lleva material de un lugar a otro	Todos
	Limpieza	L	Limpiar campo y/o planta	Todos

TNG	Dar/recibir Instrucciones	I	Dar y/o recibir algún tipo de instrucción	Todos
	Seguridad	Se	La seguridad en el trabajo	Todos
	Otros	X	Alguna otra actividad contributiva	Todos
	Conversar	N	Conversar en horas de trabajo	Todos
	Ingerir Alimentos	IA	Comer dentro del horario de trabajo (no incluyen almuerzos)	Todos
	Espera – frente	EF	Esperas por demoras de las cuadrillas anteriores	Todos
	Viajes	V	Trasladarse de un lugar a otro sin un fin determinado	Todos
	Distracciones	D	Distraerse en horario de trabajo	Todos
	Celulares	Cel	Llamadas al celular	Todos
	Descanso	De	Descansar en hora de trabajo	Todos
Otros	Y	Otras actividades no contributivas como ir al baño, entre otras.	Todos	

Para que la muestra obtenida en la jornada sea confiable se debe tomar como mínimo 384 datos según el método de muestreo de trabajo, entonces, al contar con cierta cantidad de trabajadores, necesitaríamos tomar cierto número de mediciones en instantes de tiempo aleatorios a todos los trabajadores del sistema de producción para así obtener más del mínimo de datos y así lograr que nuestro muestreo sea confiable. Así, en la primera muestra se hicieron 31 mediciones, en la segunda 37 mediciones y en la tercera 29 mediciones con las cuales sobrepasábamos el límite establecido.

Para la obtención de datos se nombró a los muros pantalla con diferentes códigos para el reconocimiento de los mismos, en la Fig.3.12 se muestra la codificación de los muros (1a, 1b, 1c, 1d, 2a, etc.), también se presenta el orden en el que van a ser vaciados (1, 2, 3, 4, 5), teniendo estimado que se van a vaciar tres muros pantalla por día. La elección de los muros vaciados para los días se tomó con el criterio de tener aproximadamente el mismo volumen de trabajo, debido a que a pesar de que los muros tienen una altura de 3.5m, el largo y el ancho es variable de acuerdo al diseño.

Fig.3.12: Codificación y orden de producción de los muros pantalla

	(P4)								(P15)			
	3a	3b	3c						4b	4c	4d	
5a	6			1a					1d			2c
2b	3		2		1b	3d	5b	1c	1			5c
4a	4				2	6	3	1				2d
2a	2											

La toma de datos se realizó en tres días consecutivos, obteniéndose resultados de cada medición que se muestra a continuación:

3.2.1. Muestra 1:

Para la realización del muestreo, correspondiente al primer día de obtención de datos y al segundo día de la producción de los muros pantalla, se tenían vaciadas las placas 1c, 1d y 2d (se procedería a encofrar 1a, 1b y 2a) los encofrados se encontraban avanzados en 1a y 1b, se encofraría la 2a (en la 2a la malla ya estaba colocada) así que luego del encofrado se procedió a vaciar, se colocaron mallas en 5b y 2b. A continuación se muestran los datos generales para el día de medición.

Fecha	:	04/06/10
Nº de mediciones	:	31
Composición de cuadrilla:	Encofrado	: 6 personas
	Excavación	: 8 personas
	Concreto	: 4 personas
	Acero	: 6 personas
	Topografía	: 2 personas
	Seguridad	: 2 personas

Los cuadros con los datos recogidos en la primera medición se muestran en el **ANEXO 3**. De los datos tomados en la muestra, se obtienen los resultados mostrados en la tabla 3.13.

Tabla 3.13: Resultados de la distribución de tipos de trabajo para la primera medición

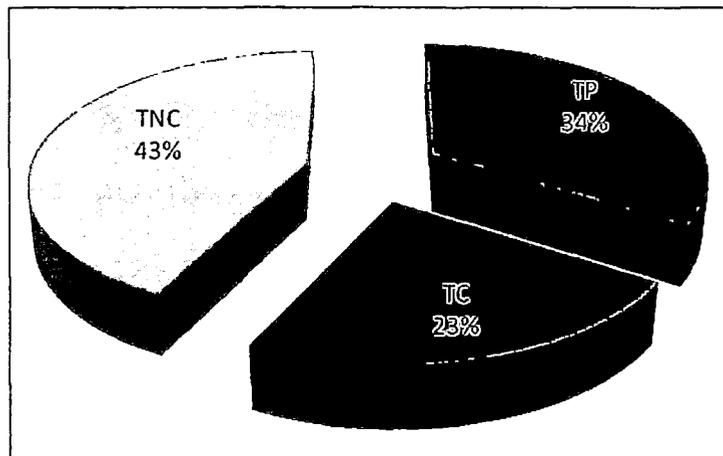
	TP	TC	TNC	Total
Datos (Und.)	201	139	253	593
Porcentaje (%)	33.90	23.44	42.66	100.00

Donde TP : Tiempo Productivo, TC: Tiempo Contributorio, TNC: Tiempo No Contributorio

Resultados gráficos para la muestra 1:

Se muestra la distribución del trabajo del primer día de muestreo, en la fig.3.13 se observan los resultados de la misma, donde se puede apreciar que el trabajo no contributorio es significativo para el trabajo realizado en el sistema de producción en estudio.

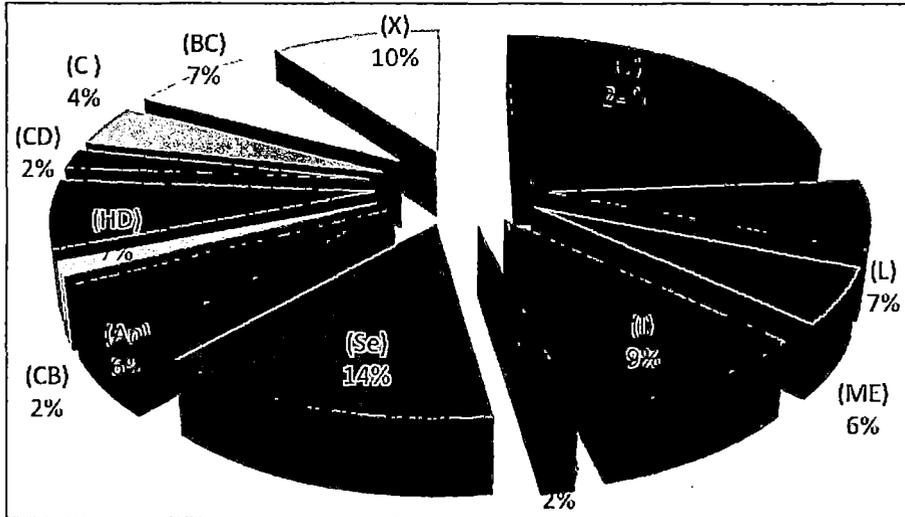
Fig.3.13: Distribución del Trabajo



Donde TP: Tiempo productivo, TC: Tiempo contributorio, TNC: Tiempo no contributorio

La distribución del trabajo contributorio desgregado en sus actividades se muestra en la fig.3.14.

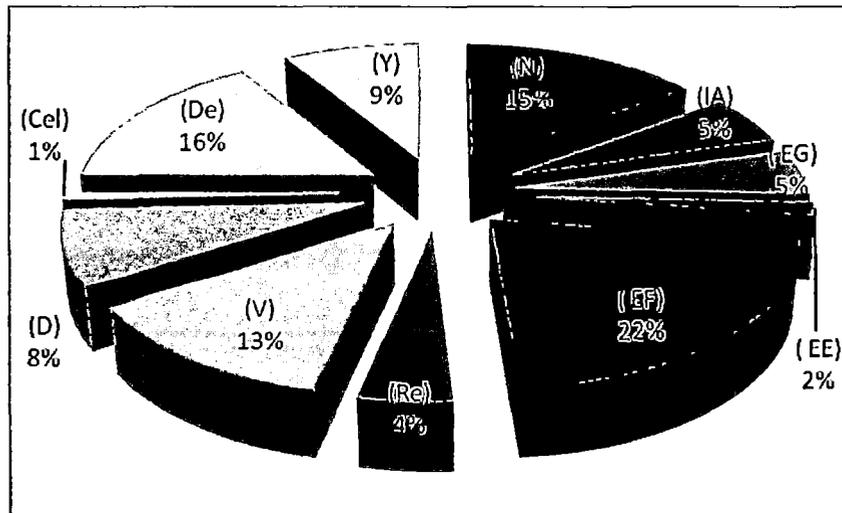
Fig.3.14: Distribución del Trabajo Contributorio



Donde T: Transportes, L: Limpieza, ME: Mediciones, I: Recibir/dar Instrucciones, LC: Preparar/Echar lechada de cemento, Se: Seguridad, An: Colocación de Andamios, CB: Colocar Balizas, HD: Hacer dados, CD: Colocar Dados, C: Cortes, BC: Bloques de concreto, X: Otros

La distribución del trabajo no contributorio desgregado en sus actividades se muestra en la fig.3.15.

Fig.3.15: Distribución del Trabajo No Contributorio



Donde N: Conversar, IA: Ingerir Alimentos, EG: Esperas-grúa, EE: Esperas-excavadora, EF: Esperas-frente, Re: Retrabajos, V: Viajes, D: Distracciones, Cel: Celulares, De: Descanso, Y: Otros

Respecto al desglose de las actividades hechas por cada cuadrilla se tiene lo siguiente:

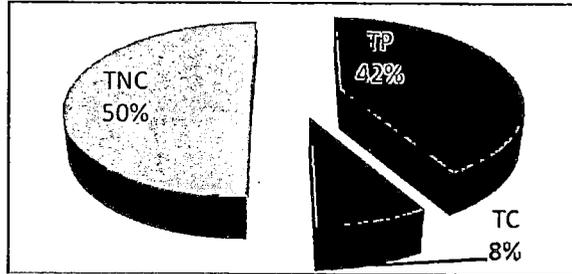
Tabla 3.14: Resultados de la Distribución del Tipo de trabajo para la Cuadrillas

				Tiempo Contributorio													Tiempo No Contributorio											
	TP	TC	TNC	(T)	(L)	(ME)	(I)	(LC)	(Se)	(An)	(DDE)	(CB)	(HD)	(CD)	(C)	(BC)	(X)	(N)	(IA)	(EG)	(EE)	(EF)	(Re)	(V)	(D)	(Cel)	(De)	(Y)
Excavación	65	13	79	4	3	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	2	12	8	0	4	16	3	11	7	1	14	3
acero	89	20	17	6	0	0	2	0	0	8	0	2	0	0	0	0	2	3	0	3	0	6	0	1	1	0	3	0
Encofrado	39	38	58	15	4	2	4	0	0	0	0	0	0	3	6	2	2	5	6	10	0	11	0	4	6	0	11	5
Concreto	8	30	61	6	2	0	0	0	4	0	0	0	10	0	0	0	8	9	0	0	0	21	8	8	4	0	6	5
Topografía	0	14	24	2	1	6	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	7	3	1	4	3
Seguridad	0	24	14	0	0	0	2	0	14	0	0	0	0	0	0	8	0	3	0	0	0	1	0	1	0	0	3	6

Donde T: Transportes, L: Limpieza, ME: Mediciones, I: Recibir/dar Instrucciones, LC: Preparar/Echar lechada de cemento, Se: Seguridad, An: Colocación de Andamios, DDE: Armado/Desarmado de encofrados, CB: Colocar Balizas, HD: Hacer dados, CD: Colocar Dados, C: Cortes, BC: Bloques de concreto, X: Otros, N: Conversar, IA: Ingerir Alimentos, EG: Esperas-grúa, EE: Esperas-excavadora, EF: Esperas-frente, Re: Retrabajos, V: Viajes, D: Distracciones, Cel: Celulares, De: Descanso, Y: Otros

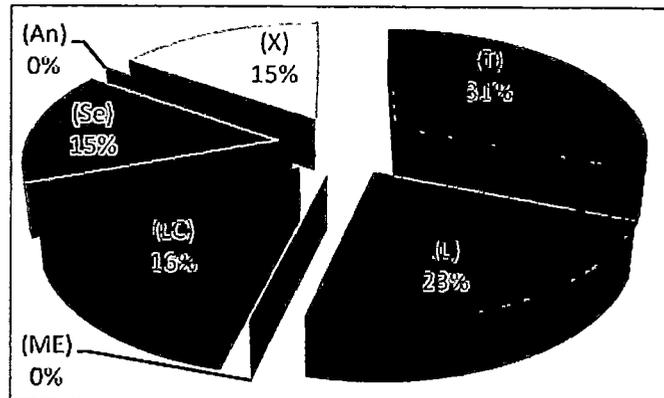
Para la cuadrilla de excavación se tiene lo siguiente:

Fig.3.16: Distribución del Trabajo de la Cuadrilla de Excavación



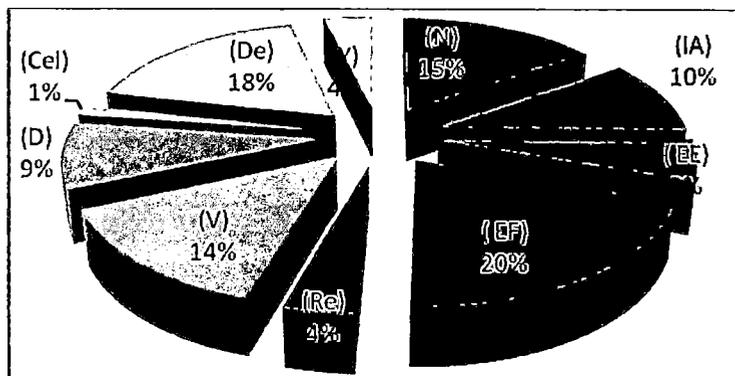
Donde TP: Tiempo productivo, TC: Tiempo contributorio, TNC: Tiempo no contributorio

Fig.3.17: Distribución del Trabajo Contributorio de la Cuadrilla de Excavación



Donde T: Transportes, L: Limpieza, ME: Mediciones, Se: Seguridad, LC: Preparar/Echar lechada de cemento, An: Colocación de Andamios, X: Otros

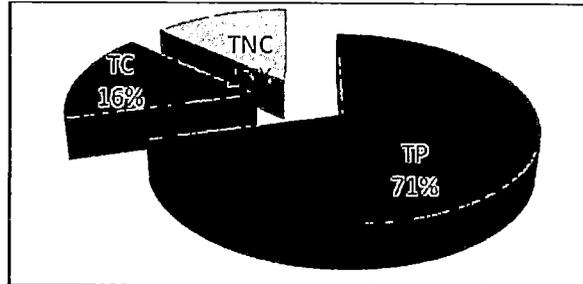
Fig.3.18: Distribución del Trabajo No Contributorio de la Cuadrilla de Excavación



Donde N: Conversar, IA: Ingerir Alimentos, EE: Esperas-excavadora, EF: Esperas-frente, Re: Retrabajos, V: Viajes, D: Distracciones, Cel: Celulares, De: Descanso, Y: Otros

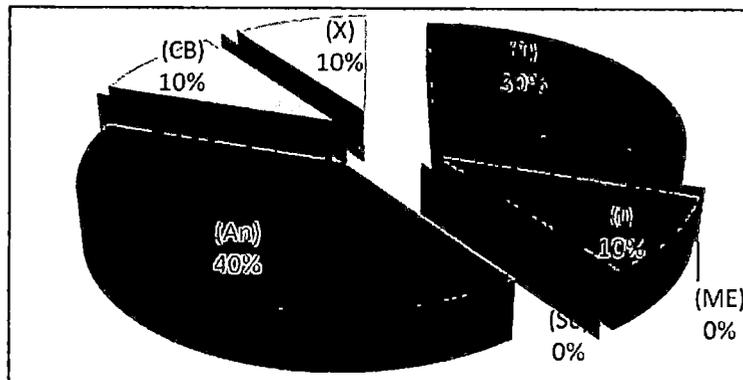
Para la cuadrilla de acero se tiene lo siguiente:

Fig.3.19: Distribución del Trabajo de la Cuadrilla de Acero



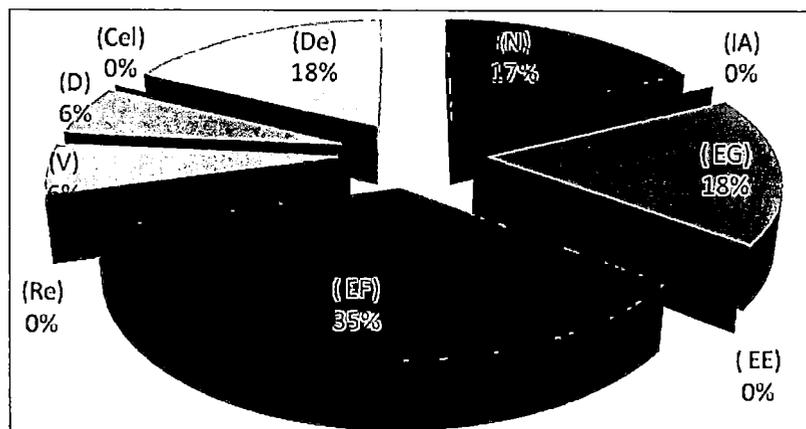
Donde TP: Tiempo productivo, TC: Tiempo contributorio, TNC: Tiempo no contributorio

Fig.3.20: Distribución del Trabajo Contributorio de la Cuadrilla de Acero



Donde T: Transportes, ME: Mediciones, I: Recibir/dar Instrucciones, Se: Seguridad, An: Colocación de Andamios, CB: Colocar Balizas, X: Otros

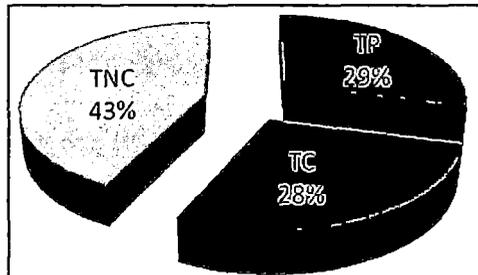
Fig.3.21: Distribución del Trabajo No Contributorio de la Cuadrilla de Acero



Donde N: Conversar, EG: Esperas-grúa, EE: Esperas-excavadora, EF: Esperas-frente, Re: Retrabajos, V: Viajes, D: Distracciones, Cel: Celulares, De: Descanso, Y: Otros

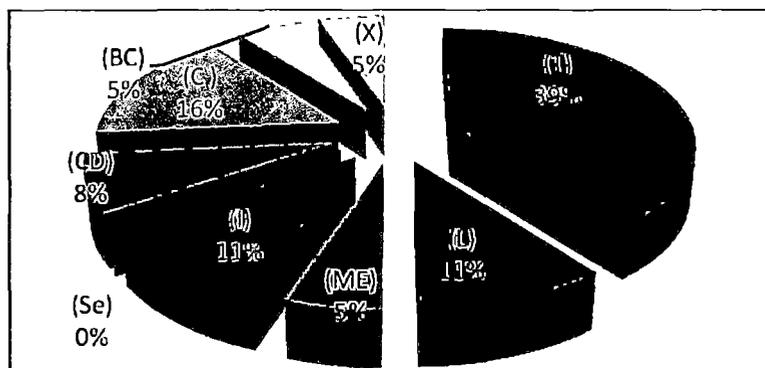
Para la cuadrilla de encofrado se tiene lo siguiente:

Fig.3.22: Distribución del Trabajo de la Cuadrilla de Encofrado



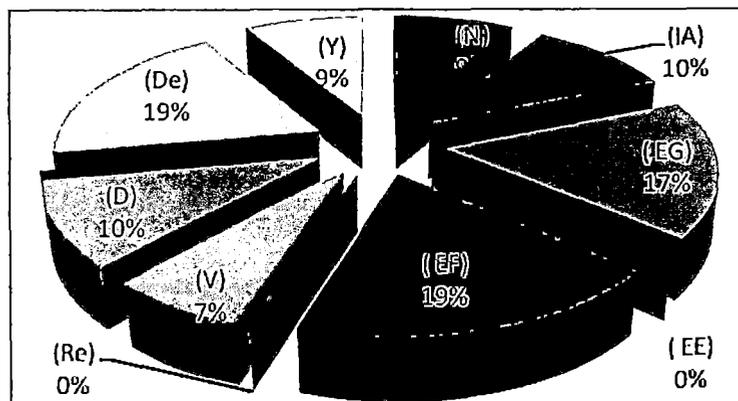
Donde TP: Tiempo productivo, TC: Tiempo contributivo, TNC: Tiempo no contributivo

Fig.3.23: Distribución del Trabajo Contributivo de la Cuadrilla de Encofrado



Donde T: Transportes, L: Limpieza, ME: Mediciones, I: Recibir/dar Instrucciones, Se: Seguridad, CD: Colocar Dados, C: Cortes, BC: Bloques de concreto, X: Otros

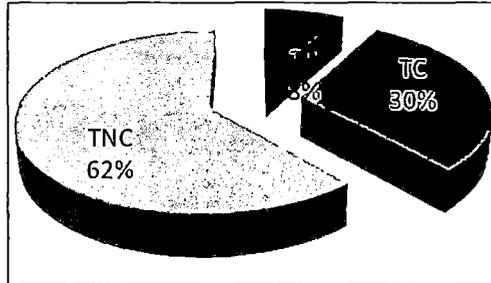
Fig.3.24: Distribución del Trabajo No Contributivo de la Cuadrilla de Encofrado



Donde N: Conversar, IA: Ingerir Alimentos, EG: Esperas-grúa, EE: Esperas-excavadora, EF: Esperas-frente, Re: Retrabajos, V: Viajes, D: Distracciones, De: Descanso, Y: Otros

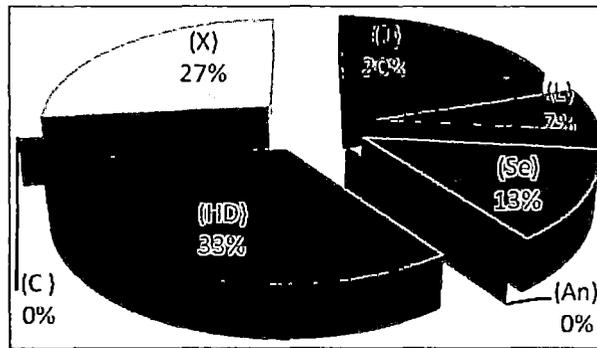
Para la cuadrilla de concreto se tiene lo siguiente:

Fig.3.25: Distribución del Trabajo de la Cuadrilla de Concreto



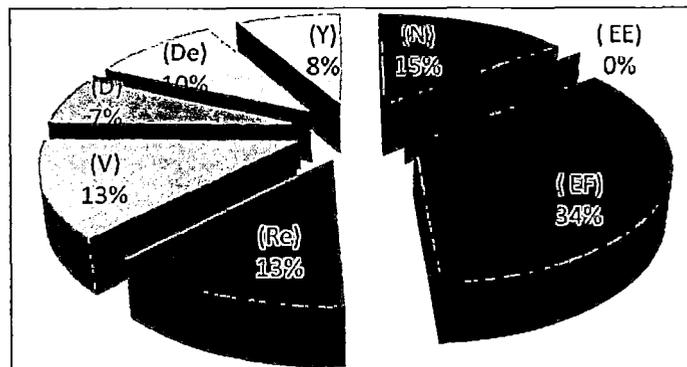
Donde TP: Tiempo productivo, TC: Tiempo contributorio, TNC: Tiempo no contributorio

Fig.3.26: Distribución del Trabajo Contributorio de la Cuadrilla de Concreto



Donde T: Transportes, L: Limpieza, Se: Seguridad, An: Colocación de Andamios, HD: Hacer dados, C: Cortes, X: Otros

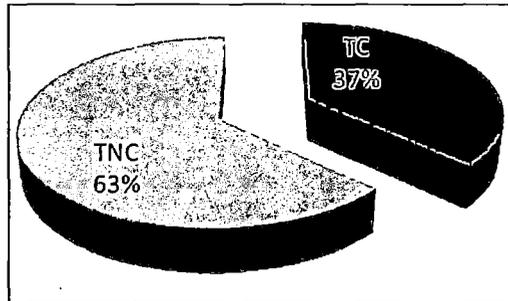
Fig.3.27: Distribución del Trabajo No Contributorio de la Cuadrilla de Concreto



Donde N: Conversar, EE: Esperas-excavadora, EF: Esperas-frente, Re: Retrabajos, V: Viajes, D: Distracciones, De: Descanso, Y: Otros

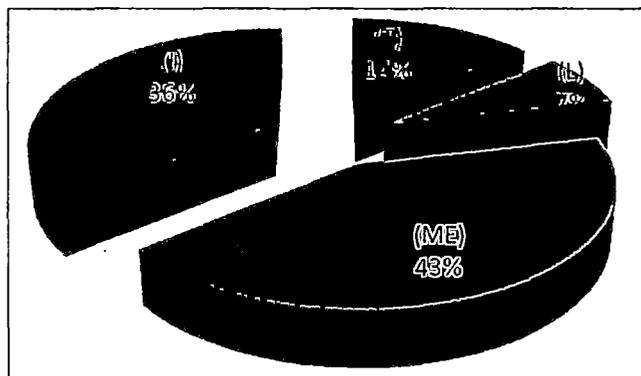
Para la cuadrilla de topografía se tiene lo siguiente:

Fig.3.28: Distribución del Trabajo de la Cuadrilla de Topografía



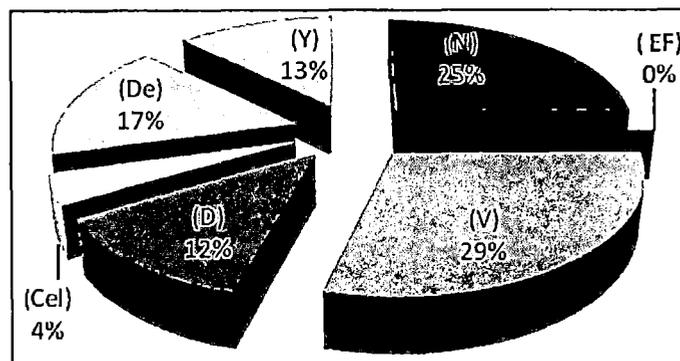
Donde TP: Tiempo productivo, TC: Tiempo contributorio, TNC: Tiempo no contributorio

Fig.3.29: Distribución del Trabajo Contributorio de la Cuadrilla de Topografía



Donde T: Transportes, L: Limpieza, ME: Mediciones, I: Recibir/dar Instrucciones.

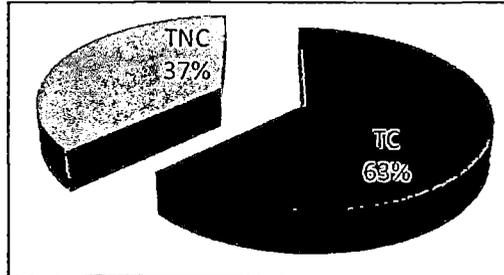
Fig.3.30: Distribución del Trabajo No Contributorio de la Cuadrilla de Topografía



Donde N: Conversar, EF: Esperas-frente, V: Viajes, D: Distracciones, Cel: Celulares, De: Descanso, Y: Otros

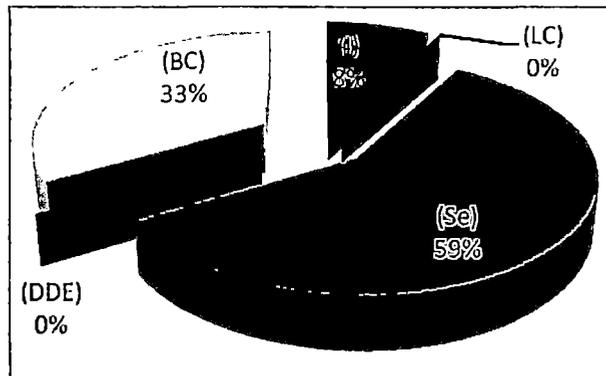
Para la cuadrilla de seguridad se tiene lo siguiente:

Fig.3.31: Distribución del Trabajo de la Cuadrilla de Seguridad



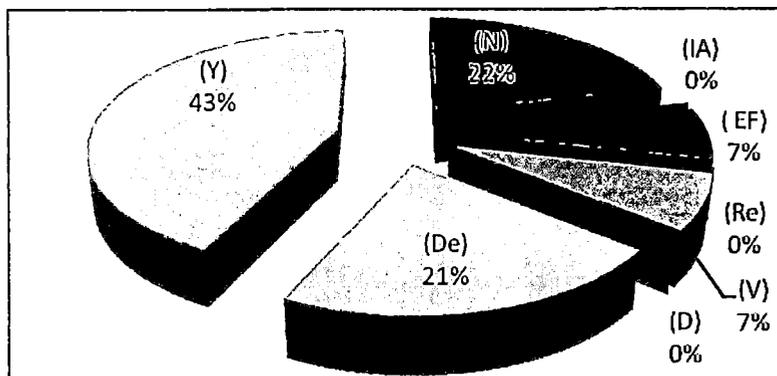
Donde TP: Tiempo productivo, TC: Tiempo contributivo, TNC: Tiempo no contributivo

Fig.3.32: Distribución del Trabajo Contributivo de la Cuadrilla de Seguridad



Donde I: Recibir/dar Instrucciones, LC: Preparar/Echar lechada de cemento, Se: Seguridad, DDE: Armado/Desarmado de encofrados, BC: Bloques de concreto.

Fig.3.33: Distribución del Trabajo No Contributivo de la Cuadrilla de Seguridad



Donde N: Conversar, IA: Ingerir Alimentos, EF: Esperas-frente, Re: Retrabajos, V: Viajes, D: Distracciones, De: Descanso, Y: Otros

Del desglose de las actividades para las cuadrillas se puede observar que la cuadrilla de acero es la más productiva con un 71% de tiempo productivo y la cuadrilla de concreto es la menos productiva con 8% de tiempo productivo, además se aprecia que la cuadrilla de topografía es la que realiza mayor tiempo no contributivo con un 63% del tiempo total consumido en la jornada, seguido por la cuadrilla de concreto con un 62% de tiempo no contributivo.

3.2.2. Muestra 2:

Para la realización de este muestreo, que corresponde al segundo día de recogimiento de datos y al tercer día de la producción de los muros pantalla, ya se tuvo colocada y nivelada la malla en el muro 2b; los muros 1a, 1b y 2a estaban listos para ser desencofrados, el muro 2c se encontraba casi desquinchado, se cuenta con las mismas cuadrillas y las mismas máquinas (retroexcavadora pequeña, excavadora de $1m^3$ y una grúa de 30tn). A continuación se muestran los datos generales para el día de medición.

Fecha	:	05/06/10
Nº de mediciones	:	37
Composición de cuadrilla:	Encofrado	: 6 personas
	Excavación	: 8 personas
	Concreto	: 4 personas
	Acero	: 6 personas
	Topografía	: 2 personas
	Seguridad	: 2 personas

Los cuadros con los datos recogidos en la segunda medición se muestran en el **ANEXO 4**. De los datos tomados en la medición, se obtiene los siguientes resultados:

Tabla 3.15: Resultados de la Distribución del tipo de trabajo para el Segundo Día de Medición

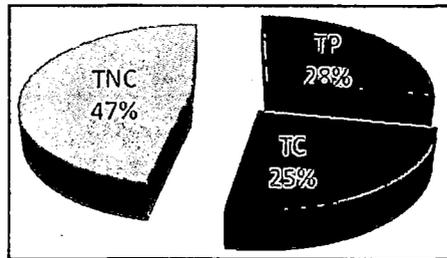
	TP	TC	TNC	Total
Datos (Und.)	162	144	272	578
Porcentaje (%)	28.03	24.91	47.06	100.00

Donde TP : Tiempo Productivo, TC: Tiempo Contributorio, TNC: Tiempo No Contributorio

Resultados gráficos para la muestra 2:

Se muestra la distribución del trabajo del segundo día de muestreo, en la fig.3.34 se observan los resultados de la misma.

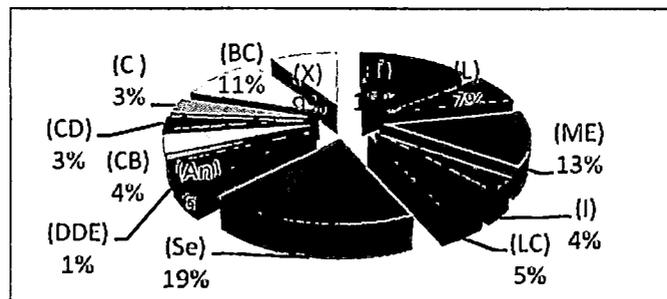
Fig.3.34: Distribución del Trabajo



Donde TP: Tiempo productivo, TC: Tiempo contributorio, TNC: Tiempo no contributorio

La distribución del trabajo contributorio desgregado en sus actividades se muestra en la fig.3.35.

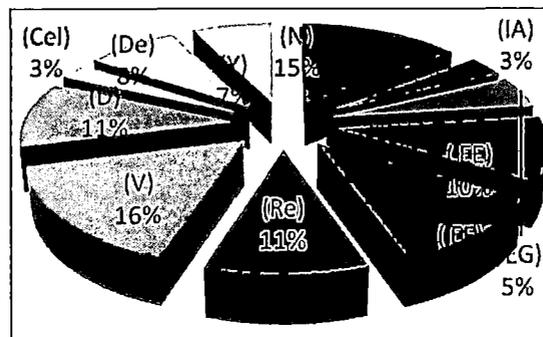
Fig.3.35: Distribución del Trabajo Contributorio



Donde T: Transportes, L: Limpieza, ME: Mediciones, I: Recibir/dar Instrucciones, LC: Preparar/Echar lechada de cemento, Se: Seguridad, An: Colocación de Andamios, DDE: Armado/Desarmado de encofrados, CB: Colocar Balizas, HD: Hacer dados, CD: Colocar Dados, C: Cortes, BC: Bloques de concreto, X: Otros

La distribución del trabajo no contributorio desgregado en sus actividades se muestra en la fig.3.36

Fig.3.36: Distribución del Trabajo No Contributorio



Donde N: Conversar, IA: Ingerir Alimentos, EG: Esperas-grúa, EE: Esperas-excavadora, EF: Esperas-frente, Re: Retrabajos, V: Viajes, D: Distracciones, Cel: Celulares, De: Descanso, Y: Otros

Respecto al desglose de las actividades hechas por cada cuadrilla se tiene lo siguiente:

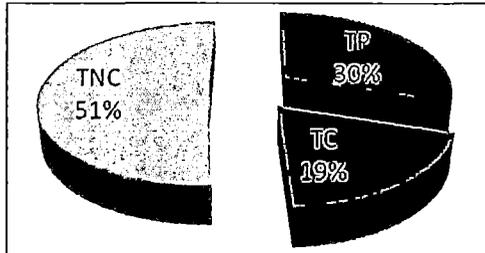
Tabla 3.16: Resultados de la Distribución del tipo de trabajo para la Cuadrillas

				Tiempo Contributorio													Tiempo No Contributorio											
	TP	TC	TNC	(T)	(L)	(ME)	(I)	(LC)	(Se)	(An)	(DDE)	(CB)	(HD)	(CD)	(C)	(BC)	(X)	(N)	(IA)	(EG)	(EE)	(EF)	(Re)	(V)	(D)	(Cel)	(De)	(Y)
Excavación	37	24	63	3	4	1	2	6	5	2	0	0	0	0	0	0	1	5	2	0	16	7	9	10	5	0	3	6
Fierros	42	18	38	6	2	0	1	0	0	6	0	3	0	0	0	0	0	10	1	3	0	3	0	11	3	1	5	1
Encofrado	60	37	72	11	2	3	2	0	0	0	1	3	0	5	5	3	2	13	6	11	10	8	0	9	7	3	5	2
Concreto	22	9	60	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	7	3	0	0	0	12	20	7	3	2	5	8
Topografía	0	18	20	0	2	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5	0	0	2	0	0	6	3	1	2	1
Seguridad	1	38	19	0	0	0	0	0	23	0	0	0	0	0	0	13	2	4	0	0	0	1	0	1	8	0	3	2

Donde T: Transportes, L: Limpieza, ME: Mediciones, I: Recibir/dar Instrucciones, LC: Preparar/Echar lechada de cemento, Se: Seguridad, An: Colocación de Andamios, DDE: Armado/Desarmado de encofrados, CB: Colocar Balizas, HD: Hacer dados, CD: Colocar Dados, C: Cortes, BC: Bloques de concreto, X: Otros, N: Conversar, IA: Ingerir Alimentos, EG: Esperas-grúa, EE: Esperas-excavadora, EF: Esperas-frente, Re: Retrabajos, V: Viajes, D: Distracciones, Cel: Celulares, De: Descanso, Y: Otros

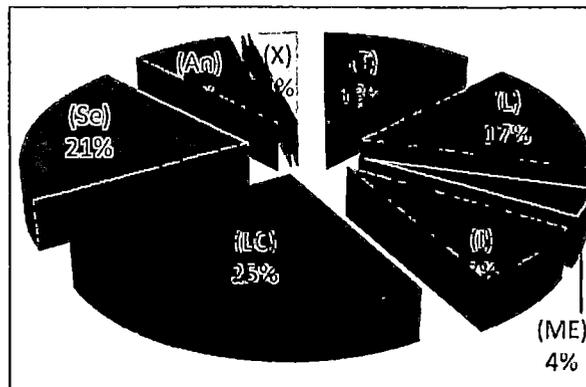
Para la cuadrilla de excavación se tiene lo siguiente:

Fig.3.37: Distribución del Trabajo de la Cuadrilla de Excavación



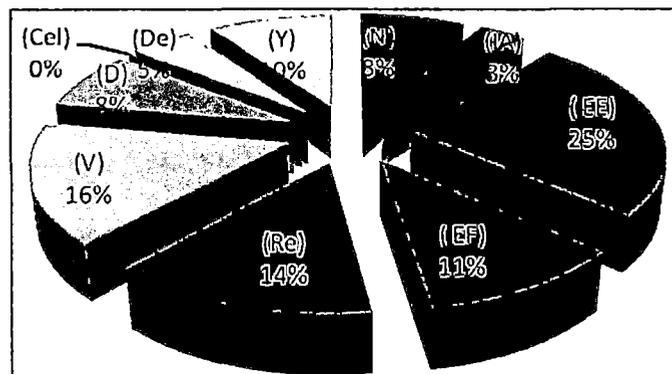
Donde TP: Tiempo productivo, TC: Tiempo contributorio, TNC: Tiempo no contributorio

Fig.3.38: Distribución del Trabajo Contributorio de la Cuadrilla de Excavación



Donde T: Transportes, L: Limpieza, ME: Mediciones, I: Recibir/dar Instrucciones, LC: Preparar/Echar lechada de cemento, Se: Seguridad, An: Colocación de Andamios, X: Otros

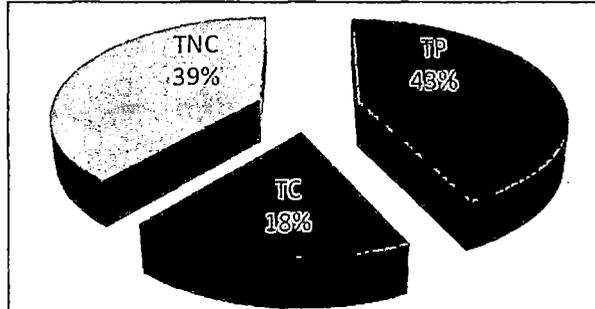
Fig.3.39: Distribución del Trabajo No Contributorio de la Cuadrilla de Excavación



Donde N: Conversar, IA: Ingerir Alimentos, EE: Esperas-excavadora, EF: Esperas-frente, Re: Retrabajos, V: Viajes, D: Distracciones, Cel: Celulares, De: Descanso, Y: Otros

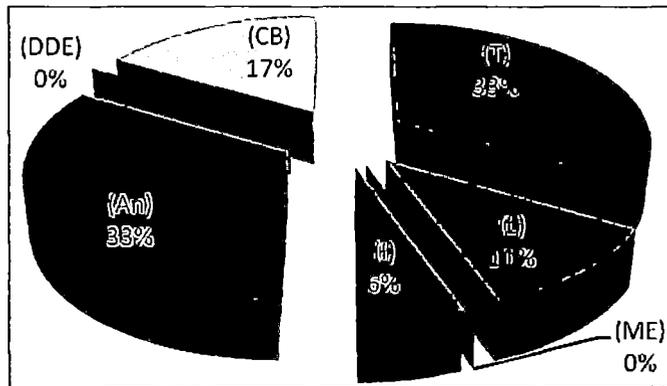
Para la cuadrilla de acero se tiene lo siguiente:

Fig.3.40: Distribución del Trabajo de la Cuadrilla de Acero



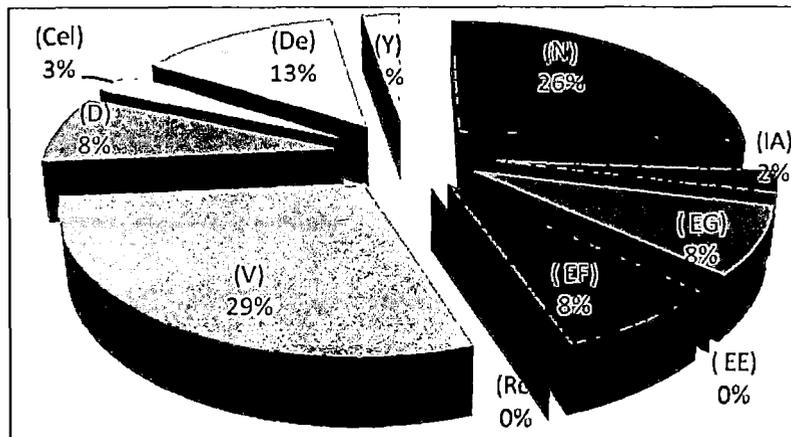
Donde TP: Tiempo productivo, TC: Tiempo contributorio, TNC: Tiempo no contributorio

Fig.3.41: Distribución del Trabajo Contributorio de la Cuadrilla de Acero



Donde T: Transportes, L: Limpieza, ME: Mediciones, I: Recibir/dar Instrucciones, An: Colocación de Andamios, DDE: Amado/Desarmado de encofrados, CB: Colocar Balizas, X: Otros

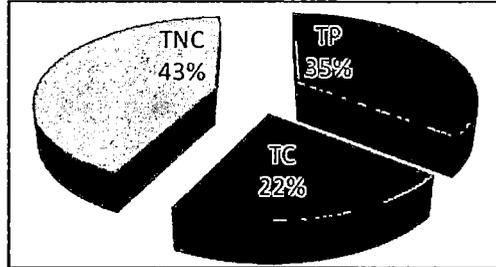
Fig.3.42: Distribución del Trabajo No Contributorio de la Cuadrilla de Acero



Donde N: Conversar, IA: Ingerir Alimentos, EG: Esperas-grúa, EE: Esperas-excavadora, EF: Esperas-frente, Re: Retrabajos, V: Viajes, D: Distracciones, Cel: Celulares, De: Descanso, Y: Otros

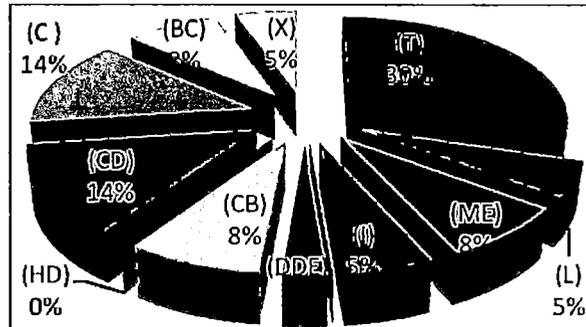
Para la cuadrilla de encofrado se tiene lo siguiente:

Fig.3.43: Distribución del Trabajo de la Cuadrilla de Encofrado



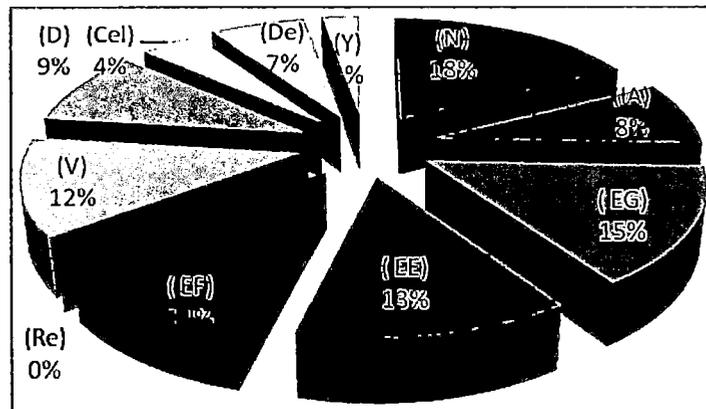
Donde TP: Tiempo productivo, TC: Tiempo contributorio, TNC: Tiempo no contributorio

Fig.3.44: Distribución del Trabajo Contributorio de la Cuadrilla de Encofrado



Donde T: Transportes, L: Limpieza, ME: Mediciones, I: Recibir/dar Instrucciones, DDE: Armado/Desarmado de encofrados, CB: Colocar Balizas, HD: Hacer datos, CD: Colocar Datos, C: Cortes, BC: Bloques de concreto, X: Otros

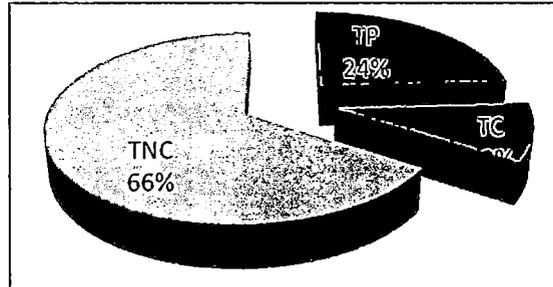
Fig.3.45: Distribución del Trabajo No Contributorio de la Cuadrilla de Encofrado



Donde N: Conversar, IA: Ingerir Alimentos, EG: Esperas-grúa, EE: Esperas-excavadora, EF: Esperas-frente, Re: Retrabajos, V: Viajes, D: Distracciones, Cel: Celulares, De: Descanso, Y: Otros

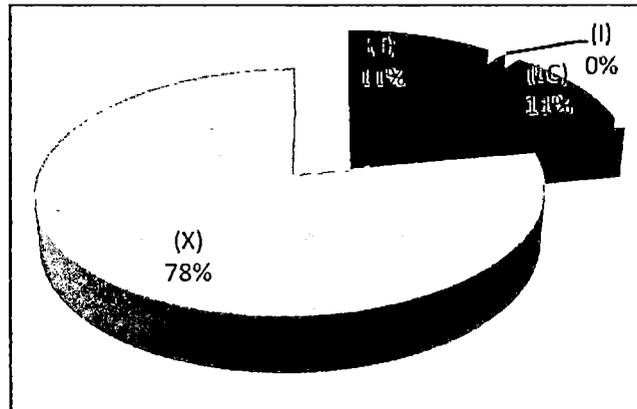
Para la cuadrilla de concreto se tiene lo siguiente:

Fig.3.46: Distribución del Trabajo de la Cuadrilla de Concreto



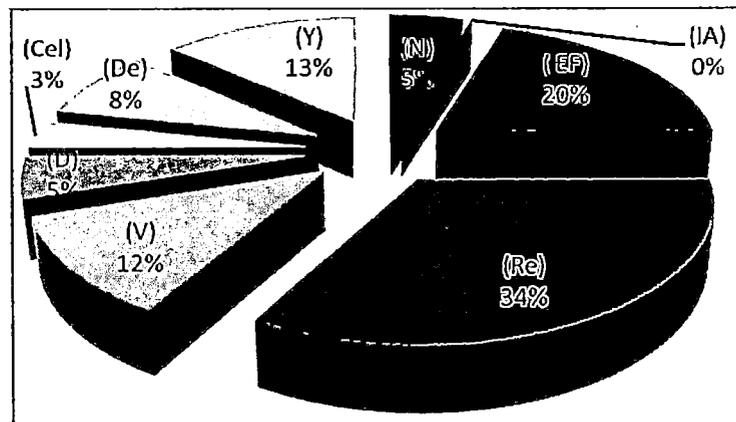
Donde TP: Tiempo productivo, TC: Tiempo contributorio, TNC: Tiempo no contributorio

Fig.3.47: Distribución del Trabajo Contributorio de la Cuadrilla de Concreto



Donde T: Transportes, I: Recibir/dar Instrucciones, LC: Preparar/Echar lechada de cemento, X: Otros

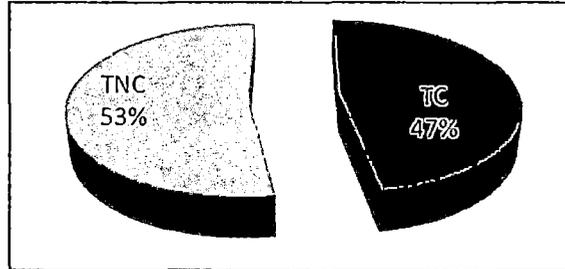
Fig.3.48: Distribución del Trabajo No Contributorio de la Cuadrilla de Concreto



Donde N: Conversar, IA: Ingerir Alimentos, EG: Esperas-grúa, EE: Esperas-excavadora, EF: Esperas-frente, Re: Retrabajos, V: Viajes, D: Distracciones, Cel: Celulares, De: Descanso, Y: Otros

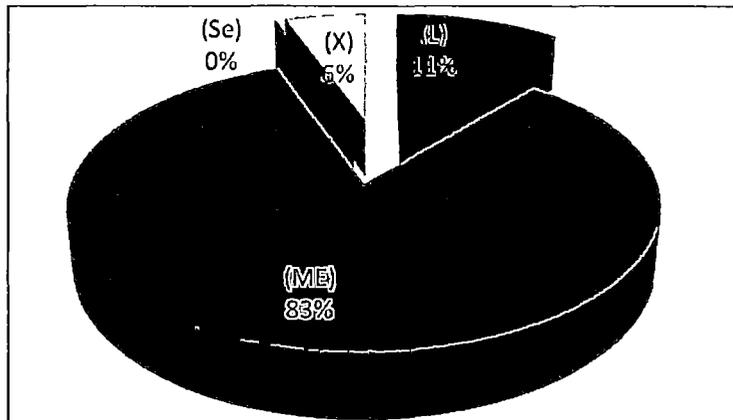
Para la cuadrilla de topografía se tiene lo siguiente:

Fig.3.49: Distribución del Trabajo de la Cuadrilla de Topografía



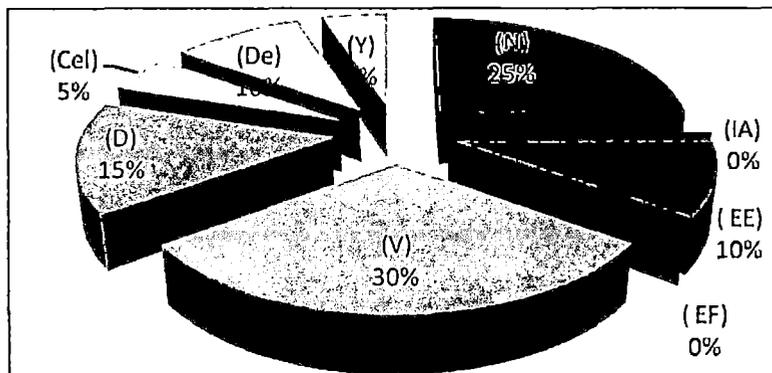
Donde TP: Tiempo productivo, TC: Tiempo contributorio, TNC: Tiempo no contributorio

Fig.3.50: Distribución del Trabajo Contributorio de la Cuadrilla de Topografía



Donde L: Limpieza, ME: Mediciones, Se: Seguridad, X: Otros

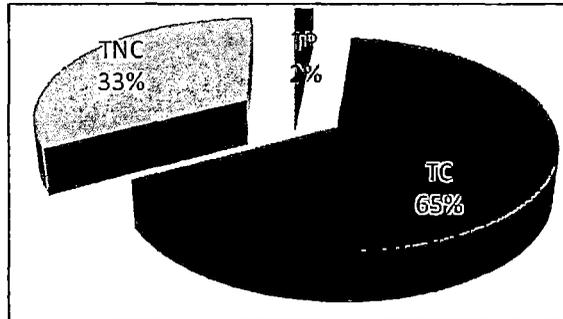
Fig.3.51: Distribución del Trabajo No Contributorio de la Cuadrilla de Topografía



Donde N: Conversar, IA: Ingerir Alimentos, EE: Esperas-excavadora, EF: Esperas-frente, V: Viajes, D: Distracciones, Cel: Celulares, De: Descanso, Y: Otros

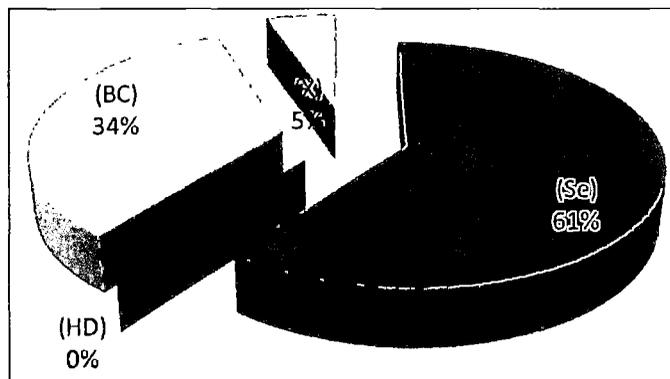
Para la cuadrilla de seguridad se tiene lo siguiente:

Fig.3.52: Distribución del Trabajo de la Cuadrilla de Seguridad



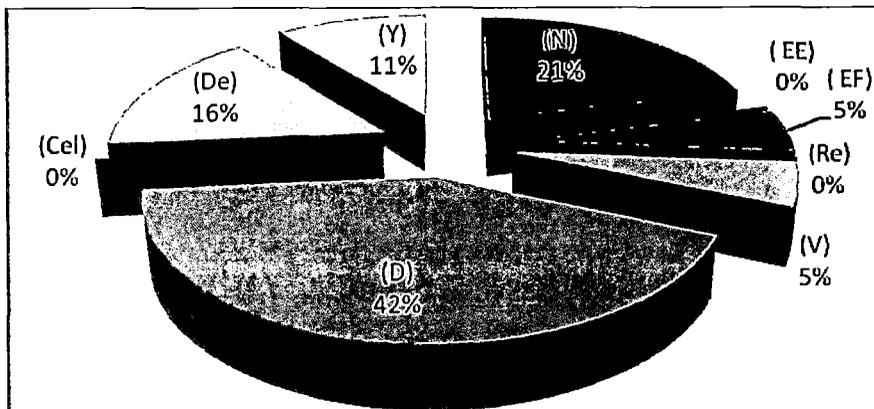
Donde TP: Tiempo productivo, TC: Tiempo contributorio, TNC: Tiempo no contributorio

Fig.3.53: Distribución del Trabajo Contributorio de la Cuadrilla de Seguridad



Donde Se: Seguridad, HD: Hacer dados, BC: Bloques de concreto , X: Otros

Fig.3.54: Distribución del Trabajo No Contributorio de la Cuadrilla de Seguridad



Donde N: Conversar, EE: Esperas-excavadora, EF: Esperas-frente, Re: Retrabajos, V: Viajes, D: Distracciones, Cel: Celulares, De: Descanso, Y: Otros

Del desglose de las actividades para las cuadrillas se puede observar que la cuadrilla de acero es la más productiva con un 43% de tiempo productivo y la cuadrilla de concreto es la menos productiva con 24% de tiempo productivo, además se aprecia que la cuadrilla de concreto es la que realiza mayor tiempo no contributorio con un 66% del tiempo total consumido en la jornada.

3.2.3. Muestra 3:

Para la realización de este muestreo, que corresponde al tercer día de recogimiento de datos y al cuarto día de la producción de los muros pantalla, se estuvo trabajando con una grúa de 30Tn, una excavadora de $1m^3$ de capacidad y una retroexcavadora pequeña. En el día de la medición se tenía listo para desencofrar los muros 2b, 5b y 2v, también se tenía listo para encofrar el muro pantalla 4a, se tuvo el terreno listo para armar la placa 4. A continuación se muestran los datos generales para el día de medición.

Fecha	:	07/06/10
Nº de mediciones	:	29
Composición de cuadrilla:	Encofrado	: 5 personas
	Excavación	: 8 personas
	Concreto	: 3 personas
	Acero	: 6 personas
	Topografía	: 2 personas
	Seguridad	: 2 personas

Los cuadros con los datos recogidos en la tercera medición se muestran en el **ANEXO 5**. De los datos tomados en la medición, se obtiene los siguientes resultados:

Tabla 3.17: Resultados de la Distribución de Tiempos para el Tercer Día de Medición

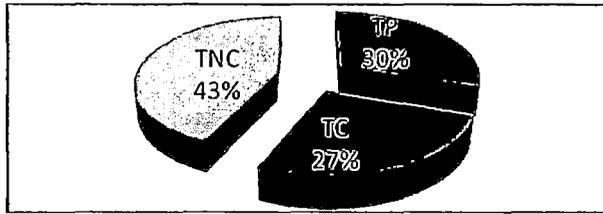
	TP	TC	TNC	Total
Datos (Und.)	187	166	269	622
Porcentaje (%)	30.06	26.69	43.25	100.00

Donde TP: Tiempo productivo, TC: Tiempo contributorio, TNC: Tiempo no contributorio

Resultados gráficos para la muestra 3:

Se muestra la distribución del trabajo del tercer día de muestreo, en la fig.3.55 se observan los resultados de la misma.

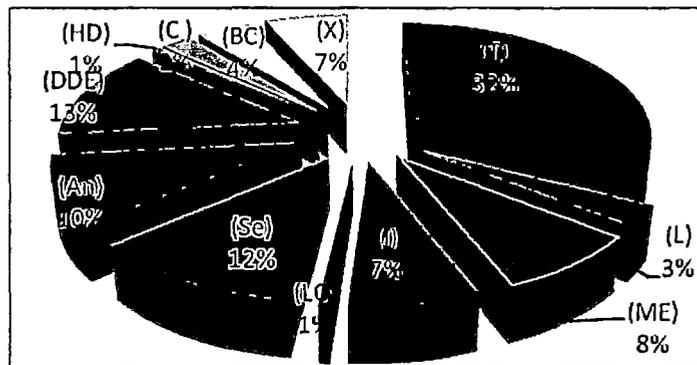
Fig.3.55 Distribución del Trabajo



Donde TP: Tiempo productivo, TC: Tiempo contributivo, TNC: Tiempo no contributivo

La distribución del trabajo contributivo desgregado en sus actividades se muestra en la fig.3.56.

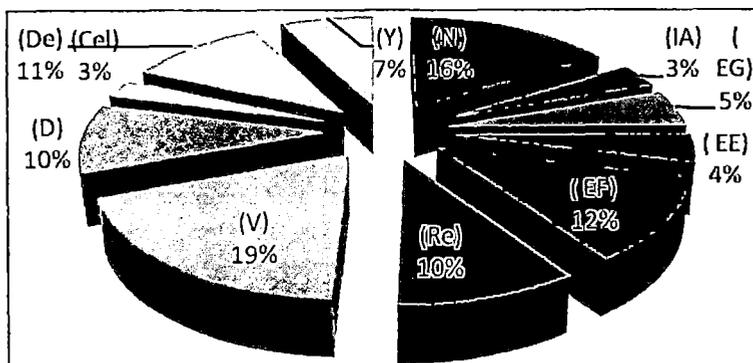
Fig.3.56: Distribución del Trabajo Contributivo



Donde T: Transportes, L: Limpieza, ME: Mediciones, I: Recibir/dar Instrucciones, LC: Preparar/Echar lechada de cemento, Se: Seguridad, An: Colocación de Andamios, DDE: Armado/Desarmado de encofrados, CB: Colocar Balizas, HD: Hacer dados, C: Cortes, BC: Bloques de concreto, X: Otros

La distribución del trabajo no contributivo desgregado en sus actividades se muestra en la fig.3.57.

Fig.3.57: Distribución del Trabajo No Contributivo



Donde N: Conversar, IA: Ingerir Alimentos, EG: Esperas-grúa, EE: Esperas-excavadora, EF: Esperas-frente, Re: Retrabajos, V: Viajes, D: Distracciones, Cel: Celulares, De: Descanso, Y: Otros

Respecto al desglose de las actividades hechas por cada cuadrilla se tiene lo siguiente:

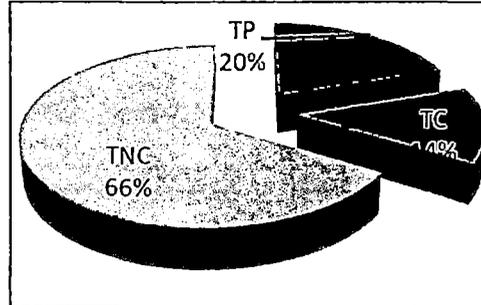
Tabla 3.18: Resultados de la Distribución de Tiempos para la Cuadrillas

				Tiempo Contributorio													Tiempo No Contributorio											
	TP	TC	TNC	(T)	(L)	(ME)	(I)	(LC)	(Se)	(An)	(DDE)	(CB)	(HD)	(CD)	(C)	(BC)	(X)	(N)	(IA)	(EG)	(EE)	(EF)	(Re)	(V)	(D)	(Cel)	(De)	(Y)
Excavación	42	29	140	13	2	0	2	1	2	8	0	0	0	0	0	0	1	17	7	8	11	10	26	28	9	3	14	7
Fierros	89	27	10	21	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	2	2	1	0	2
Encofrado	46	48	46	15	2	0	2	0	1	2	21	0	0	0	3	2	0	12	0	6	0	7	0	12	4	0	5	0
Concreto	7	2	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	3	1	0	0	7	1	4	3	0	1	6
Topografía	0	27	7	3	1	14	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	3	1	1	1	0
Seguridad	0	28	30	0	0	0	0	0	17	0	0	0	0	0	0	5	6	8	1	0	0	1	0	2	5	2	8	3

Donde T: Transportes, L: Limpieza, ME: Mediciones, I: Recibir/dar Instrucciones, LC: Preparar/Echar lechada de cemento, Se: Seguridad, An: Colocación de Andamios, DDE: Armado/Desarmado de encofrados, CB: Colocar Balizas, HD: Hacer dados, CD: Colocar Datos, C: Cortes, BC: Bloques de concreto, X: Otros, N: Conversar, IA: Ingerir Alimentos, EG: Esperas-grúa, EE: Esperas-excavadora, EF: Esperas-frente, Re: Retrabajos, V: Viajes, D: Distracciones, Cel: Celulares, De: Descanso, Y: Otros

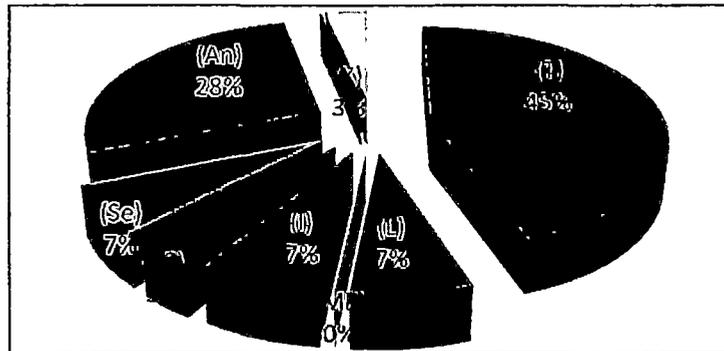
Para la cuadrilla de excavación se tiene lo siguiente:

Fig.3.58: Resultados de la Distribución de Tiempos para la Excavación



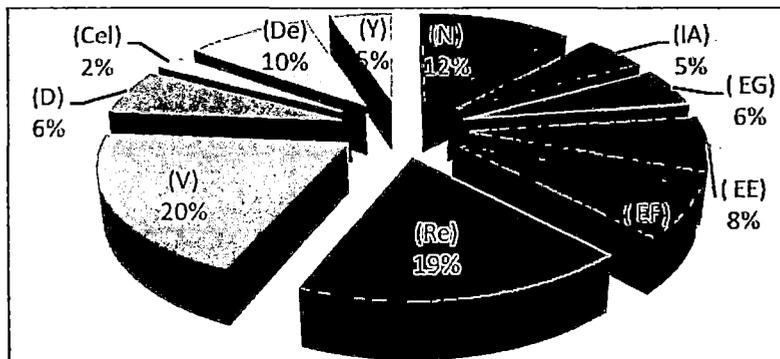
Donde TP: Tiempo productivo, TC: Tiempo contributorio, TNC: Tiempo no contributorio

Fig.3.59: Distribución del Trabajo Contributorio de la Cuadrilla de Excavación



Donde T: Transportes, L: Limpieza, ME: Mediciones, I: Recibir/dar Instrucciones, LC: Preparar/Echar lechada de cemento, Se: Seguridad, An: Colocación de Andamios, X: Otros

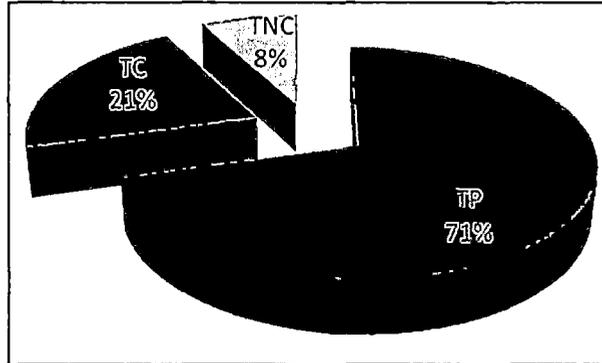
Fig.3.60: Distribución del Trabajo No Contributorio de la Cuadrilla de Excavación



Donde N: Conversar, IA: Ingerir Alimentos, EG: Esperas-grúa, EE: Esperas-excavadora, EF: Esperas-frente, Re: Retrabajos, V: Viajes, D: Distracciones, Cel: Celulares, De: Descanso, Y: Otros

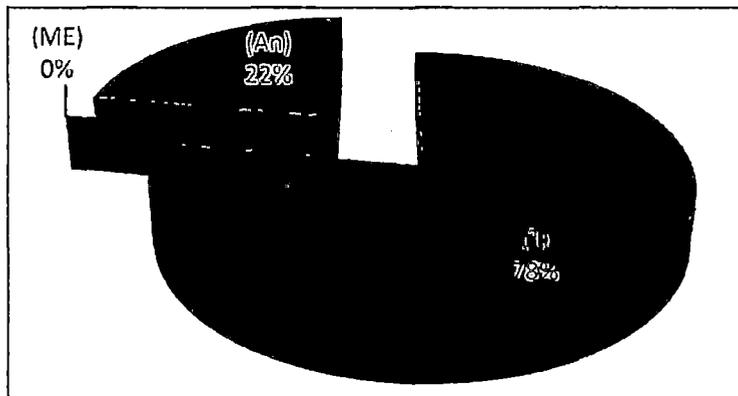
Para la cuadrilla de acero se tiene lo siguiente:

Fig.3.61: Resultados de la Distribución de Tiempos para la Acero



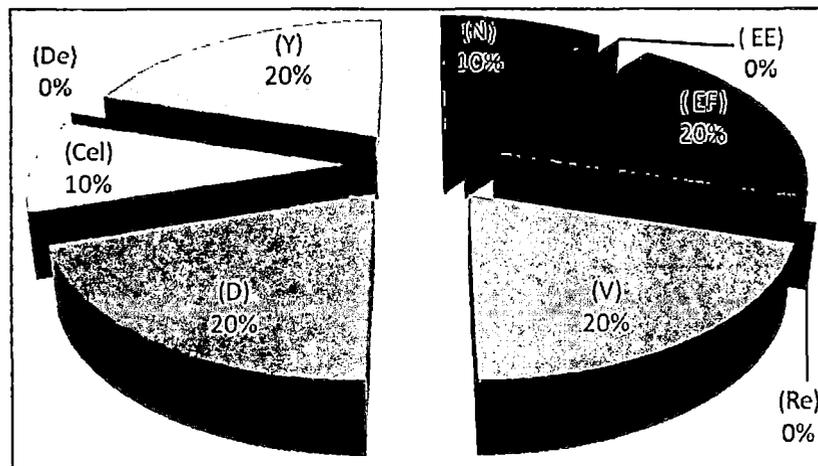
Donde TP: Tiempo productivo, TC: Tiempo contributorio, TNC: Tiempo no contributorio

Fig.3.62: Distribución del Trabajo Contributorio de la Cuadrilla de Acero



Donde T: Transportes, ME: Mediciones, An: Colocación de Andamios

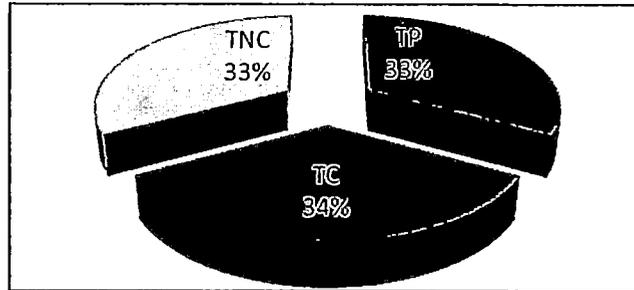
Fig.3.63: Distribución del Trabajo No Contributorio de la Cuadrilla de Acero



Donde N: Conversar, EE: Esperas-excavadora, EF: Esperas-frente, Re: Retrabajos, V: Viajes, D: Distracciones, Cel: Celulares, De: Descanso, Y: Otros

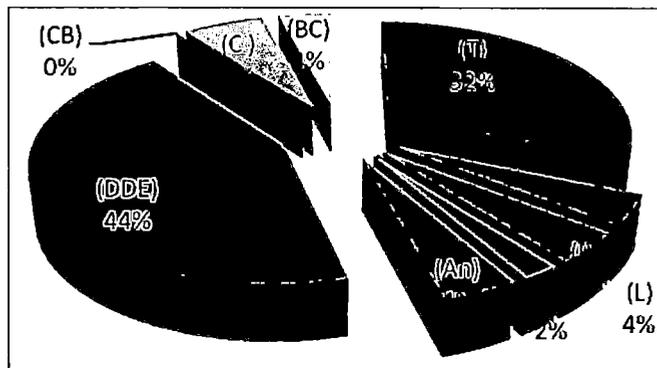
Para la cuadrilla de encofrado se tiene lo siguiente:

Fig.3.64: Resultados de la Distribución de Tiempos para la Encofrado



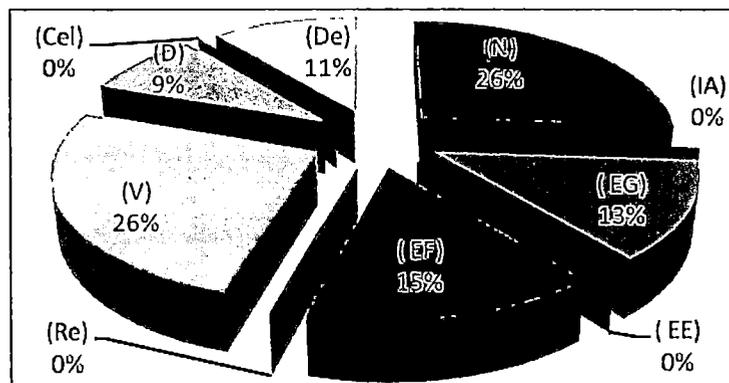
Donde TP: Tiempo productivo, TC: Tiempo contributorio, TNC: Tiempo no contributorio

Fig.3.65: Distribución del Trabajo Contributorio de la Cuadrilla de Encofrado



Donde T: Transportes, L: Limpieza, Se: Seguridad, An: Colocación de Andamios, DDE: Armado/Desarmado de encofrados, CB: Colocar Balizas, C: Cortes, BC: Bloques de concreto, X: Otros

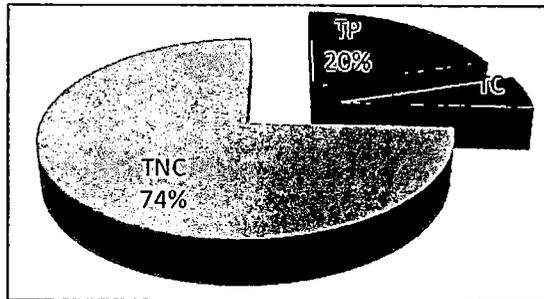
Fig.3.66: Distribución del Trabajo No Contributorio de la Cuadrilla de Encofrado



Donde N: Conversar, IA: Ingerir Alimentos, EG: Esperas-grúa, EE: Esperas-excavadora, EF: Esperas-frente, Re: Retrabajos, V: Viajes, D: Distracciones, Cel: Celulares, De: Descanso

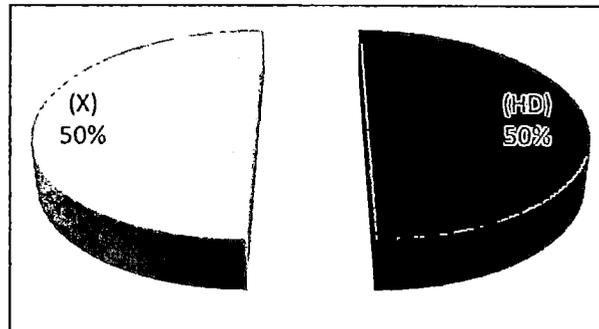
Para la cuadrilla de concreto se tiene lo siguiente:

Fig.3.67: Resultados de la Distribución de Tiempos para la Concreto



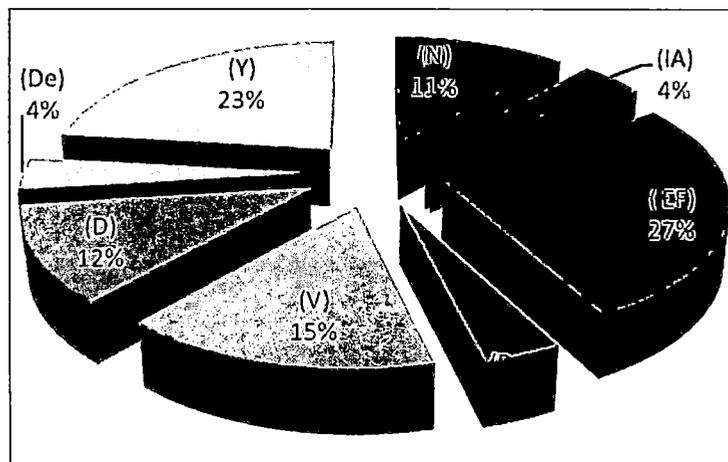
Donde TP: Tiempo productivo, TC: Tiempo contributorio, TNC: Tiempo no contributorio

Fig.3.68: Distribución del Trabajo Contributorio de la Cuadrilla de Concreto



Donde HD: Hacer dados, X: Otros

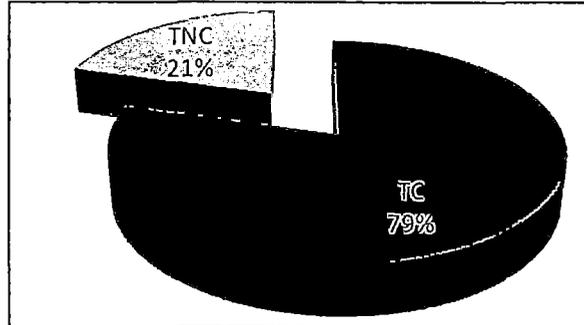
Fig.3.69: Distribución del Trabajo No Contributorio de la Cuadrilla de Concreto



Donde N: Conversar, IA: Ingerir Alimentos, EF: Esperas-frente, Re: Retrabajos, V: Viajes, D: Distracciones, De: Descanso, Y: Otros

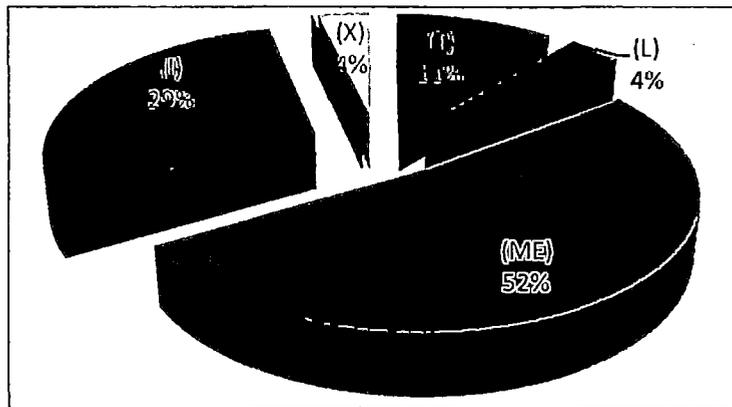
Para la cuadrilla de topografía se tiene lo siguiente:

Fig.3.70: Resultados de la Distribución de Tiempos para la Topografía



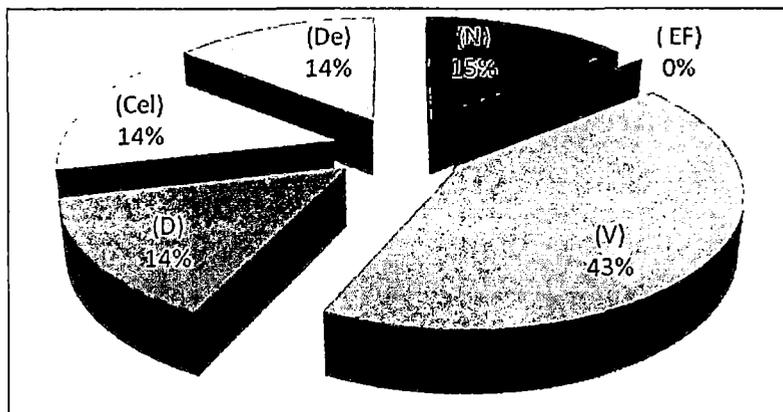
Donde TC: Tiempo contributorio, TNC: Tiempo no contributorio

Fig.3.71: Distribución del Trabajo Contributorio de la Cuadrilla de Topografía



Donde T: Transportes, L: Limpieza, ME: Mediciones, I: Recibir/dar Instrucciones, X: Otros

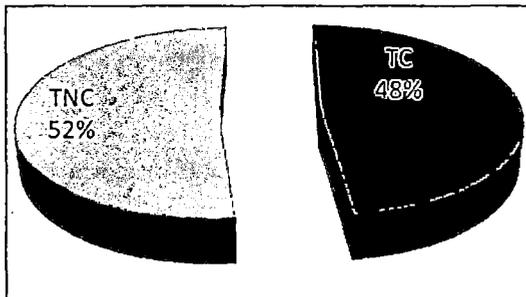
Fig.3.72: Distribución del Trabajo No Contributorio de la Cuadrilla de Topografía



Donde N: Conversar, EF: Esperas-frente, V: Viajes, D: Distracciones, Cel: Celulares, De: Descanso

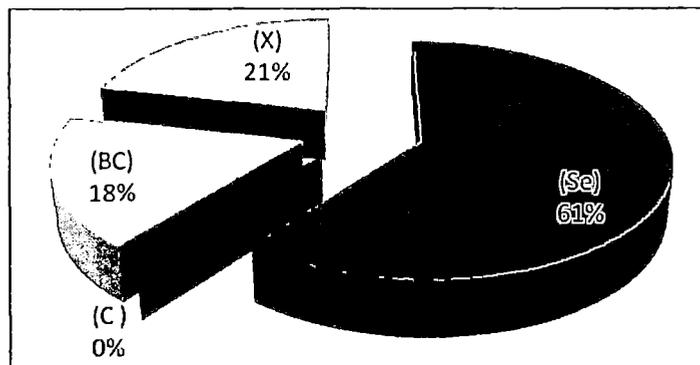
Para la cuadrilla de seguridad se tiene lo siguiente:

Fig.3.73: Resultados de la Distribución de Tiempos para la Seguridad



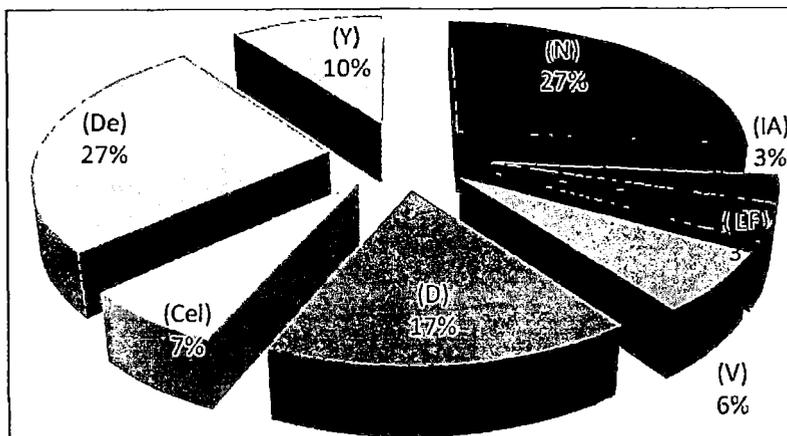
Donde TC: Tiempo contributorio, TNC: Tiempo no contributorio

Fig.3.74: Distribución del Trabajo Contributorio de la Cuadrilla de Seguridad



Donde Se: Seguridad, C: Cortes, BC: Bloques de concreto, X: Otros

Fig.3.75: Distribución del Trabajo No Contributorio de la Cuadrilla de Seguridad



Donde N: Conversar, IA: Ingerir Alimentos, EF: Esperas-frente, V: Viajes, D: Distracciones, Cel: Celulares, De: Descanso, Y: Otros

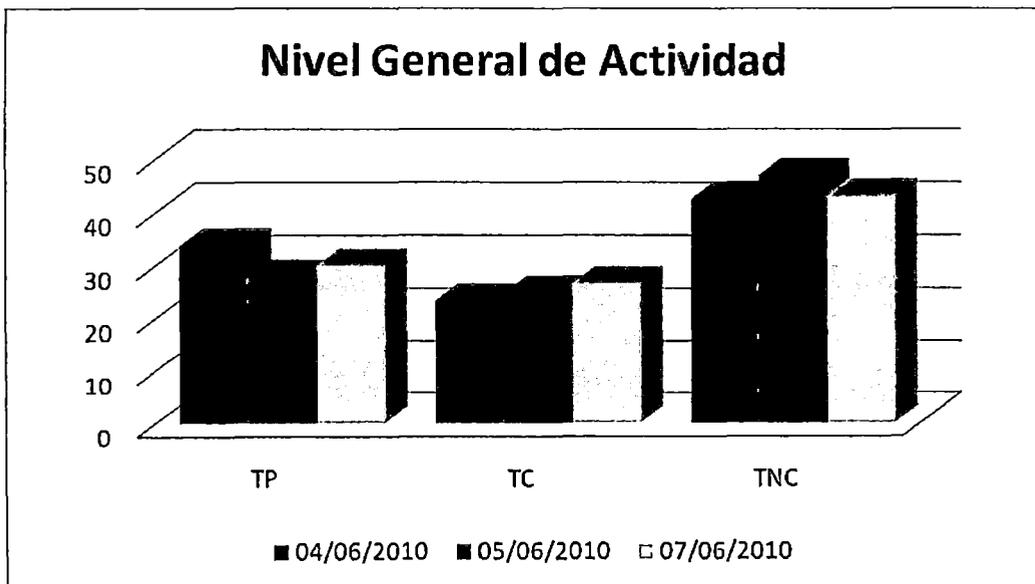
Del desglose de las actividades para las cuadrillas se puede observar que la cuadrilla de acero es la más productiva con un 71% de tiempo productivo y la cuadrilla de concreto y excavación son las menos productivas con 20% de tiempo productivo, además se aprecia que la cuadrilla de concreto es la que realiza mayor tiempo no contributivo con un 74% del tiempo total consumido en la jornada, seguido por la cuadrilla de excavación con un 66% de tiempo no contributivo.

Del consolidado de las tres mediciones:

Tabla 3.19: Resumen de la Distribución de tipos de trabajo de las Mediciones

Día	Fecha	TP (%)	TC (%)	TNC (%)
1	04,06	33.9	23.44	42.66
2	05,06	28.03	24.91	47.06
3	07,06	30.06	26.69	43.25
Promedio		30.66	25.01	44.32

Fig.3.76 Nivel General de Actividad en la Elaboración de Muros Pantalla



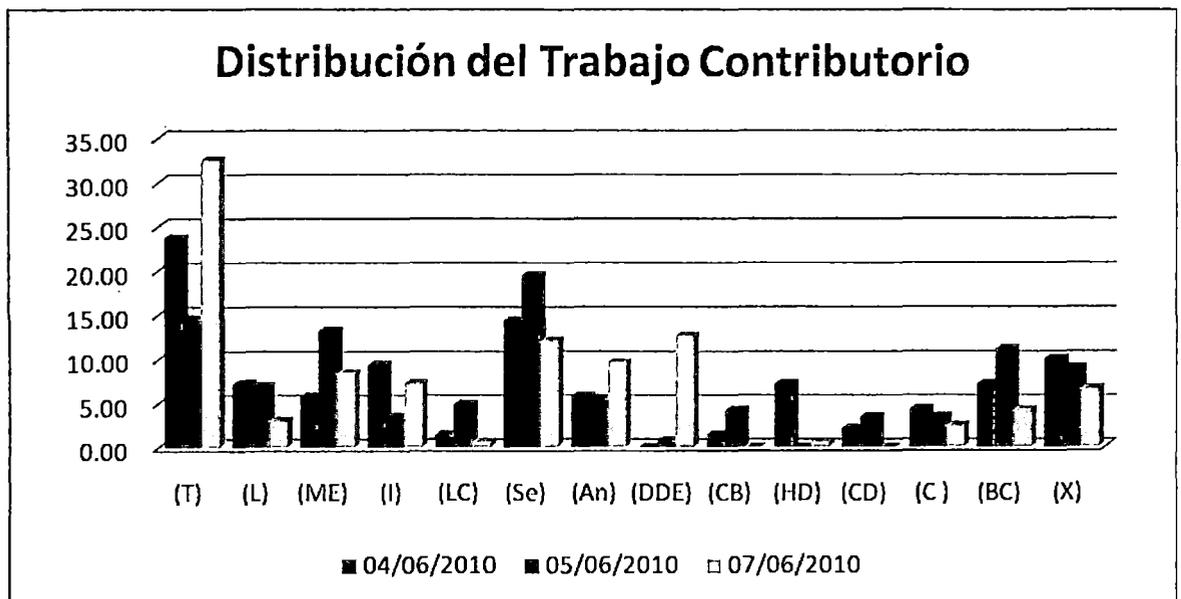
Donde TP: Tiempo productivo, TC: Tiempo contributivo, TNC: Tiempo no contributivo

Para el trabajo contributivo:

Tabla 3.20: Resumen de la Distribución de Trabajos Contributorios de las Mediciones

Día	Fecha	(T)	(L)	(ME)	(I)	(LC)	(Se)	(An)	(DDE)	(CB)	(HD)	(CD)	(C)	(BC)	(X)
1	04,06	23.74	7.19	5.76	9.35	1.44	14.39	5.76	0.00	1.44	7.19	2.16	4.32	7.19	10.00
2	05,06	14.58	6.94	13.19	3.47	4.86	19.44	5.56	0.69	4.17	0.00	3.47	3.47	11.11	9.00
3	07,06	32.53	3.01	8.43	7.23	0.60	12.05	9.64	12.65	0.00	0.60	0.00	2.41	4.22	6.60
Promedio		23.62	5.71	9.13	6.68	2.30	15.29	6.99	4.45	1.87	2.60	1.88	3.40	7.51	8.58

Fig.3.77 Distribución del Trabajo Contributorio



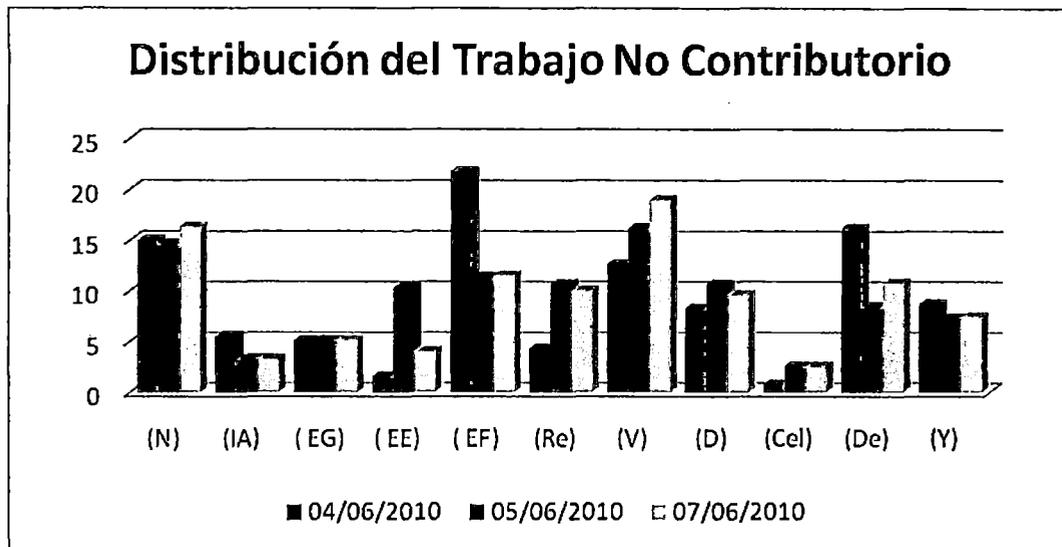
Donde T: Transportes, L: Limpieza, ME: Mediciones, I: Recibir/dar Instrucciones, LC: Preparar/Echar lechada de cemento, Se: Seguridad, An: Colocación de Andamios, DDE: Armado/Desarmado de encofrados, CB: Colocar Balizas, HD: Hacer dados, CD: Colocar Dados, C: Cortes, BC: Bloques de concreto, X: Otros

Para el trabajo no contributorio:

Tabla 3.21: Resumen de la Distribución de Trabajos No Contributorios de las Mediciones

Día	Fecha	(N)	(IA)	(EG)	(EE)	(EF)	(Re)	(V)	(D)	(Cel)	(De)	(Y)
1	04,06	15.02	5.53	5.14	1.58	21.74	4.35	12.65	8.3	0.79	16.21	8.7
2	05,06	14.71	3.31	5.15	10.29	11.40	10.66	16.18	10.66	2.57	8.46	7.35
3	07,06	16.36	3.35	5.20	4.09	11.52	10.04	18.96	9.67	2.60	10.78	7.43
Promedio		15.36	4.06	5.16	5.32	14.89	8.35	15.93	9.54	1.99	11.82	7.83

Fig.3.78 Distribución del Trabajo No Contributorio



Donde N: Conversar, IA: Ingerir Alimentos, EG: Esperas-grúa, EE: Esperas-excavadora, EF: Esperas-frente, Re: Retrabajos, V: Viajes, D: Distracciones, Cel: Celulares, De: Descanso, Y: Otros

3.3. RECURSOS CONSUMIDOS EN EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE MUROS PANTALLA

En este punto se procede a calcular las horas consumidas por las cuadrillas que realizan trabajos para la producción de los muros pantalla, al final se hará un resumen de las horas consumidas por el grupo de trabajo hecho en cada medición. Debido a que junto con la producción de muros pantalla existía otro frente de trabajo (placas armadas), las cuadrillas fueron divididas para que puedan trabajar en los dos frentes de forma independiente, el número de personas en cada cuadrilla encargadas de realizar la producción de muros pantalla fue consultada a los ingenieros y capataces a la hora de tomar mediciones.

El fin de la jornada de trabajo no era a la misma hora para todas las personas en las diferentes cuadrillas, es decir, los obreros culminaban su jornada cuando el capataz ya no prescindía del trabajo de estos, por ende algunos salían más temprano y otros más tarde. Para cuestiones de tiempos mas no de costos, se ve estimado tomar el tiempo consumido de forma general para las cuadrillas, es decir, en la toma de tiempo no se diferencian la categoría de los obreros, puesto que el fin es ver el tiempo consumido.

3.3.1. Muestra 1:

Fecha	:	04/06/10
Nº de mediciones	:	31
Composición de cuadrilla	:	
Encofrado	:	6 obreros (3operarios+3peones)
Excavación	:	8 obreros (4operarios+4peones)
Concreto	:	4 obreros (3operarios+1oficial)
Acero	:	6 obreros (4operarios+2peones)
Topografía	:	2 obreros (1operario+1oficial)
Seguridad	:	2 obreros (1oficial+1peon)

- Para la cuadrilla de encofrado se tiene lo siguiente:

$$HH_{\text{encofrado}} \Rightarrow 2 \times 12.5 + 2 \times 9.5 + 2 \times 8.5$$

$$HH_{\text{encofrado}} \Rightarrow 61HH$$

- Para la cuadrilla de excavación se tiene lo siguiente:

$$HH_{\text{excavacion}} \Rightarrow 3 \times 12.0 + 3 \times 9.5 + 1 \times 14.0 + 1 \times 8.5$$

$$HH_{\text{excavacion}} \Rightarrow 87HH$$

- Para la cuadrilla de concreto se tiene lo siguiente:

$$HH_{\text{concreto}} \Rightarrow 2 \times 14.0 + 1 \times 13.5 + 1 \times 12.0$$

$$HH_{\text{concreto}} \Rightarrow 53.5HH$$

- Para la cuadrilla de acero se tiene lo siguiente:

$$HH_{\text{acero}} \Rightarrow 6 \times 12.5$$

$$HH_{\text{acero}} \Rightarrow 75HH$$

- El total de HH consumidas en la jornada de trabajo fue:

$$HH_{\text{total}} \Rightarrow 276.5HH$$

3.3.2. Muestra 2:

Fecha	:	05/06/10
Nº de mediciones	:	37
Composición de cuadrilla	:	
Encofrado	:	6 obreros (3operarios+3peones)
Excavación	:	8 obreros (4operarios+4peones)
Concreto	:	4 obreros (3operarios+1oficial)
Acero	:	6 obreros (4operarios+2peones)
Topografía	:	2 obreros (1operario+1oficial)
Seguridad	:	2 obreros (1oficial+1peon)

- Para la cuadrilla de encofrado se tiene lo siguiente:

$$HH_{\text{encofrado}} \Rightarrow 2 \times 15.5 + 3 \times 13.5 + 2 \times 0.9 + 1 \times 6 + 1 \times 1.9$$

$$HH_{\text{encofrado}} \Rightarrow 81.2HH$$

- Para la cuadrilla de excavación se tiene lo siguiente:

$$HH_{\text{excavacion}} \Rightarrow 6 \times 7.5 + 2 \times 10.5$$

$$HH_{\text{excavacion}} \Rightarrow 66HH$$

- Para la cuadrilla de concreto se tiene lo siguiente:

$$HH_{\text{concreto}} \Rightarrow 3 \times 16.5 + 1 \times 5.5$$

$$HH_{\text{concreto}} \Rightarrow 55HH$$

- Para la cuadrilla de acero se tiene lo siguiente:

$$HH_{\text{acero}} \Rightarrow 6 \times 10.0$$

$$HH_{\text{acero}} \Rightarrow 60HH$$

- El total de HH consumidas en la jornada de trabajo fue:

$$HH_{\text{total}} \Rightarrow 262.2HH$$

3.3.3. Muestra 3:

Fecha	:	07/06/10
Nº de mediciones	:	29
Composición de cuadrilla	:	
Encofrado	:	5 obreros (3operarios+2peones)
Excavación	:	8 obreros (4operarios+4peones)
Concreto	:	3 obreros (2operarios+1oficial)
Acero	:	6 obreros (4operarios+2peones)
Topografía	:	2 obreros (1operario+1oficial)
Seguridad	:	2 obreros (1oficial+1peon)

- Para la cuadrilla de encofrado se tiene lo siguiente:

$$HH_{\text{encofrado}} \Rightarrow 2 \times 15.5 + 2 \times 13.5 + 2 \times 0.75 + 1 \times 11.5$$

$$HH_{\text{encofrado}} \Rightarrow 69.5HH$$

- Para la cuadrilla de excavación se tiene lo siguiente:

$$HH_{\text{excavacion}} \Rightarrow 2 \times 11.5 + 6 \times 10.5$$

$$HH_{\text{excavacion}} \Rightarrow 86HH$$

- Para la cuadrilla de concreto se tiene lo siguiente:

$$HH_{\text{concreto}} \Rightarrow 3 \times 11.0$$

$$HH_{\text{concreto}} \Rightarrow 33HH$$

- Para la cuadrilla de acero se tiene lo siguiente:

$$HH_{\text{acero}} \Rightarrow 6 \times 10.5$$

$$HH_{\text{acero}} \Rightarrow 69HH$$

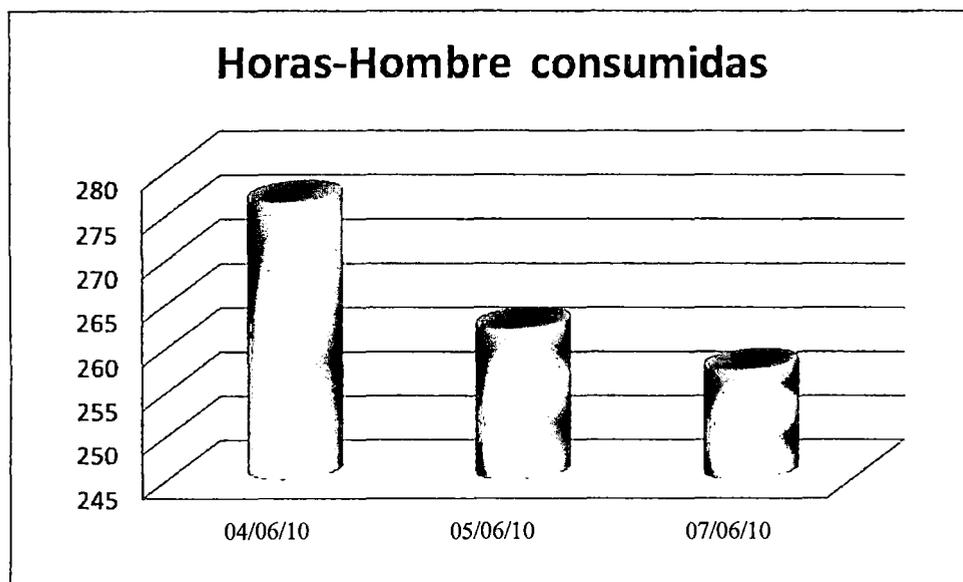
- El total de HH consumidas en la jornada de trabajo fue:

$$HH_{\text{total}} \Rightarrow 257.5HH$$

Tabla 3.22: Horas Consumidas por el Grupo de Trabajo en el los Días de Medición

Día	Fecha	HHconsumidas
1	04/06/10	276.5
2	05/06/10	262.2
3	07/06/10	257.5

Fig.3.79: Horas Consumidas por el Grupo de Trabajo en el los Días de Medición



3.4. METRADO DEL AVANCE DIARIO

1. Encofrado

El encofrado consta de dos partes: Modulación y Colocación. Como en las jornadas de trabajo no siempre se hacían las dos partes para un mismo muro pantalla, entonces se vio necesario tomar datos de los tiempos que demora hacer estas actividades, para poder tener un porcentaje (coeficientes) respecto al tiempo total que demora hacer estas actividades. La tabla

Tabla 3.23: Coeficientes Establecidos para el Metrado

Actividad	Mediciones de tiempo										Prom.	Coe f.	
	1		2		3		4		5				
	mi n	%	mi n	%	mi n	%	mi n	%	mi n	%			
Modulado	16 5	0.6 7	20 3	0.6 4	17 6	0.7 0	24 1	0.6 8	14 0	0.6 8	18 5	0.6 7	coef 2
Colocación	81	0.3 3	11 2	0.3 6	76	0.3 0	11 1	0.3 2	67	0.3 2	89	0.3 3	coef 1
Dados	56	0.6 9	81	0.7 2	43	0.5 7	84	0.7 6	48	0.7 2	62	0.6 9	coef 3
Bajar el modulo	25	0.3 1	31	0.2 8	33	0.4 3	27	0.2 4	19	0.2 8	27	0.3 1	coef 4

De la tabla mostrada, se tiene que el modulado (coef2) tiene un 67% de incidencia respecto a la colocación (coef1) con un 32%, por otro lado la colocación se subdivide en dos partes, una consiste en bajar los módulos de encofrado (coef4) que tiene un 31% de incidencia en la colocación del encofrado y la otra es la colocación de los dados que tiene una incidencia del 69%.

Muestra 1:

Tabla 3.24: Avance de la Cuadrilla de Encofrado para la Primera Medición de Áreas

	2d(m)	1d(m)	1c(m)	h(m)					Total(m2)
desencofre	5.20	3.00	5.90	3.50					49.35
	1b(m)	1a(m)	2a(m)	5b(m)	h(m)	coef1	coef3	coef4	
Encofrado	5.20	3.00	4.70	5.60	3.50	0.33	0.69	0.31	13.97
Total(m2)									63.32

Para la primera muestra se desencofraron los muros 2d, 1d y 1c. Para el proceso de encofrado, el metrado de los muros 1a y 1b se vieron afectados por los coef1 y coef3, debido a que ya tenían un avance de la jornada anterior y solo faltaba bajar los dados en la etapa de colocación para finalizar el proceso de encofrado, por otro lado, el muro 2a ya tenía el modulado hecho, por lo que solo le faltaba toda la etapa del colocado y se vio afectado solo por el coef1 y el muro 5b se vio afectado por los

coef1 y coef4 ya que fue un avance para la siguiente jornada y solo se llego a modular y bajar el modulo de encofrado.

Muestra 2:

Tabla 3.25: Avance de la Cuadrilla de Encofrado para la Segunda Medición de Áreas

	1a(m)	1b(m)	2a(m)	h(m)			Total(m2)
desencofrado	3.00	5.00	5.00	3.50			45.50
	2b(m)	2c(m)	5b(m)	h(m)	coef3	coef1	
Encofrado	5.00	6.80	5.35	3.50	0.69	0.33	17.89
Total(m2)							63.39

Para la segunda muestra se desencofraron los muros 2d, 1d y 1c. Para el proceso de encofrado, el metrado para los muros 2b y 2c se vieron afectados por el coef1, debido a que ya se tenía el modulo hecho en una jornada anterior y solo faltaba bajar la etapa de colocación para finalizar el proceso de encofrado, por otro lado, el muro 5b se vio afectado por los coef1 y coef3 debido a que el modulo ya se había bajado y le faltaba colocar los dados para finalizar el proceso de encofrado

Muestra 3:

Tabla 3.26: Avance de la Cuadrilla de Encofrado para la Tercera Medición de Áreas

	4a(m)	P4(m)	cajón(m)	hcajon(m)	h(m)	Total(m2)
encofrado	5.65	7.90	1.20	1.20	3.50	48.87
	2b(m)	2c(m)	5b(m)	h(m)		
desencofrado	5.00	6.80	4.50	3.50		57.05
Total(m2)						105.92

En la tercera muestra se desencofraron los muros 2b, 2c y 5b. Para el proceso de encofrado, los muros 4a y P4 no se vieron afectados por ningún coeficiente debido a que en la jornada se desarrollo el proceso completo del encofrado, es decir, el modulado y la colocación. Por otro lado, hizo falta llenar una cajón en la parte superior del muro P4 debido a un problema de calidad que ocurrió en el segundo anillo de muros pantalla.

2. Perfilado

La cuadrilla de excavación básicamente hizo trabajos de Perfilado y relleno en los taludes. Se hace una consideración del 80% por un trabajo hecho en gran parte para el muro pantalla "2c". Los muros pantalla presentan 3 espesores que son 0.40, 0.50 y 0.60m que serán representados como e1, e2 y e3 respectivamente, además, al momento del relleno para poder colocar el modulo del encofrado se estima un espesor de "e" de 3.5m.

Muestra 1:

Tabla 3.27: Avance de la Cuadrilla de Excavación para la Primera Medición de volúmenes

	5b(m)	2c(m)	2b(m)	h(m)	E1(m)	Consideración	Total(m3)
excavación	6.30	6.50	7.00	5.00	0.40	0.80	37.00
	2a(m)	5b(m)	2b(m)	e(m)		Hprom(m)	
relleno	6.60	6.30	7.00	3.50		0.75	52.24
Total(m3)							89.24

Muestra 2:

Tabla 3.28: Avance de la Cuadrilla de Excavación para la Segunda Medición de volúmenes

	P4(m)	4a(m)	e1(m)	e3(m)	h(m)	Total(m3)
excavación	7.90	6.65	0.40	0.60	5.00	37.00
	2c(m)	e(m)			Hprom(m)	
relleno	8.00	3.50			0.75	21.00
Total(m3)						58.00

Muestra 3:

Tabla 3.29: Avance de la Cuadrilla de Excavación para la Tercera Medición de volúmenes

	5c(m)	P15(m)	h(m)	e1(m)	e3(m)	Total(m3)
excavación	6.80	8.00	5.00	0.40	0.60	37.60
	P4(m)	4a(m)	e(m)			Hprom
relleno	8.00	5.70	4.00			0.75
Total(m3)						78.70

3. Acero

El enmallado consta de dos partes: Modulación y Colocación. Como en las jornadas de trabajo no siempre se hacían las dos partes para un mismo muro pantalla, entonces se vio necesario tomar datos de los tiempos que demora hacer estas actividades, para poder tener un porcentaje respecto al tiempo total que demora hacer estas actividades.

Tabla 3.30: Coeficientes para el metrado establecidos

Actividad	Mediciones										Prom.		Coef
	1		2		3		4		5		mi n	%	
	mi n	%	mi n	%	mi n	%	mi n	%	mi n	%			
colocación	87	0.24	103	0.28	72	0.20	94	0.27	62	0.18	89	0.24	coef 1
modulado	270	0.76	264	0.72	296	0.80	249	0.73	248	0.70	265	0.76	coef 2

Muestra 1:

Tabla 3.31 Avance de la Cuadrilla de Acero para la Primera Medición

	2b(kg)	5b(kg)	coef1	Total(Kg)
acero	1080.97	860.00	0.24	473.01
Total(Kg)				473.01

Las mallas de los muros 2b y 5b solo fueron afectadas por el coef1 ya que solo fueron colocadas puesto que las mallas ya estaban tejidas

Muestra 2:

Tabla 3.32 Avance de la Cuadrilla de Acero para la Segunda Medición

	4a(kg)	2c(kg)	coef1	Total(Kg)
acero	1141.98	1158.00	0.24	560.51
Total(Kg)				560.51

Las mallas de los muros 4a y 2c solo fueron afectadas por el coef1 ya que solo fueron colocadas puesto que las mallas ya estaban tejidas

Muestra 3:**Tabla 3.33: Avance de la Cuadrilla de Acero para la Tercera Medición**

	5c(kg)	P4(kg)	Total(Kg)
acero	1960.85	1231.17	3192.02
Total(Kg)			3192.02

Las mallas de los muros 5c y P4 no fueron afectadas por ningún coeficiente ya que solo fueron moduladas y colocadas en la jornada.

4. Concreto

En el vaciado de concreto se tienen tres espesores distintos (0.40, 0.5 y 0.6m) llamados como (e1, e2 y e3) respectivamente.

Muestra 1:**Tabla 3.34: Avance de la Cuadrilla de Concreto para la Primera Medición**

	1a(m)	1b(m)	2a(m)	e1(m)	e2(m)	h(m)	Total(m3)
concreto	3.00	5.00	5.00	0.40	0.50	3.50	19.25
Total(m3)							19.25

Muestra 2:**Tabla 3.35: Avance de la Cuadrilla de Concreto para la Segunda Medición**

	2b(m)	2c(m)	5b(m)	e1(m)	h(m)	Total(m3)
concreto	5.00	6.80	5.35	0.40	3.50	24.01
Total(m3)						24.01

Muestra 3:**Tabla 3.36: Avance de la Cuadrilla de Concreto para la Tercera Medición**

	4a(m)	P4(m)	cajón(m)	e1(m)	e3(m)	h(m)	hcajon(m)	Total(m3)
concreto	5.70	7.90	1.20	0.40	0.60	3.50	1.20	25.43
Total(m3)								25.43

3.5. CALCULO DEL RENDIMIENTO

Corresponde al cociente entre las horas consumidas en la jornada de trabajo y el metrado de avance del mismo, cada muestra tiene el rendimiento de las cuadrillas de encofrado, excavación, acero y concreto respectivamente; estos rendimientos reales diarios se compara con los rendimientos meta estimados para la obra, que son diferentes a los presentados en el análisis de costos de la obra y no presentan un esquema y/o formula definida de los componente de la cuadrilla, es por esto que la comparación presentada es solo representativa para el estudio realizado.

Muestra 1:

Tabla 3.37: Rendimiento Real Vs Rendimiento Teórico en la Primera Medición

	Encofrado(m2)	Excavación(m3)	Acero(kg)	Concreto(m3)
hh	61.00	87.00	75.00	53.50
metrado	63.32	89.24	473.01	19.25
Rendimiento real	0.96	0.97	0.16	2.78
Rendimiento teórico	0.53	0.65	0.013	0.1

Muestra 2:

Tabla 3.38: Rendimiento Real Vs Rendimiento Teórico en la Segunda Medición

	Encofrado(m2)	Excavación(m3)	Acero(kg)	Concreto(m3)
hh	81.20	66.00	55.00	60.00
metrado	63.39	58.00	560.51	24.01
Rendimiento real	1.28	1.14	0.10	2.50
Rendimiento teórico	0.53	0.65	0.013	0.1

Muestra 3:**Tabla 3.39: Rendimiento Real Vs Rendimiento Teórico en la Tercera Medición**

	Encofrado(m2)	Excavación(m3)	Acero(kg)	Concreto(m3)
hh	69.50	86.00	33.00	69.00
metrado	105.92	78.70	3192.02	25.43
Rendimiento real	0.66	1.09	0.01	2.71
Rendimiento teórico	0.53	0.65	0.013	0.1

De los resultados obtenidos se puede apreciar que todas las cuadrillas presentan un rendimiento más bajo del estimado, sobre todo la cuadrilla de concreto, debido a que ellos ingresan a campo varias horas antes de la hora en el que realizan sus tareas productivas para la elaboración de los muros pantalla, esto trae como consecuencias un aumento de costos de mano de obra, aumento de costos de equipo, entre otros, debido a una mala programación u otros factores que puedan estar generando este tipo de desviación.

CAPITULO IV: EVALUACIÓN DE LA INFORMACIÓN

De los datos obtenidos se tiene tres muestreos que describen las actividades hechas por el personal integrante de cada cuadrilla involucrada en la elaboración de muros pantalla. De estas actividades se puede observar que los trabajadores realizan actividades que no aportan valor y que son un problema para la producción del muro pantalla, puesto que, disminuyen la productividad del sistema de producción y que la administración no detecta. Cabe resaltar que la administración de la obra no ordena trabajos específicos a los trabajadores para que realicen sus actividades cada uno de ellos, en vez de ellos da las metas a realizar en la jornada de trabajo. Estas actividades que no contribuyen a la productividad y forman parte de las actividades se presenta en la tabla 4.1 a continuación:

Tabla 4.1: Nombre, simbología y descripción de las actividades no contributorias detectadas en obra

	Actividad	Código	Descripción	Proceso
TNC	Conversar	N	Conversar en horas de trabajo	Todos
	Ingerir Alimentos	IA	Comer dentro del horario de trabajo (no incluyen almuerzos)	Todos
	Espera – grúa	EG	Esperas debido al uso de la grúa	Todos
	Espera – excavadora	EE	Esperas debido al uso de la excavadora	Todos
	Espera – frente	EF	Esperas por demoras de las cuadrillas anteriores	Todos
	Retrabajo	Re	Volver a realizar un trabajo	Todos
	Viajes	V	Trasladarse de un lugar a otro sin un fin determinado	Todos
	Distracciones	D	Distraerse en horario de trabajo	Todos
	Celulares	Cel	Llamadas al celular	Todos
	Descanso	De	Descansar en hora de trabajo	Todos

Por cada muestreo hecho se tiene una cantidad de mediciones tomadas para cada actividad. Para conocer cuáles de estas actividades son las más influyentes en hacer que el sistema de producción presente un bajo nivel de productividad, se va a realizar un Diagrama de Pareto que se presenta a continuación.

4.1. DIAGRAMA DE PARETO

El diagrama de Pareto, también llamado curva 80-20 o Distribución A-B-C. El diagrama facilita el estudio comparativo de numerosos procesos dentro de las industrias o empresas comerciales, así como fenómenos sociales o naturales.

El diagrama permite mostrar gráficamente el principio de Pareto (pocos vitales, muchos triviales), es decir, que hay muchos problemas sin importancia frente a unos pocos graves. Mediante la gráfica colocamos los "pocos vitales" a la izquierda y los "muchos triviales" a la derecha.

Hay que tener en cuenta que tanto la distribución de los efectos como sus posibles causas no es un proceso lineal sino que el 20% de las causas totales hace que sean originados el 80% de los efectos.

De los 3 muestreos tomados, se tiene las actividades ineficientes que nos generan un déficit de productividad.

Para cada muestreo se tiene un número de repeticiones de cada actividad ineficiente, de aquí, se va a dar a conocer que actividades son las más incisivas para generar un déficit de productividad.

- **Muestra 1**

Esta medición es correspondiente al primer día de acopio de datos y segundo día de producción de los muros pantalla

Tabla 4.2: Número de actividades ineficientes encontradas

	Ineficiencias	Nº
Nº	Conversar (N)	38
1	Ingerir alimentos (IA)	14
2	Esperas-grúa (EG)	13
3	Esperas-Exc. (EE)	4
4	Esperas-frente (EF)	55
5	Retrabajos (Re)	11
6	Viajes (V)	32
7	Distracciones (D)	21
8	Uso de Celulares (Cel)	2
9	Descanso (De)	41
10	Otros (Y)	22
11	Total	253

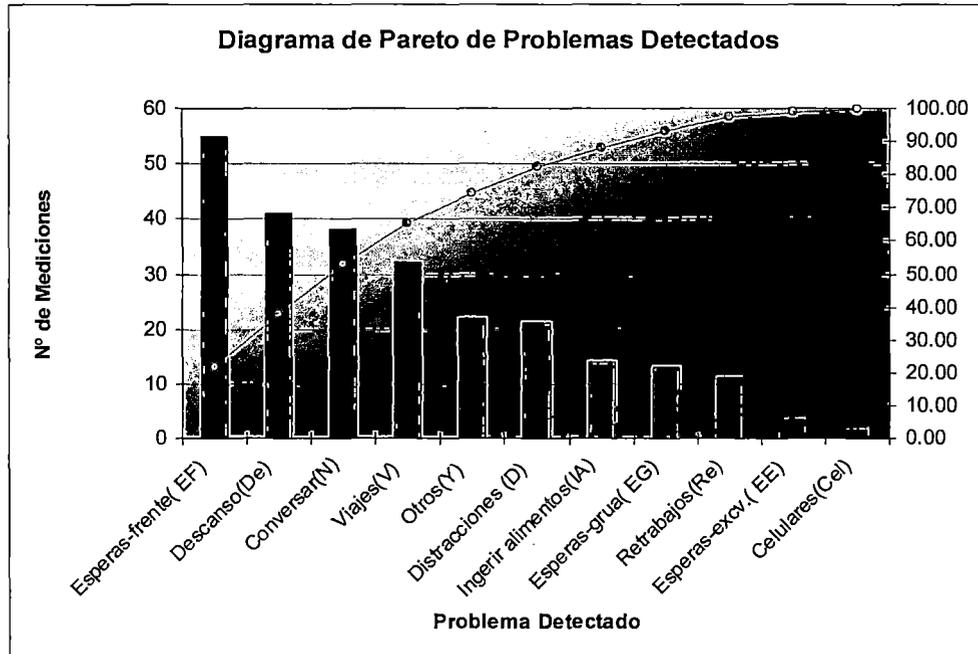
De aquí se obtiene lo siguiente:

Tabla 4.3: Frecuencia ordenada de actividades ineficientes

Muestra 1					
Nº	Ineficiencias	Nº	Total Acum.	% Parcial	% Acum.
1	Esperas-frente (EF)	55	55	21.74	21.74
2	Descanso (De)	41	96	16.21	37.94
3	Conversar (N)	38	134	15.02	52.96
4	Viajes (V)	32	166	12.65	65.61
5	Otros (Y)	22	188	8.70	74.31
6	Distracciones (D)	21	209	8.30	82.61
7	Ingerir alimentos (IA)	14	223	5.53	88.14
8	Esperas-grúa (EG)	13	236	5.14	93.28
9	Retrabajos (Re)	11	247	4.35	97.63
10	Esperas-Exc. (EE)	4	251	1.58	99.21
11	Celulares (Cel)	2	253	0.79	100.00
	Total	253		100.00	

De la tabla anterior se obtiene:

Fig.4.1: Diagrama de Pareto de las Actividades Ineficientes



Según el principio de Pareto, el 80% de los problemas se solucionan dándole una solución el 20% de las actividades acumuladas. En la gráfica se aprecia que con el 20% de las actividades solo se podrán solucionar el 52.96% de los problemas, difiriendo del principio. Por motivos prácticos vamos a intentar resolver el 20% de las actividades (**ESPERAS-FRENTE, DESCANSO, CONVERSAR**) para tratar de mejorar el sistema de producción en un 52.96%

- **Muestra 2**

De forma similar, esta medición es correspondiente al segundo día de recogimiento de datos y al tercer día de producción de los muros pantalla

Tabla 4.4: Número de actividades ineficientes encontradas

	Ineficiencias	Nº
Nº	Conversar (N)	40
1	Ingerir alimentos (IA)	9
2	Esperas-grúa (EG)	14
3	Esperas-Exc. (EE)	28
4	Esperas-frente (EF)	31
5	Retrabajos (Re)	29
6	Viajes (V)	44
7	Distracciones (D)	29
8	Celulares (Cel)	7
9	Descanso (De)	23
10	Otros (Y)	20
11	Total	274

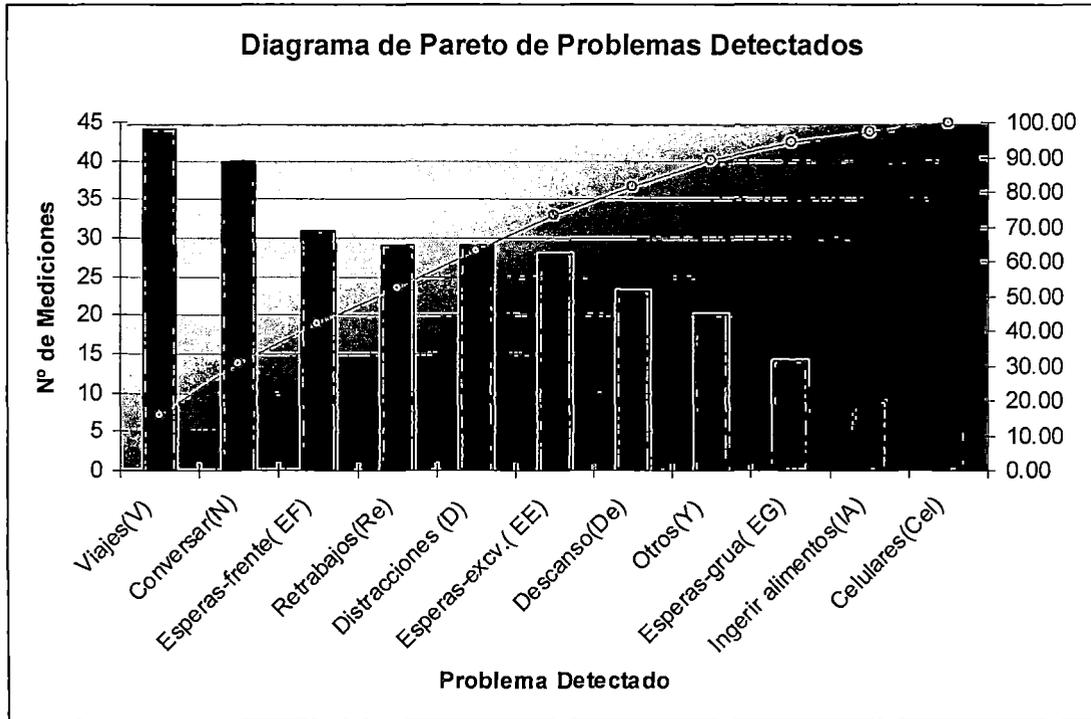
De aquí se obtiene lo siguiente:

Tabla 4.5: Ordenamiento de las Actividades Ineficientes

Muestra 2					
Nº	Ineficiencias	Nº	Total Acum.	% Parcial	% Acum.
1	Viajes (V)	44	44	16.06	16.06
2	Conversar (N)	40	84	14.60	30.66
3	Esperas-frente (EF)	31	115	11.31	41.97
4	Retrabajos (Re)	29	144	10.58	52.55
5	Distracciones (D)	29	173	10.58	63.14
6	Esperas-Exc. (EE)	28	201	10.22	73.36
7	Descanso (De)	23	224	8.39	81.75
8	Otros (Y)	20	244	7.30	89.05
9	Esperas-grúa (EG)	14	258	5.11	94.16
10	Ingerir alimentos (IA)	9	267	3.28	97.45
11	Celulares (Cel)	7	274	2.55	100.00
	Total	274		100.00	

De la tabla anterior se obtiene:

Fig.4.2: Diagrama de Pareto de las Actividades Ineficientes



Según el principio de Pareto, el 80% de los problemas se solucionan dándole una solución el 20 % de las actividades acumuladas. En la grafica se aprecia que con el 20% de las actividades solo se podrán solucionar el 41.97% de los problemas, difiriendo del principio. Por motivos prácticos vamos a intentar resolver el 20% de las actividades (**VIAJES, CONVERSAR, ESPERAS-FRENTE**) para tratar de mejorar el sistema de producción en un 41.97%

- **Muestra 3**

De forma similar, esta medición es correspondiente al tercer día de recogimiento de datos y al cuarto día de producción de los muros pantalla

Tabla 4.6: Número de Actividades Ineficientes Encontradas

Ineficiencias	Nº
Conversar (N)	44
Ingerir alimentos (IA)	9
Esperas-grúa (EG)	14
Esperas-Exc. (EE)	11
Esperas-frente (EF)	31
Retrabajos (Re)	27
Viajes (V)	51
Distracciones (D)	26
Celulares (Cel)	7
Descanso (De)	29
Otros (Y)	20
Total	269

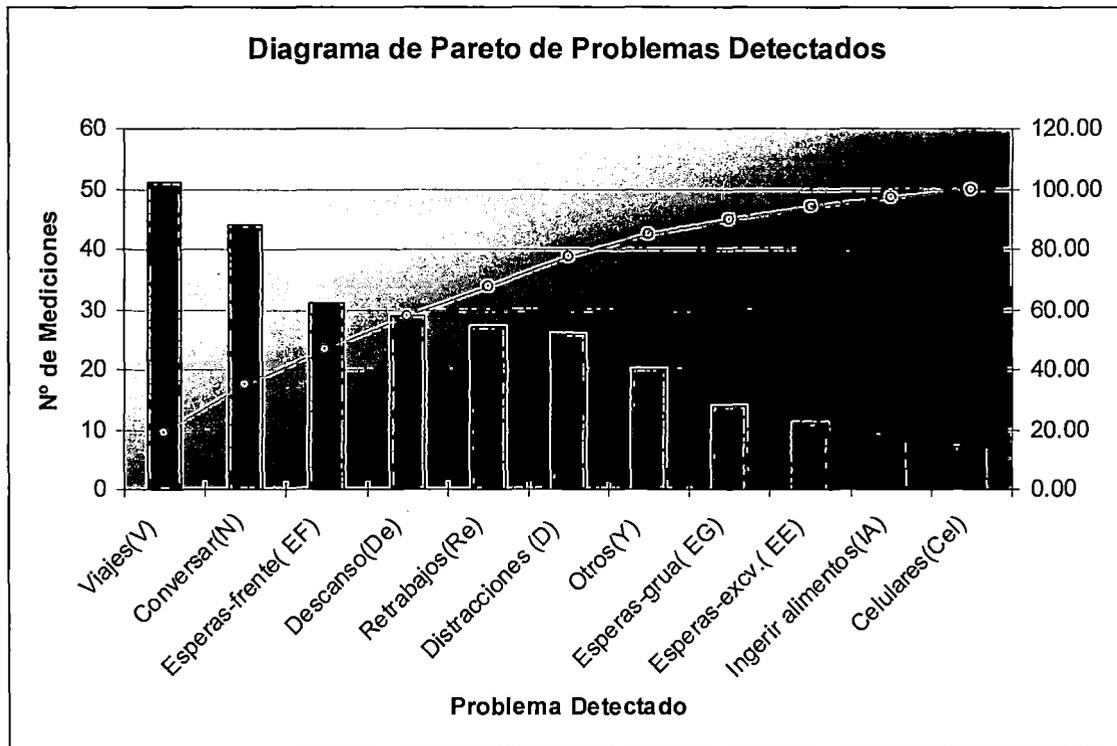
De aquí se obtiene lo siguiente:

Tabla 4.7: Ordenamiento de las Actividades Ineficientes

Muestra 3				
Ineficiencias	Nº	Total Acum.	% Parcial	% Acum.
Viajes (V)	51	51	18.96	18.96
Conversar (N)	44	95	16.36	35.32
Esperas-frente (EF)	31	126	11.52	46.84
Descanso (De)	29	155	10.78	57.62
Retrabajos (Re)	27	182	10.04	67.66
Distracciones (D)	26	208	9.67	77.32
Otros (Y)	20	228	7.43	84.76
Esperas-grúa (EG)	14	242	5.20	89.96
Esperas-Exc. (EE)	11	253	4.09	94.05
Ingerir alimentos (IA)	9	262	3.35	97.40
Celulares (Cel)	7	269	2.60	100.00
Total	269		100.00	

De la tabla anterior se obtiene:

Fig.4.3: Diagrama de Pareto de las Actividades Ineficientes



En la grafica se aprecia que con el 20% de las actividades solo se podrán solucionar el 46.84% de los problemas, difiriendo del principio de Pareto. Por motivos de estudio vamos a tratar de resolver el 20% de las actividades (**ESPERAS-FRENTE, VIAJES, CONVERSAR**) para intentar mejorar el sistema de producción en un 41.97%

4.2. DIAGRAMA CAUSA-EFECTO

El Diagrama de Ishikawa, también llamado diagrama de causa-efecto, es una de las diversas herramientas surgidas a lo largo del siglo XX en ámbitos de la industria y posteriormente en el de los servicios, para facilitar el análisis de problemas y sus soluciones en campos como; calidad de los procesos, los productos y servicios. Fue concebido por el ingeniero japonés Dr. Kaoru Ishikawa en el año 1943. Se trata de un diagrama que por su estructura ha venido a llamarse también diagrama de espina de pescado, que consiste en una representación gráfica sencilla en la que puede verse de manera relacional una especie de espina central, que es una línea en el plano horizontal, representando el problema a analizar.

El problema analizado puede corresponder a diversos ámbitos como la salud, calidad de productos y servicios, fenómenos sociales, organización, etc. A este eje horizontal van llegando líneas oblicuas -como las espinas de un pez- que representan las causas valoradas como tales por las personas participantes en el análisis del problema. A su vez, cada una de estas líneas que representa una posible causa, recibe otras líneas perpendiculares que representan las causas secundarias. Cada grupo formado por una posible causa primaria y las causas secundarias que se le relacionan forman un grupo de causas con naturaleza común.

Este tipo de herramienta permite un análisis participativo mediante grupos de mejora o grupos de análisis, que mediante técnicas como por ejemplo la lluvia de ideas, sesiones de creatividad, y otras, facilita un resultado óptimo en el entendimiento de las causas que originan un problema, con lo que puede ser posible la solución del mismo. En el presente estudio debido a las condiciones que se presentaron, no se logró hacer sesiones de creatividad, mas si se estuvo pidiendo opiniones a personales de la obra aisladamente, no obstante los diagramas han sido creados a criterios del autor.

La primera parte de este Diagrama muestra todos aquellos posibles factores que puedan estar originando alguno de los problemas que tenemos, la segunda fase luego de la tormenta de ideas es la ponderación o valoración de estos factores a fin de centralizarse específicamente sobre los problemas principales, esta ponderación puede realizarse ya sea por la experiencia de quienes participan o por investigaciones in situ que sustenten el valor asignado.

Luego de detectadas las actividades que representan los principales problemas dentro de la jornada de trabajo de las cuadrillas al realizar el sistema de producción de muros pantalla, se procede a analizar estas (las actividades) y descubrir cuáles son las causas primarias que nos generan esas actividades o ineficiencias en el sistema de producción.

Antes de la recopilación de datos, debido a algunas pruebas de prueba y error, se pregunto y distinguió ciertas causas que generaban nuestras ineficiencias de las cuales tenemos:

Tabla 4.8: Causa de las ineficiencias encontradas

Causa de las ineficiencias	Descripción
Experiencia	El personal es inexperto
Calidad	La calidad del trabajo de los obreros es baja
Motivación	Los obreros no se encuentran motivados
Concentración	Los obreros se desconcentran con facilidad
Fatiga	Obreros que presentan fatiga y rinden muy por debajo de lo esperado
Cansancio	Obreros cansados que necesitan un descanso breve en los trabajos para continuar con ellos al rendimiento esperado
Supervisión	La supervisión es poca o nula
Distancia	La distancia en el flujo de materiales es muy larga
Cantidad	Mucha cantidad de material para transportar
Maniobrabilidad	Las máquinas maniobran con lentitud
Capacidad	El rendimiento de las máquinas es bajo debido a su capacidad
Planificación	La planificación del trabajo es deficiente
Diseño	El diseño de la cuadrilla no es óptima
Programación	La programación no es acertada y genera colas
Organización	La organización en el trabajo es defectuosa
Condiciones de trabajo	Las condiciones de trabajo generan la ineficiencia

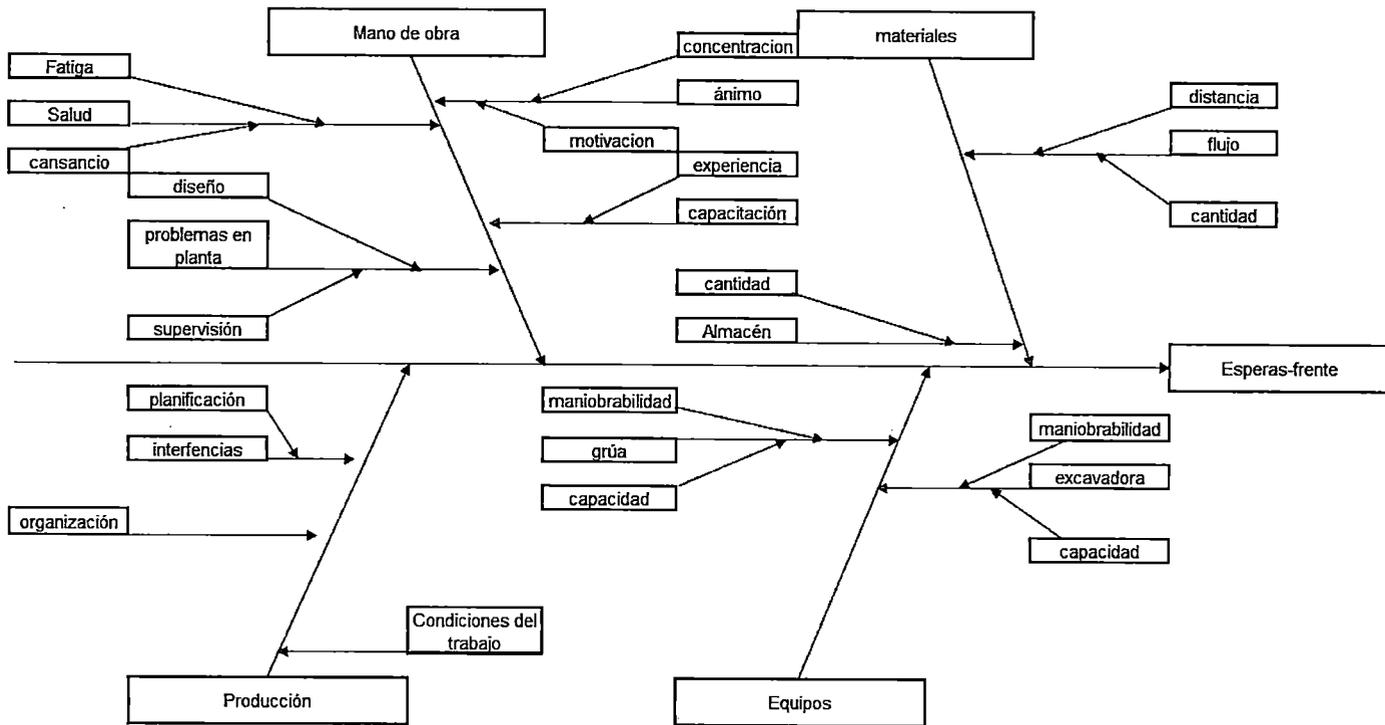
En la recopilación de datos, con las causas preestablecidas, se recogió datos sobre la incidencia de las causas sobre las ineficiencias encontradas, para así poder apreciar que causas son más incisivas en cada ineficiencia, para así intentar mitigarla con acciones correctivas.

- **Muestra 1**

De la muestra N° 1 tomada, se tiene que la principal ineficiencia en la jornada de trabajo que disminuye la productividad del sistema de producción en estudio son las **ESPERAS POR FRENTE** de las cuadrillas. Al analizar esto mediante el diagrama de ISHIKAWA (Causa-Efecto) obtenemos lo siguiente:

- Esperas por frente:

Fig.4.4: Diagrama de Ishikawa para las esperas por frente



De este gráfico, obtenemos las causas primarias que generan la actividad ineficiente de “ESPERAS POR FRENTE”; ahora, se va a analizar, mediante un diagrama de Pareto, cual(es) de estas causas es(son) la(s) más incidente(s) para esta ineficiencia evaluada.

Tabla 4.9: Número de Causas de las Actividades Ineficientes Encontradas

N°	Causa de los Defectos	N° defectos
1	fatiga del obrero	16
2	cansancio del obrero	18
3	diseño de la cuadrilla	17
4	supervisión (capataz, ingeniero)	34
5	concentración en el trabajo	30
6	motivación personal	24
7	experiencia del obrero	6
8	cantidad del material	19

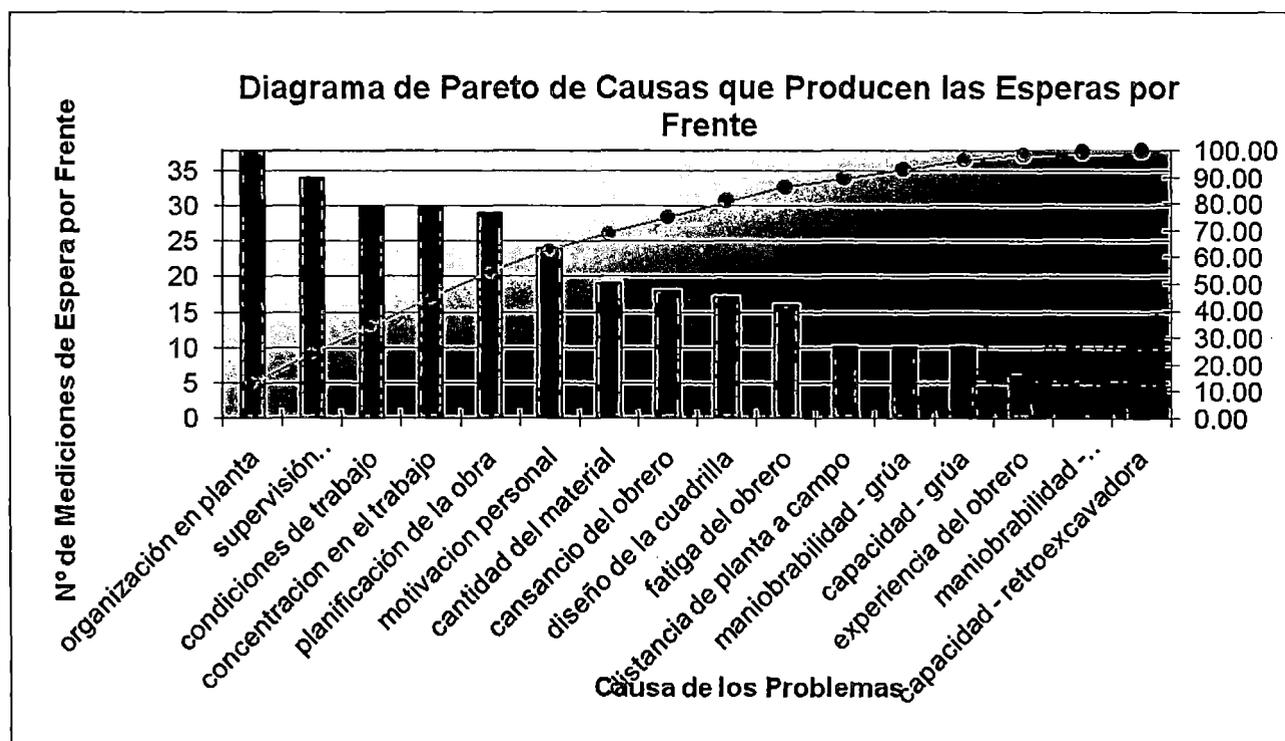
9	distancia de planta a campo	10
10	planificación de la obra	30
11	organización en planta	38
12	Condiciones de trabajo	29
13	maniobrabilidad - grúa	10
14	capacidad - grúa	10
15	maniobrabilidad - retroexcavadora	2
16	capacidad - retroexcavadora	2
	Total	295

Tabla 4.10: Ordenamiento de las Causas de las Actividades Ineficientes

ESPERAS POR FRENTE - MEDICIÓN N° 1					
N°	Causa de los Defectos	N° defectos	Total Acum.	% Parcial	% Acum.
1	organización en planta	38	38	12.88	12.88
2	supervisión (capataz, ingeniero)	34	72	11.53	24.41
3	planificación de la obra	30	102	10.17	34.58
4	concentración en el trabajo	30	132	10.17	44.75
5	Condiciones de trabajo	29	161	9.83	54.58
6	motivación personal	24	185	8.14	62.71
7	cantidad del material	19	204	6.44	69.15
8	cansancio del obrero	18	222	6.10	75.25
9	diseño de la cuadrilla	17	239	5.76	81.02
10	fatiga del obrero	16	255	5.42	86.44
11	distancia de planta a campo	10	265	3.39	89.83
12	maniobrabilidad - grúa	10	275	3.39	93.22
13	capacidad - grúa	10	285	3.39	96.61
14	experiencia del obrero	6	291	2.03	98.64
15	maniobrabilidad - retroexcavadora	2	293	0.68	99.32
16	capacidad - retroexcavadora	2	295	0.68	100.00
	Total	295		100.00	

De la tabla anterior se tiene:

Fig.4.5: Diagrama de Pareto de las Causas de las Actividades Ineficientes

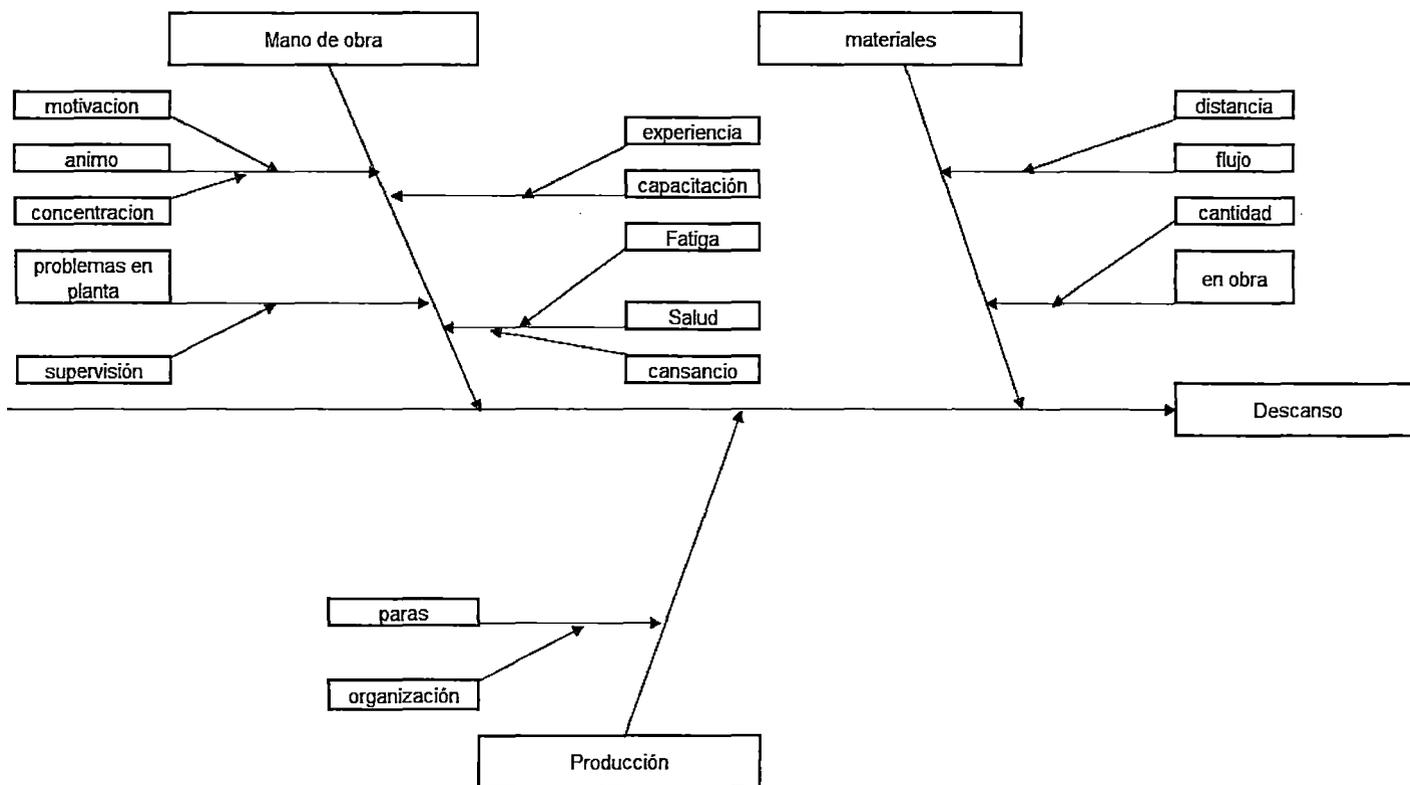


En la grafica se aprecia que con el 20% de las actividades solo se podrán solucionar el 44.75% de los problemas, difiriendo del principio de Pareto. Por motivos prácticos vamos a resolver el 20% de las actividades (**ORGANIZACIÓN EN PLANTA, SUPERVISIÓN POR PARTE DEL CAPATAZ O INGENIERO, PLANIFICACIÓN DE LA OBRA, CONCENTRACION EN EL TRABAJO**) para intentar mitigar la ineficiencia **ESPERAS POR FRENTE**.

Otra ineficiencia principal en la primera medición que disminuye la productividad del sistema de producción en estudio son los **DESCANSOS** de las cuadrillas. Al analizar esto mediante el diagrama de ISHIKAWA (Causa-Efecto) obtenemos lo siguiente:

- Descansos:

Fig.4.6: Diagrama de Ishikawa para los descansos



De este gráfico, obtenemos las causas primarias que generan la actividad ineficiente de “DESCANSO”; ahora, se va a analizar, mediante un diagrama de Pareto, cual(es) de estas causas es(son) la(s) más incidente(s) para esta ineficiencia evaluada.

Tabla 4.11: Número de Causas de las Actividades Ineficientes Encontradas

Nº	Causa de los Defectos	Nº defectos
1	fatiga del obrero	6
2	cansancio del obrero	37
3	supervisión (capataz, ingeniero)	31
4	concentración en el trabajo	22
5	motivación personal	18
6	experiencia del obrero	4
7	cantidad del material	15
8	distancia de planta a campo	10

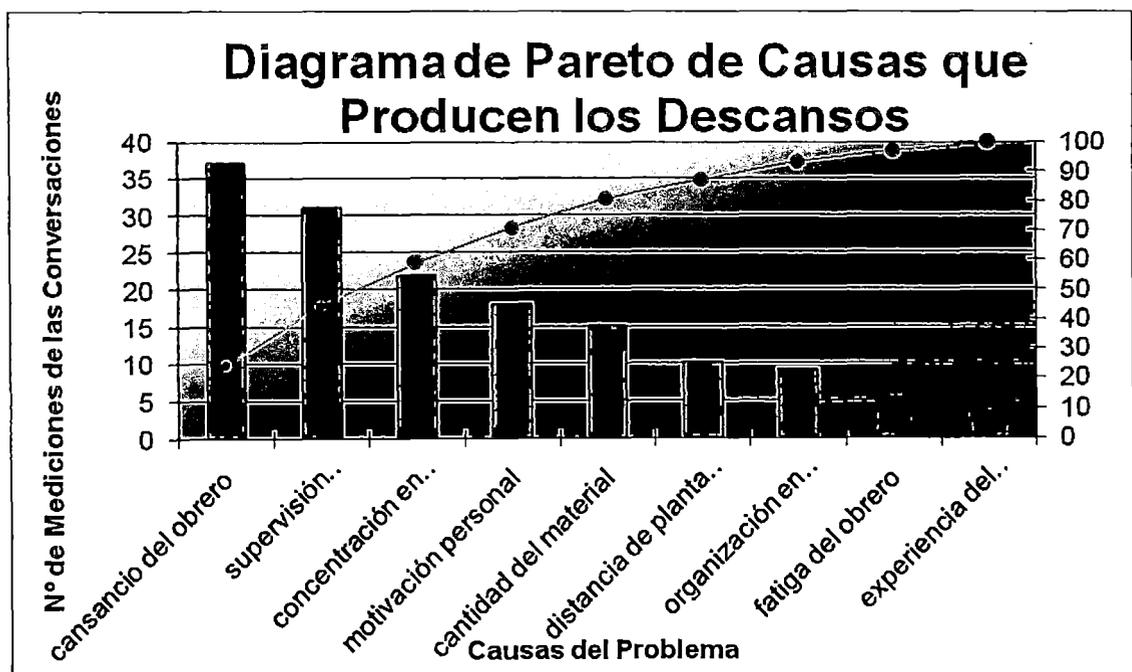
9	organización en planta	9
Total		152

Tabla 4.12: Ordenamiento de las Causas de las Actividades Ineficientes

DESCANSOS - MEDICIÓN N° 1					
N°	Causa de los Defectos	N° defectos	Total Acum.	% Parcial	% Acum.
1	cansancio del obrero	37	37	24.34	24.34
2	supervisión (capataz, ingeniero)	31	68	20.39	44.74
3	concentración en el trabajo	22	90	14.47	59.21
4	motivación personal	18	108	11.84	71.05
5	cantidad del material	15	123	9.87	80.92
6	distancia de planta a campo	10	133	6.58	87.50
7	organización en planta	9	142	5.92	93.42
8	fatiga del obrero	6	148	3.95	97.37
9	experiencia del obrero	4	152	2.63	100.00
Total		152		100.00	

De la tabla anterior se tiene:

Fig.4.7: Diagrama de Pareto de las Causas de las Actividades Ineficientes

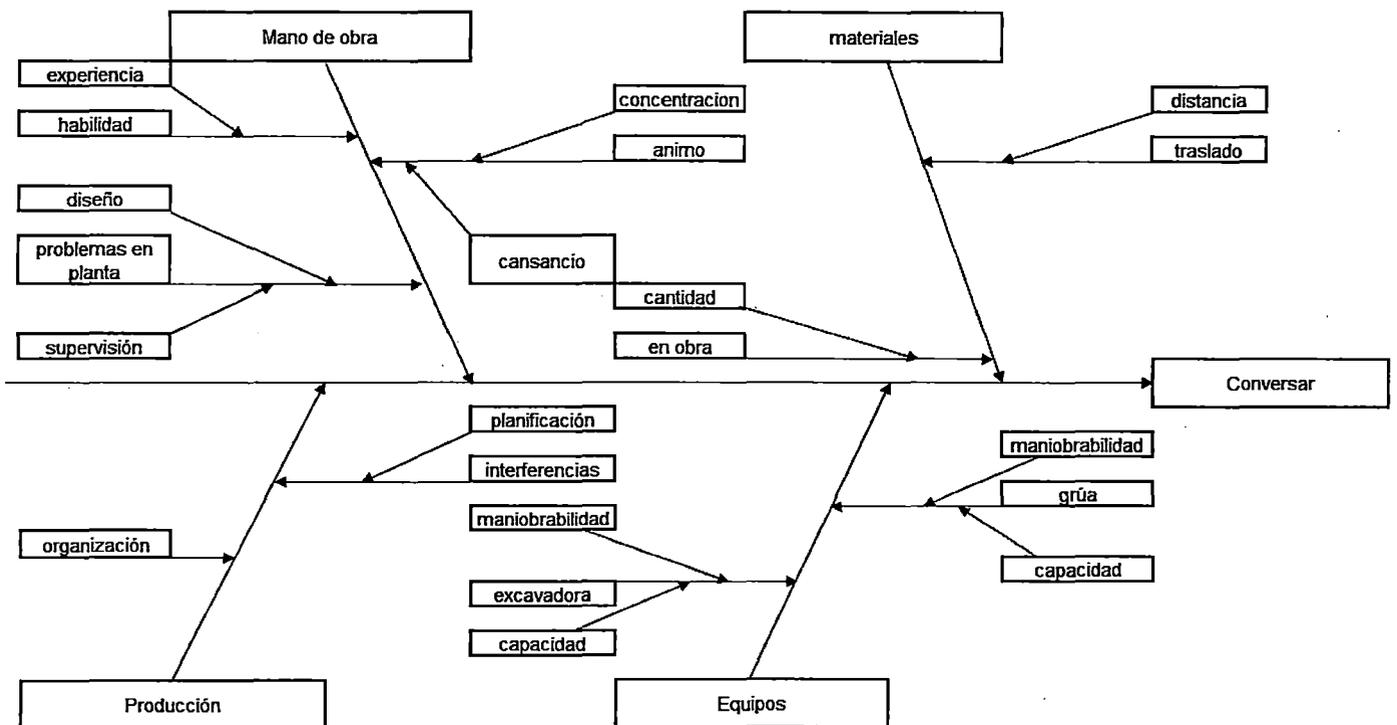


En la grafica se aprecia que con el 20% de las actividades solo se podrán solucionar el 44.74% de los problemas, difiriendo del principio de Pareto. Por motivos de estudio vamos a resolver el 20% de las actividades (**CANSANCIO DEL OBRERO, SUPERVISION**) para tratar de mitigar la ineficiencia **DESCANSOS**.

Por último, otra ineficiencia principal en la primera medición que disminuye la productividad del sistema de producción en estudio son las **CONVERSACIONES** entre las cuadrillas. Al analizar esto mediante el diagrama de ISHIKAWA (Causa-Efecto) obtenemos lo siguiente:

- **Conversar:**

Fig.4.8: Diagrama de Ishikawa para las Conversaciones



De este gráfico, se obtiene las causas primarias que nos generan la actividad ineficiente de "**CONVERSAR**"; ahora, se va a analizar, mediante un diagrama de Pareto, cual(es) de estas causas es(son) la(s) más incidente(s) para esta ineficiencia evaluada.

Tabla 4.13: Número de Causas de las Actividades Ineficientes Encontradas

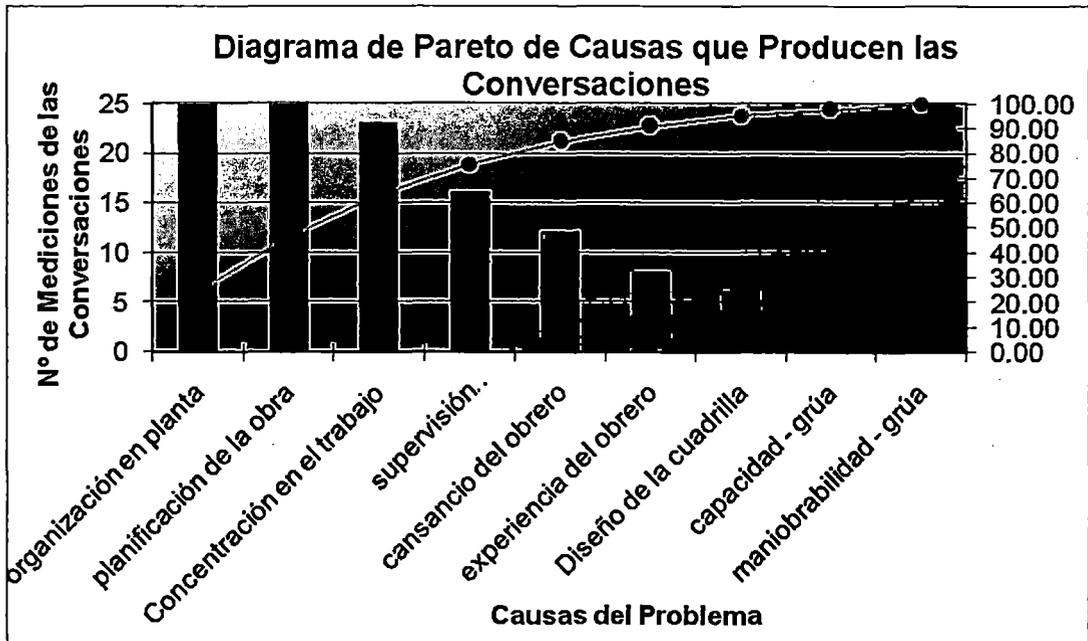
N°	Causa de los Defectos	N° defectos
1	experiencia del obrero	8
2	diseño de la cuadrilla	6
3	supervisión (capataz, ingeniero)	16
4	concentración en el trabajo	23
5	cansancio del obrero	12
6	organización en planta	32
7	planificación de la obra	29
8	maniobrabilidad - grúa	3
9	capacidad - grúa	3
	Total	132

Tabla 4.14: Ordenamiento de las Causas de las Actividades Ineficientes

CONVERSAR - MEDICIÓN N° 2					
N°	Causa de los Defectos	N° defectos	Total Acum.	% Parcial	% Acum.
1	organización en planta	32	32	24.24	24.24
2	planificación de la obra	29	61	21.97	46.21
3	Concentración en el trabajo	23	84	17.42	63.64
4	supervisión (capataz, ingeniero)	16	100	12.12	75.76
5	cansancio del obrero	12	112	9.09	84.85
6	experiencia del obrero	8	120	6.06	90.91
7	Diseño de la cuadrilla	6	126	4.55	95.45
8	capacidad - grúa	3	129	2.27	97.73
9	maniobrabilidad - grúa	3	132	2.27	100.00
	Total	132		100.00	

De la tabla anterior se obtiene:

Fig.4.9: Diagrama de Pareto de las Causas de las Actividades Ineficientes



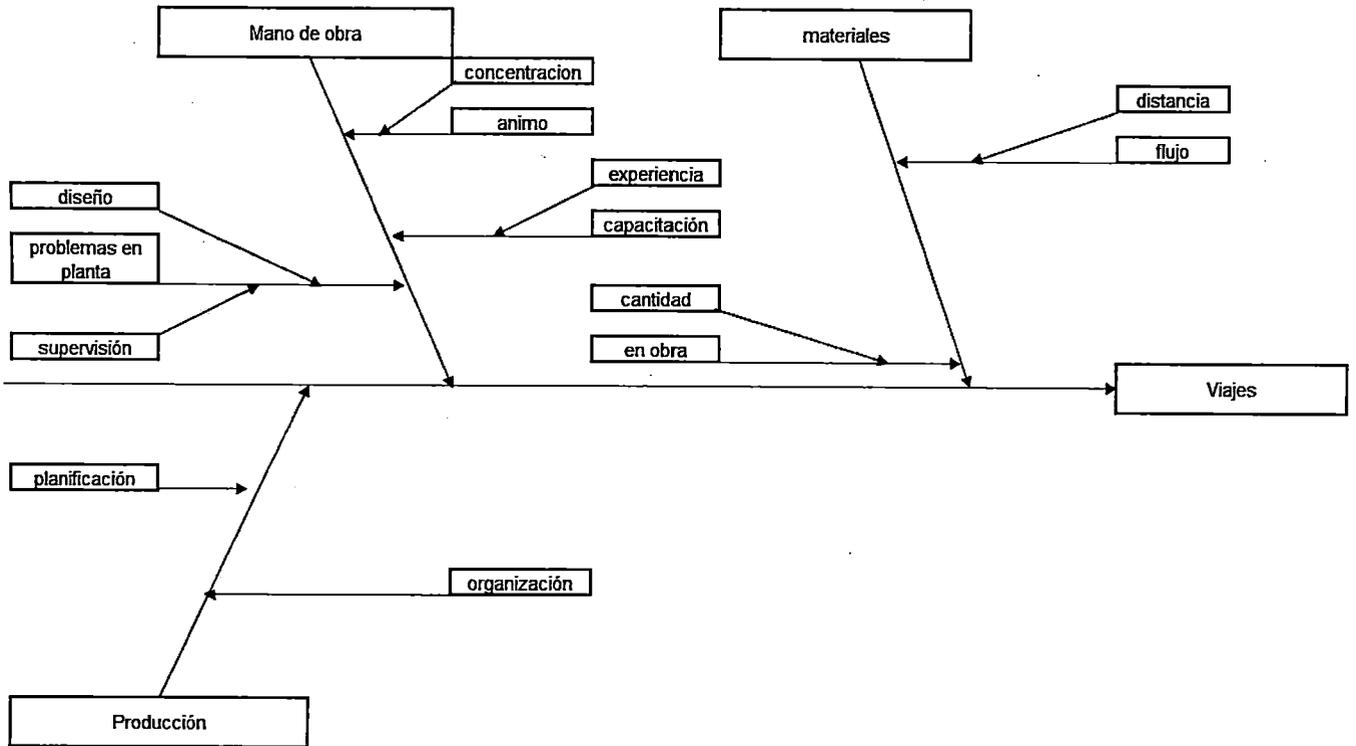
En la grafica se aprecia que con el 20% de las actividades solo se podrán solucionar el 46.21% de los problemas, difiriendo del principio de Pareto. Por motivos prácticos vamos a resolver el 20% de las actividades (**ORGANIZACIÓN EN PLANTA, PLANIFICACIÓN DE LA OBRA**) para intentarmitigar la ineficiencia **CONVERSAR**.

- **Muestra 2**

De la muestra Nº 2 tomada, se tiene que las principales ineficiencias en la jornada de trabajo que disminuyen la productividad del sistema de producción en estudio son los **VIAJES, CONVERSACIONES** y las **ESPERAS POR FRENTE** que realizan las cuadrillas, al analizar estos mediante el diagrama de ISHIKAWA (Causa-Efecto) obtenemos lo siguiente:

- Viajes:

Fig.4.10: Diagrama de Ishikawa para los Viajes



De este gráfico, se obtiene las causas primarias que nos generan la actividad ineficiente de "VIAJES"; ahora, se va a analizar, mediante un diagrama de Pareto, cual(es) de estas causas es(son) la(s) más incidente(s) para esta ineficiencia evaluada.

Tabla 4.15: Número de Causas de las Actividades Ineficientes Encontradas

Nº	Causa de los Defectos	Nº defectos
1	diseño de la cuadrilla	10
2	supervisión (capataz, ingeniero)	26
3	concentración en el trabajo	15
4	experiencia del obrero	9
5	cantidad del material	6
6	distancia de planta a campo	25
7	planificación de la obra	18

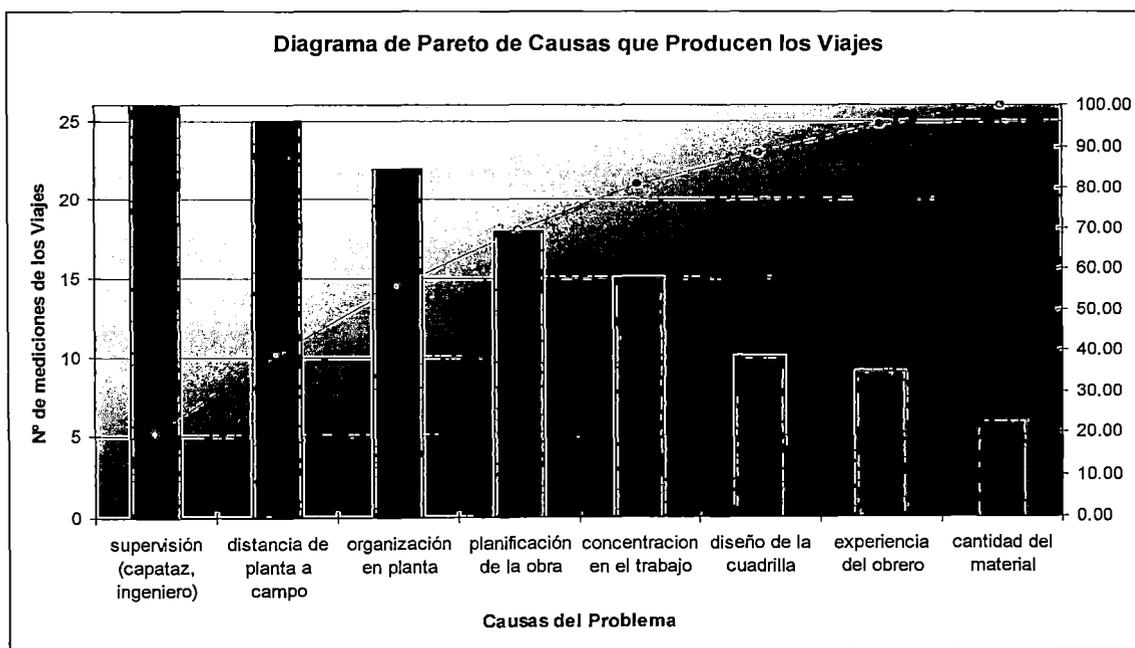
8	organización en planta	22
Total		131

Tabla 4.16: Ordenamiento de las Causas de las Actividades Ineficientes

VIAJES - MEDICIÓN N° 2					
N°	Causa de los Defectos	N° defectos	Total Acum.	% Parcial	% Acum.
1	supervisión (capataz, ingeniero)	26	26	19.85	19.85
2	distancia de planta a campo	25	51	19.08	38.93
3	organización en planta	22	73	16.79	55.73
4	planificación de la obra	18	91	13.74	69.47
5	concentración en el trabajo	15	106	11.45	80.92
6	diseño de la cuadrilla	10	116	7.63	88.55
7	experiencia del obrero	9	125	6.87	95.42
8	cantidad del material	6	131	4.58	100.00
Total		131		100.00	

De la tabla anterior se tiene:

Fig.4.11: Diagrama de Pareto de las Causas de las Actividades Ineficientes

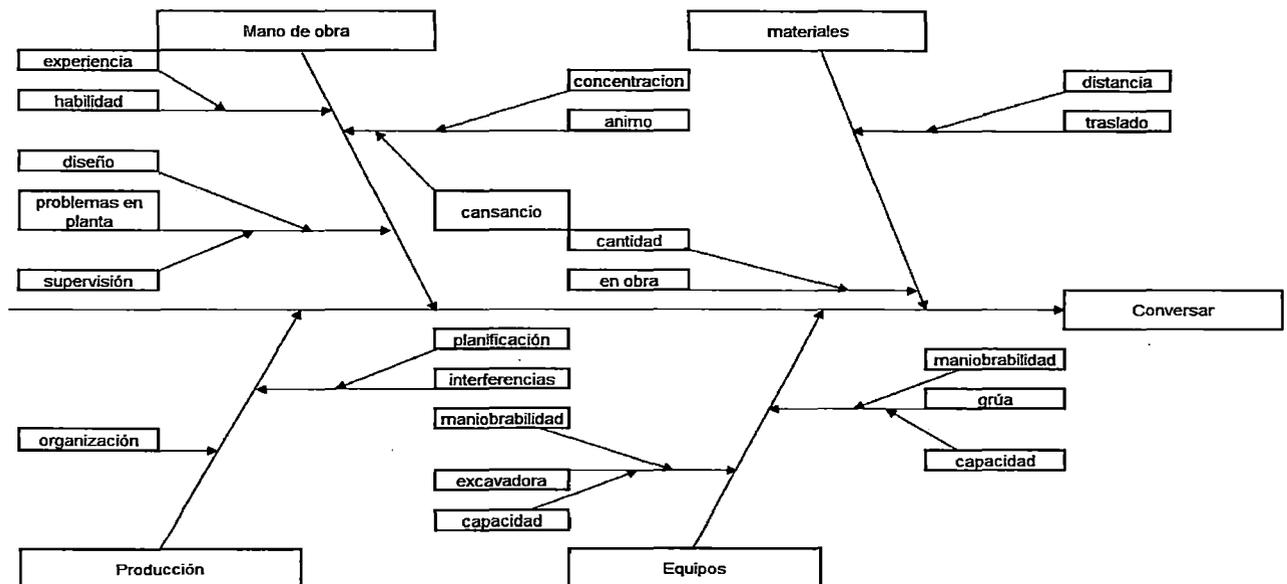


En la grafica se aprecia que con el 20% de las actividades solo se podrán solucionar el 38.93% de los problemas, difiriendo del principio de Pareto. Por motivos de estudio vamos a resolver el 20% de las actividades (**SUPERVISION, DISTANCIA DE PLANTA A CAMPO**) para intentar mitigar la ineficiencia **VIAJES**.

Otra ineficiencia principal en la primera medición que disminuye la productividad del sistema de producción en estudio son las **CONVERSACIONES** entre las cuadrillas. Al analizar esto mediante el diagrama de ISHIKAWA (Causa-Efecto) obtenemos lo siguiente:

- Conversar:

Fig.4.12: Diagrama de Ishikawa para las Conversaciones



De este gráfico, se obtiene las causas primarias que nos generan la actividad ineficiente de **"CONVERSAR"**; ahora, se va a analizar, mediante un diagrama de Pareto, cual(es) de estas causas es(son) la(s) más incidente(s) para esta ineficiencia evaluada.

Tabla 4.17: Número de Causas de las Actividades Ineficientes Encontradas

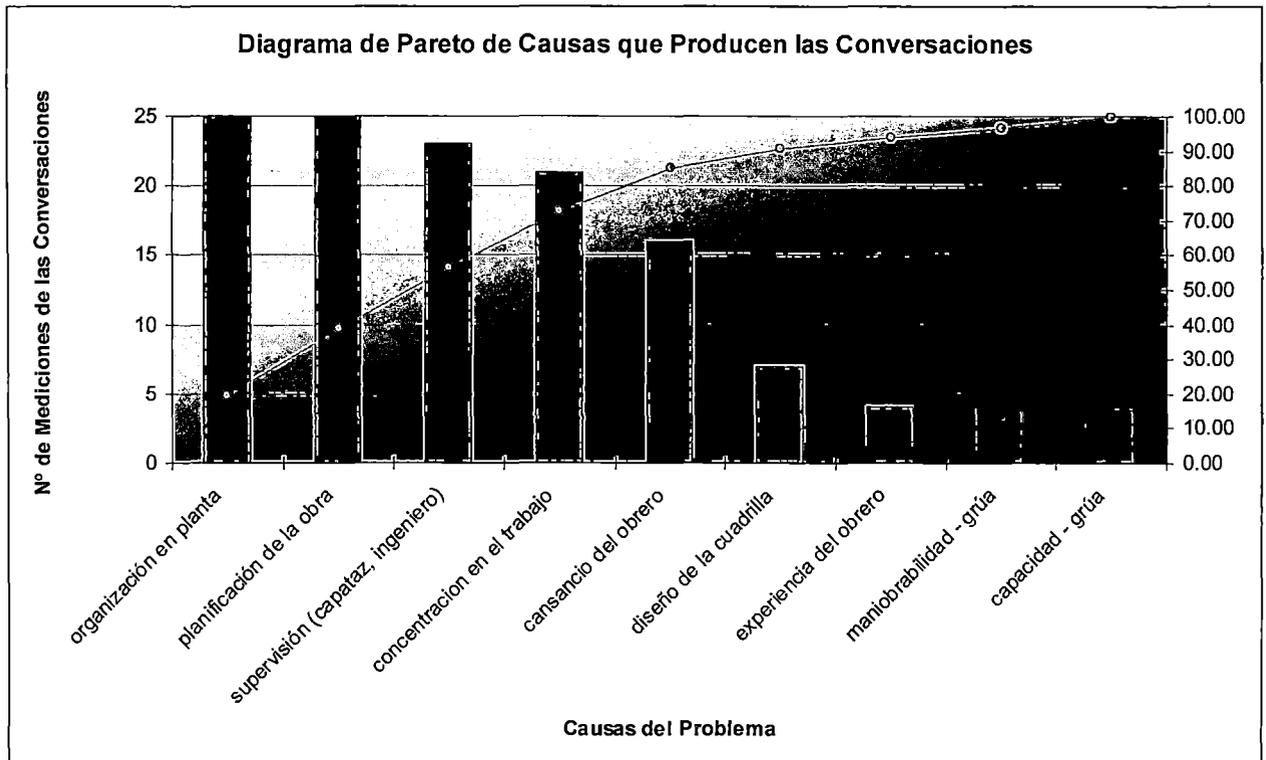
Nº	Causa de los Defectos	Nº defectos
1	experiencia del obrero	4
2	diseño de la cuadrilla	7
3	supervisión (capataz, ingeniero)	23
4	concentración en el trabajo	21
5	cansancio del obrero	16
6	organización en planta	25
7	planificación de la obra	25
8	maniobrabilidad - grúa	4
9	capacidad - grúa	4
	Total	125

Tabla 4.18: Ordenamiento de las Causas de las Actividades Ineficientes

CONVERSAR - MEDICIÓN Nº 2					
Nº	Causa de los Defectos	Nº defectos	Total Acum.	% Parcial	% Acum.
1	organización en planta	25	25	19.38	19.38
2	planificación de la obra	25	50	19.38	38.76
3	supervisión (capataz, ingeniero)	23	73	17.83	56.59
4	concentración en el trabajo	21	94	16.28	72.87
5	cansancio del obrero	16	110	12.40	85.27
6	diseño de la cuadrilla	7	117	5.43	90.70
7	experiencia del obrero	4	121	3.10	93.80
8	maniobrabilidad - grúa	4	125	3.10	96.90
9	capacidad - grúa	4	129	3.10	100.00
	Total	129		100.00	

De la tabla anterior se obtiene:

Fig.4.13: Diagrama de Pareto de las Causas de las Actividades Ineficientes

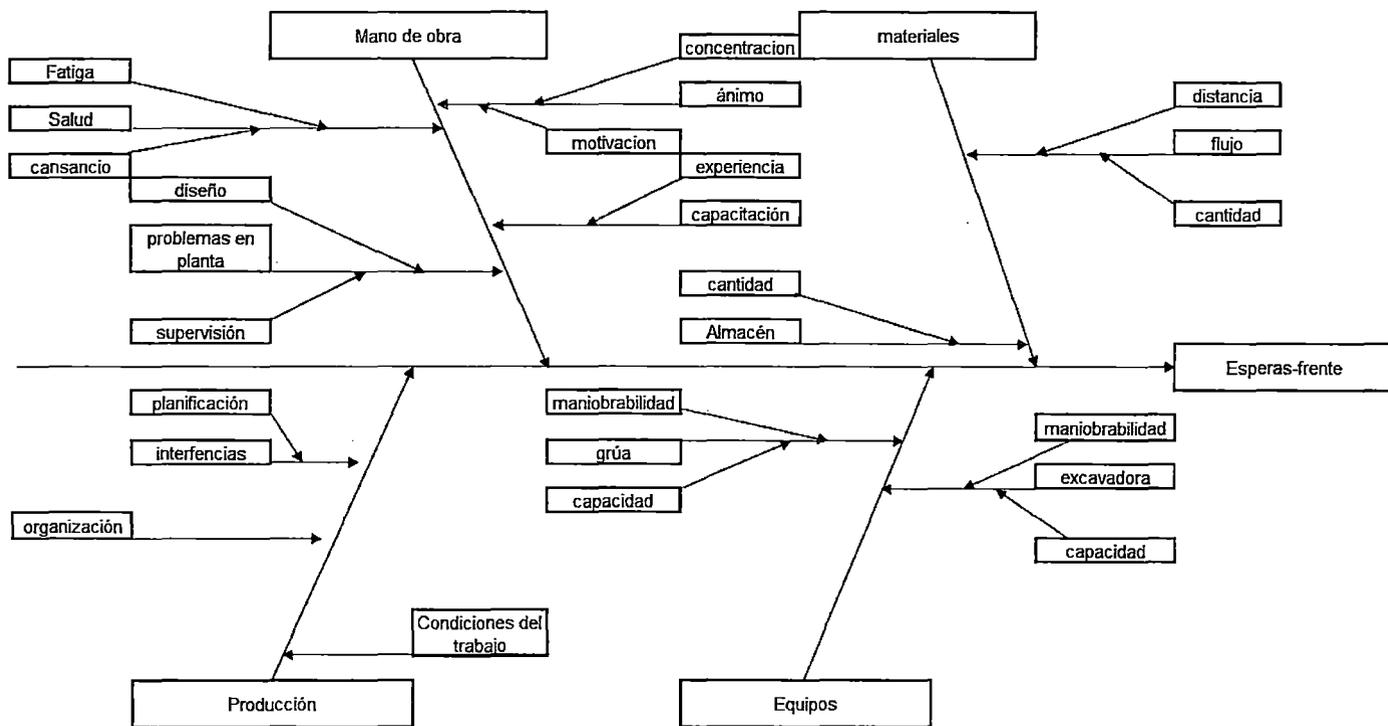


En la grafica se aprecia que con el 20% de las actividades solo se podrán solucionar el 38.76% de los problemas, difiriendo del principio de Pareto. Por motivos prácticos vamos a resolver el 20% de las actividades (**ORGANIZACIÓN EN PLANTA, PLANIFICACIÓN DE LA OBRA**) para intentar mitigar la ineficiencia **CONVERSAR**.

Por último, otra ineficiencia principal en la primera medición que disminuye la productividad del sistema de producción en estudio son las **ESPERAS POR FRENTE** de las cuadrillas. Al analizar esto mediante el diagrama de **ISHIKAWA** (Causa-Efecto) obtenemos lo siguiente:

- Esperas por frente:

Fig.4.14: Diagrama de Ishikawa para las esperas por frente



De este gráfico, obtenemos las causas primarias que generan la actividad ineficiente de “**ESPERAS POR FRENTE**”; ahora, se va a analizar, mediante un diagrama de Pareto, cual(es) de estas causas es(son) la(s) más incidente(s) para esta ineficiencia evaluada.

Tabla 4.19: Número de Causas de las Actividades Ineficientes Encontradas

Nº	Causa de los Defectos	Nº defectos
1	fatiga del obrero	6
2	cansancio del obrero	14
3	diseño de la cuadrilla	17
4	supervisión (capataz, ingeniero)	42
5	concentración en el trabajo	31
6	motivación personal	23
7	experiencia del obrero	2
8	cantidad del material	11

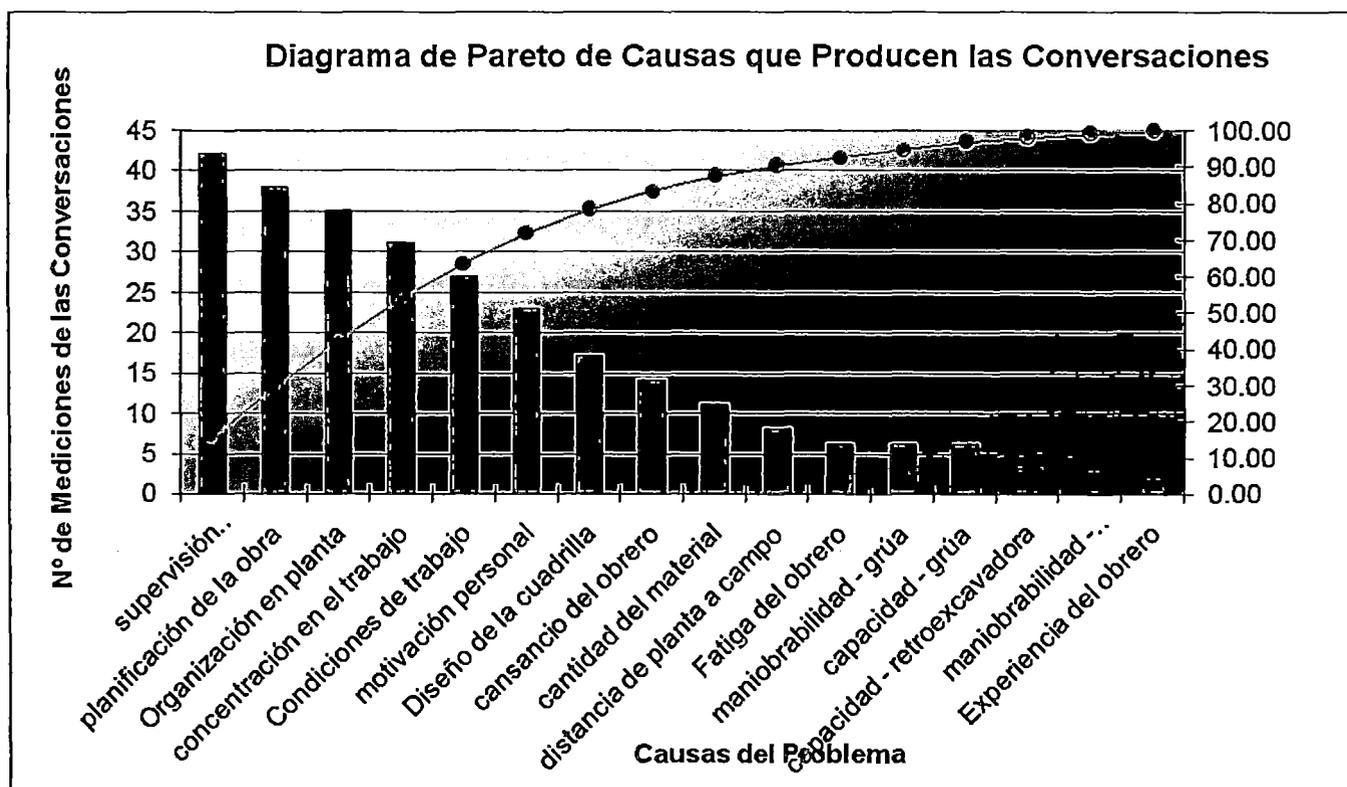
9	distancia de planta a campo	8
10	planificación de la obra	38
11	organización en planta	35
12	Condiciones de trabajo	27
13	maniobrabilidad - grúa	6
14	capacidad - grúa	6
15	maniobrabilidad - retroexcavadora	3
16	capacidad - retroexcavadora	3
	Total	295

Tabla 4.20: Ordenamiento de las Causas de las Actividades Ineficientes

ESPERAS POR FRENTE - MEDICIÓN N° 1					
N°	Causa de los Defectos	N° defectos	Total Acum.	% Parcial	% Acum.
1	supervisión (capataz, ingeniero)	42	42	15.44	15.44
2	planificación de la obra	38	80	13.97	29.41
3	Organización en planta	35	115	12.87	42.28
4	concentración en el trabajo	31	146	11.40	53.68
5	Condiciones de trabajo	27	173	9.93	63.60
6	motivación personal	23	196	8.46	72.06
7	Diseño de la cuadrilla	17	213	6.25	78.31
8	cansancio del obrero	14	227	5.15	83.46
9	cantidad del material	11	238	4.04	87.50
10	distancia de planta a campo	8	246	2.94	90.44
11	Fatiga del obrero	6	252	2.21	92.65
12	maniobrabilidad - grúa	6	258	2.21	94.85
13	capacidad - grúa	6	264	2.21	97.06
14	capacidad - retroexcavadora	3	267	1.10	98.16
15	maniobrabilidad - retroexcavadora	3	270	1.10	99.26
16	Experiencia del obrero	2	272	0.74	100.00
	Total	272		100.00	

De la tabla anterior se tiene:

Fig.4.15: Diagrama de Pareto de las Causas de las Actividades Ineficientes



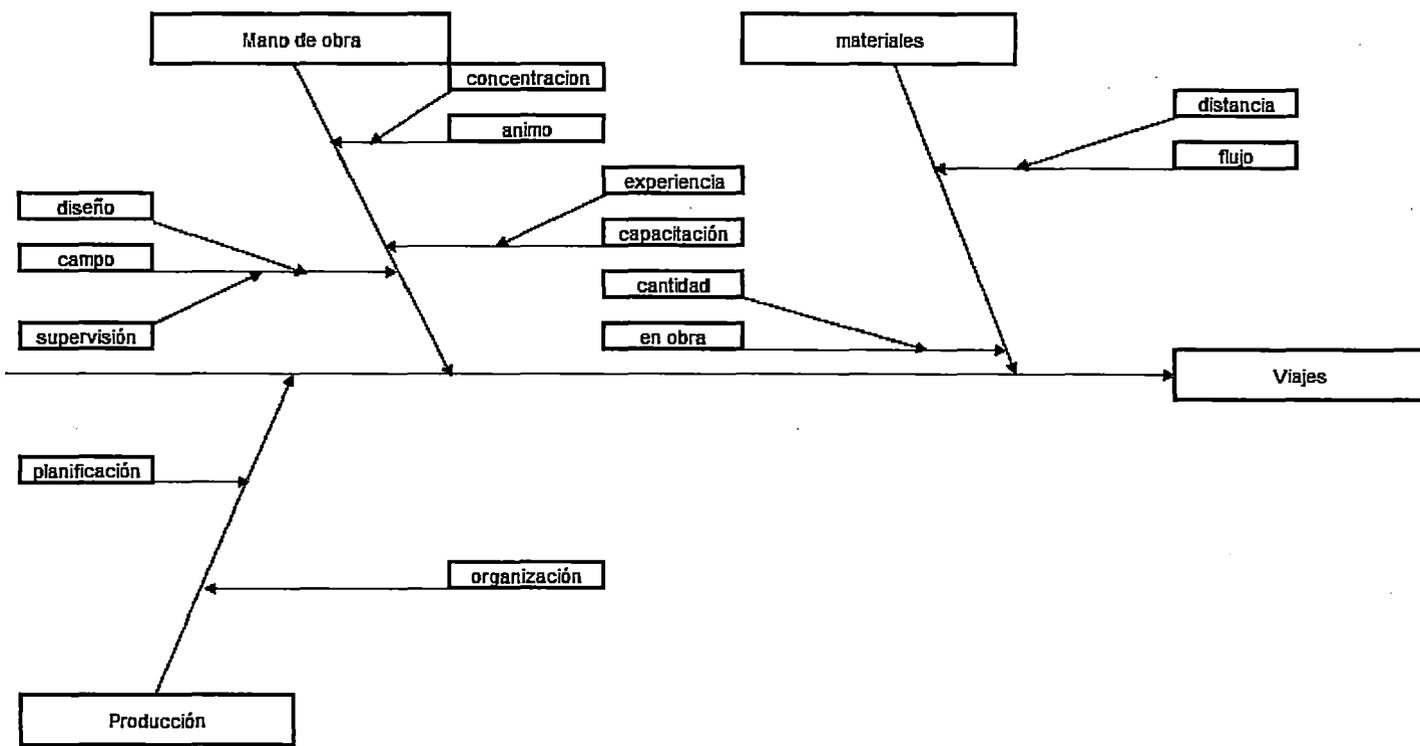
En la grafica se aprecia que con el 20% de las actividades solo se podrán solucionar el 53.68% de los problemas, difiriendo del principio de Pareto. Por motivos de estudio vamos a resolver el 20% de las actividades (**SUPERVISIÓN POR PARTE DEL CAPATAZ O INGENIERO, PLANIFICACIÓN DE LA OBRA, ORGANIZACIÓN EN PLANTA, CONCENTRACION EN EL TRABAJO**) para tratar de mitigar la ineficiencia **ESPERAS POR FRENTE**.

- **Muestra 3**

De la muestra Nº 3 tomada, se tiene que las principales ineficiencias en la jornada de trabajo que disminuyen la productividad del sistema de producción en estudio son los **VIAJES** y las **CONVERSACIONES** que realizan las cuadrillas, al analizar estos mediante el diagrama de ISHIKAWA (Causa-Efecto) obtenemos lo siguiente:

- Viajes:

Fig.4.16: Diagrama de Ishikawa para los Viajes



De este gráfico, obtenemos las causas primarias que nos generan la actividad ineficiente de "VIAJES"; ahora, se va a analizar, mediante un diagrama de Pareto, cual(es) de estas causas es(son) la(s) más incidente(s) para esta ineficiencia evaluada.

Tabla 4.21: Número de Causas de las Actividades Ineficientes Encontradas

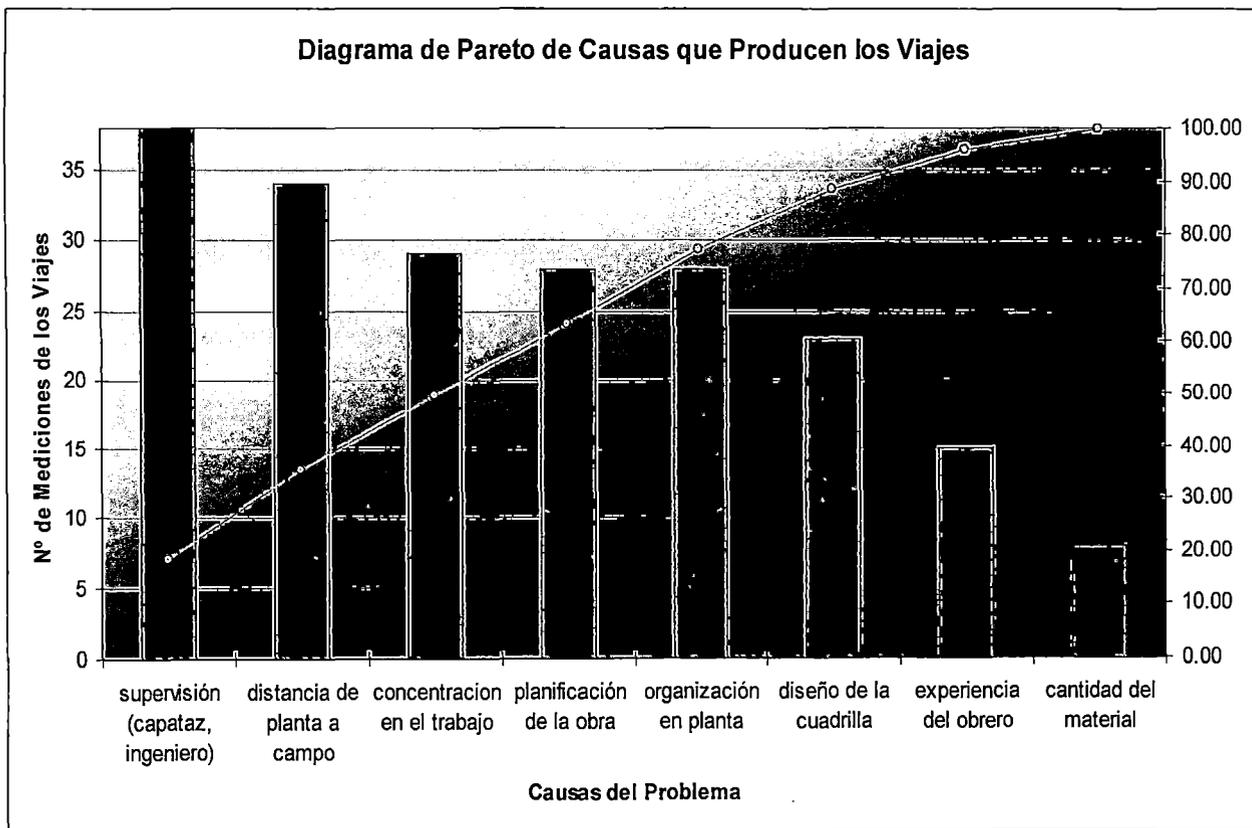
Nº	Causa de los Defectos	Nº defectos
1	diseño de la cuadrilla	23
2	supervisión (capataz, ingeniero)	38
3	concentración en el trabajo	29
4	experiencia del obrero	15
5	cantidad del material	8
6	distancia de planta a campo	34
7	planificación de la obra	28
8	organización en planta	28
	Total	203

Tabla 4.22: Ordenamiento de las Causas de las Actividades Ineficientes

VIAJES - MEDICIÓN N° 3					
N°	Causa de los Defectos	N° defectos	Total Acum.	% Parcial	% Acum.
1	supervisión (capataz, ingeniero)	38	38	18.72	18.72
2	distancia de planta a campo	34	72	16.75	35.47
3	concentración en el trabajo	29	101	14.29	49.75
4	planificación de la obra	28	129	13.79	63.55
5	organización en planta	28	157	13.79	77.34
6	diseño de la cuadrilla	23	180	11.33	88.67
7	experiencia del obrero	15	195	7.39	96.06
8	cantidad del material	8	203	3.94	100.00
	Total	203		100.00	

De la tabla anterior se obtiene:

Fig.4.17: Diagrama de Pareto de las Causas de las Actividades Ineficientes

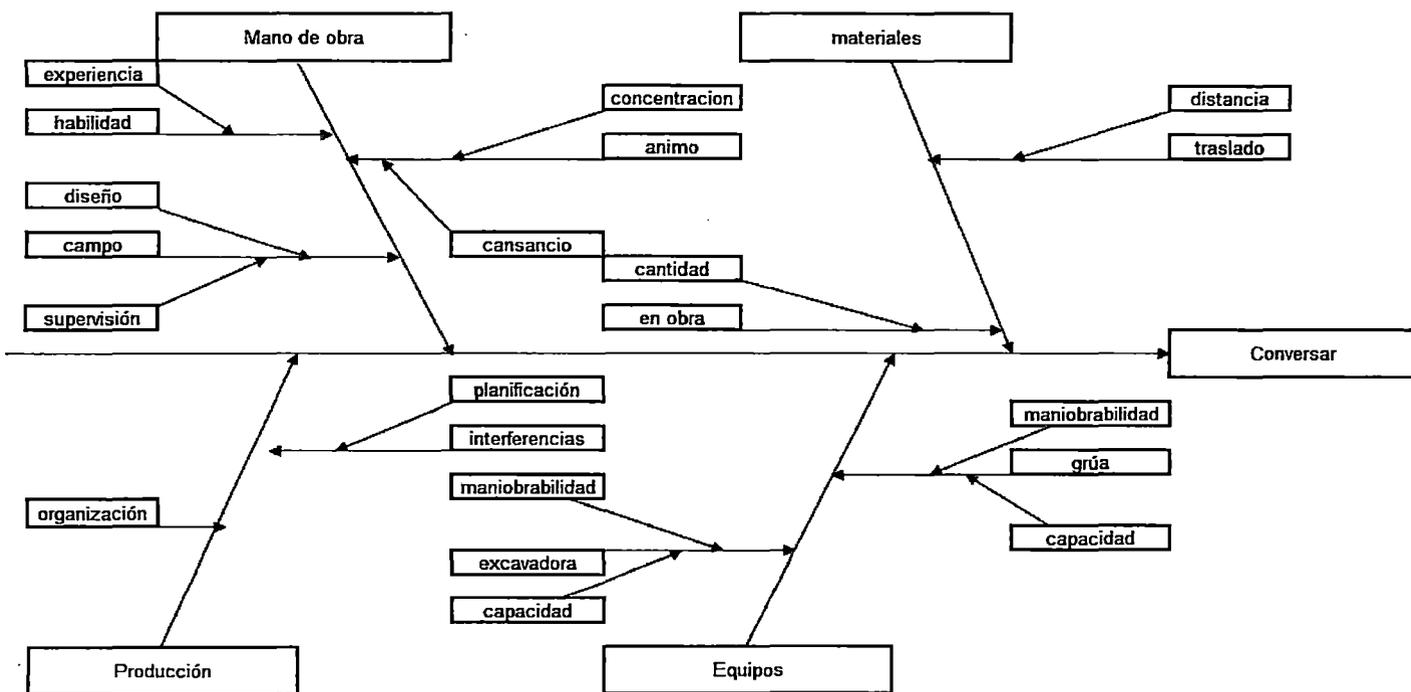


En la grafica se aprecia que con el 20% de las actividades solo se podrán solucionar el 35.47% de los problemas, difiriendo del principio de Pareto. Por motivos de estudio vamos a resolver el 20% de las actividades (**SUPERVISION, DISTANCIA DE PLANTA A CAMPO**) para intentar mitigar la ineficiencia **VIAJES**.

Otra ineficiencia principal en la primera medición que disminuye la productividad del sistema de producción en estudio son las **CONVERSACIONES** entre las cuadrillas. Al analizar esto mediante el diagrama de ISHIKAWA (Causa-Efecto) obtenemos lo siguiente:

- **Conversar:**

Fig.4.18: Diagrama de Ishikawa para las Conversaciones



De este gráfico, se obtiene las causas primarias que nos generan la actividad ineficiente de "CONVERSAR"; ahora, se va a analizar, mediante un diagrama de Pareto, cual(es) de estas causas es(son) la(s) más incidente(s) para esta ineficiencia evaluada.

Tabla 4.23: Número de Causas de las Actividades Ineficientes Encontradas

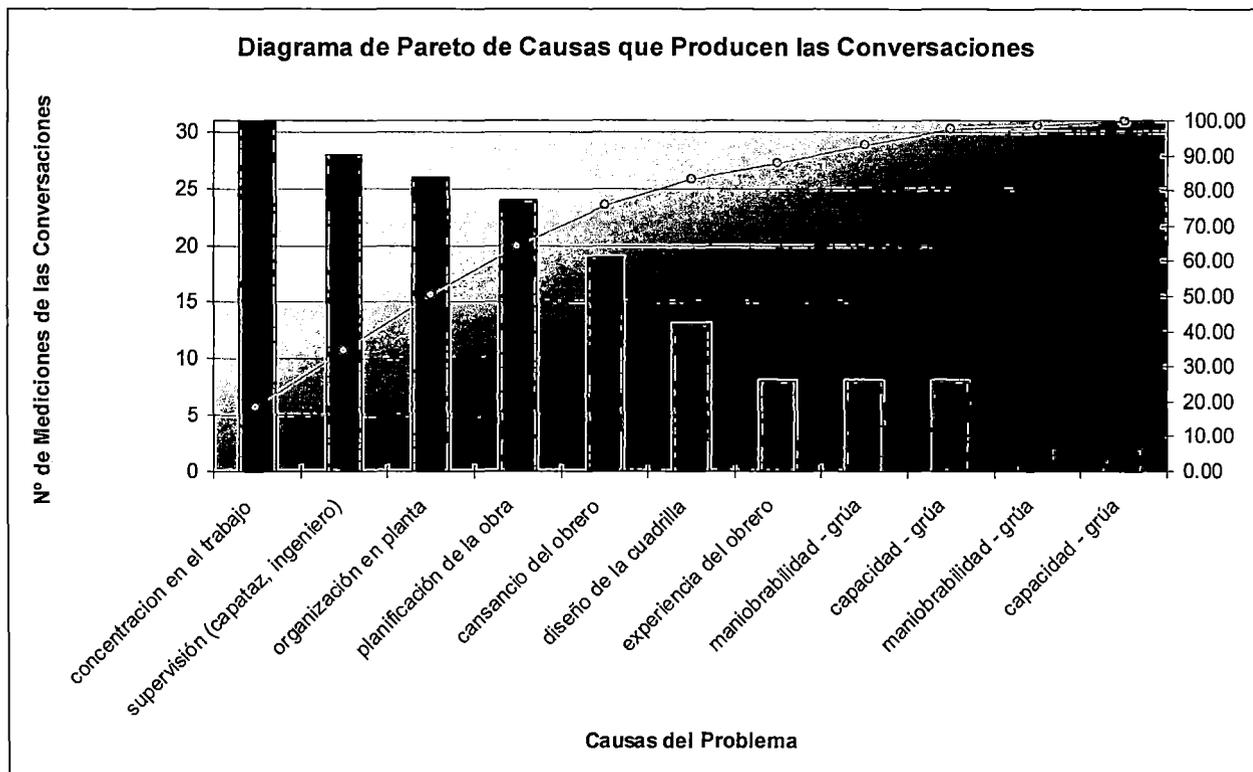
Nº	Causa de los Defectos	Nº defectos
1	experiencia del obrero	8
2	diseño de la cuadrilla	13
3	supervisión (capataz, ingeniero)	28
4	concentración en el trabajo	31
5	cansancio del obrero	19
6	organización en planta	26
7	planificación de la obra	24
8	maniobrabilidad - grúa	8
9	capacidad - grúa	8
10	maniobrabilidad - grúa	2
11	capacidad - grúa	2
	Total	169

Tabla 4.24: Ordenamiento de las Causas de las Actividades Ineficientes

CONVERSAR - MEDICIÓN Nº 3					
Nº	Causa de los Defectos	Nº defectos	Total Acum.	% Parcial	% Acum.
1	concentración en el trabajo	31	31	18.34	18.34
2	supervisión (capataz, ingeniero)	28	59	16.57	34.91
3	organización en planta	26	85	15.38	50.30
4	planificación de la obra	24	109	14.20	64.50
5	cansancio del obrero	19	128	11.24	75.74
6	diseño de la cuadrilla	13	141	7.69	83.43
7	experiencia del obrero	8	149	4.73	88.17
8	maniobrabilidad - grúa	8	157	4.73	92.90
9	capacidad - grúa	8	165	4.73	97.63
10	maniobrabilidad - grúa	2	167	1.18	89.35
11	capacidad - grúa	2	169	1.18	90.53
	Total	169		100.00	

De la tabla anterior se obtiene:

Fig.4.19: Diagrama de Pareto de las Causas de las Actividades Ineficientes

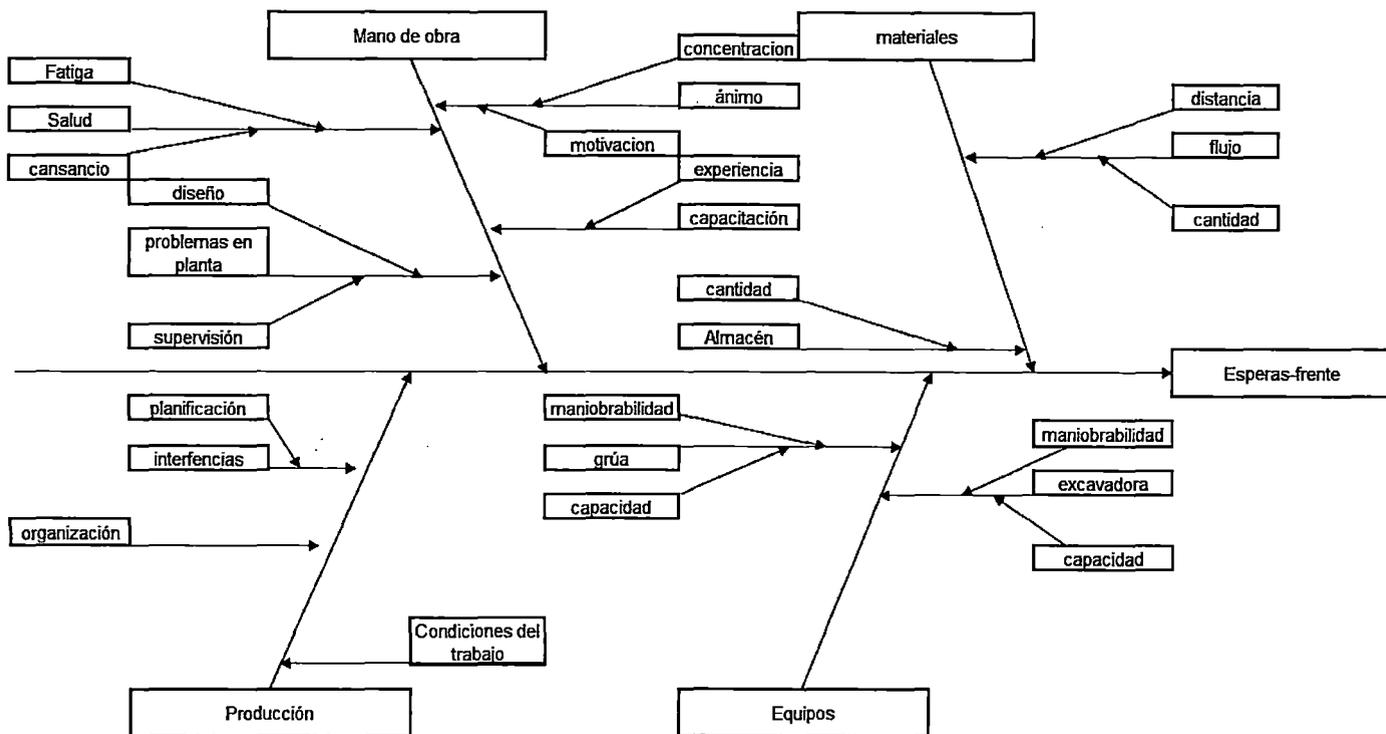


En la grafica se aprecia que con el 20% de las actividades solo se podrán solucionar el 50.30% de los problemas, difiriendo del principio de Pareto. Por motivos prácticos vamos a resolver el 20% de las actividades **(SUPERVISION, CONCENTRACION EN EL TRABAJO, ORGANIZACIÓN EN PLANTA)** para tratar de mitigar la ineficiencia **CONVERSACIONES**.

Por último, otra ineficiencia principal en la primera medición que disminuye la productividad del sistema de producción en estudio son las **ESPERAS POR FRENTE** de las cuadrillas. Al analizar esto mediante el diagrama de **ISHIKAWA (Causa-Efecto)** obtenemos lo siguiente:

- Esperas por frente:

Fig.4.20: Diagrama de Ishikawa para las esperas por frente



De este gráfico, obtenemos las causas primarias que generan la actividad ineficiente de “ESPERAS POR FRENTE”; ahora, se va a analizar, mediante un diagrama de Pareto, cual(es) de estas causas es(son) la(s) más incidente(s) para esta ineficiencia evaluada.

Tabla 4.25: Número de Causas de las Actividades Ineficientes Encontradas

Nº	Causa de los Defectos	Nº defectos
1	fatiga del obrero	2
2	cansancio del obrero	21
3	diseño de la cuadrilla	25
4	supervisión (capataz, ingeniero)	36
5	concentración en el trabajo	34
6	motivación personal	16
7	experiencia del obrero	1
8	cantidad del material	10
9	distancia de planta a campo	9

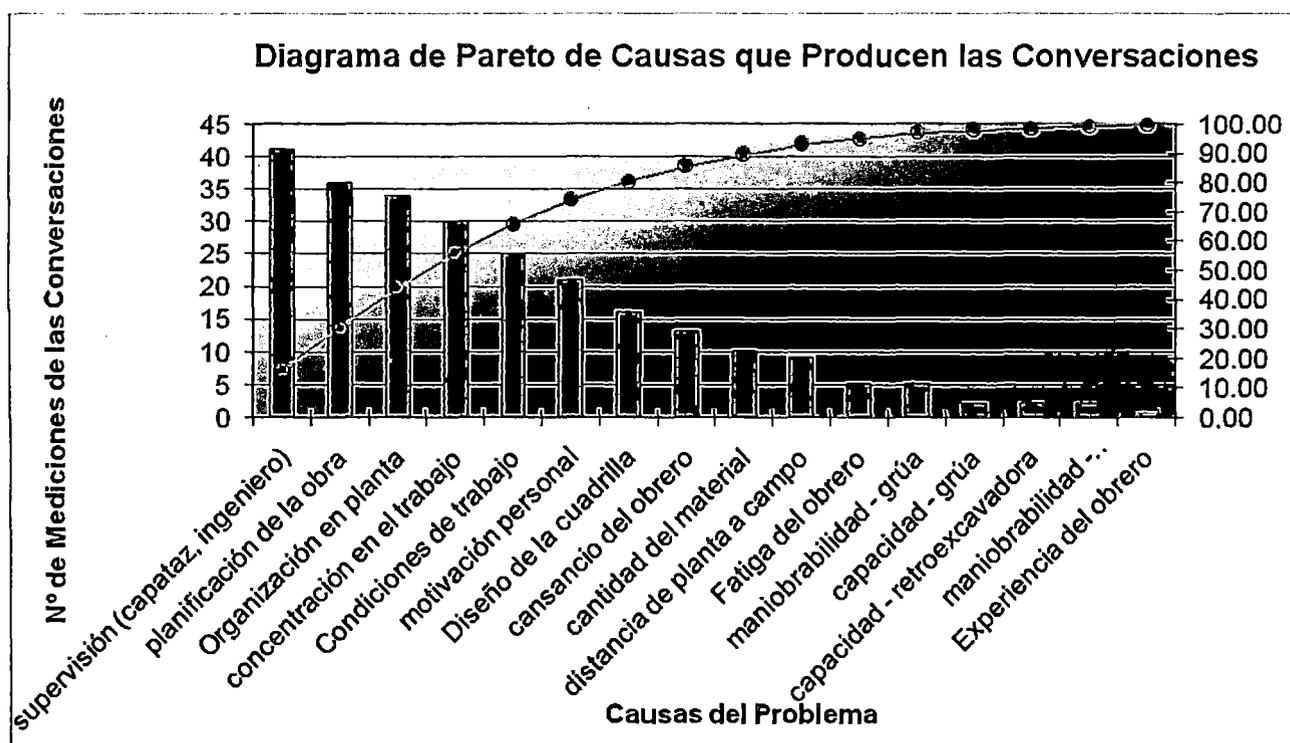
10	planificación de la obra	30
11	organización en planta	41
12	Condiciones de trabajo	13
13	maniobrabilidad - grúa	5
14	capacidad - grúa	2
15	maniobrabilidad - retroexcavadora	5
16	capacidad - retroexcavadora	2
Total		295

Tabla 4.26: Ordenamiento de las Causas de las Actividades Ineficientes

ESPERAS POR FRENTE - MEDICIÓN Nº 1					
Nº	Causa de los Defectos	Nº defectos	Total Acum.	% Parcial	% Acum.
1	Organización en planta	41	41	16.27	16.27
2	supervisión (capataz, ingeniero)	36	77	14.29	30.56
3	concentración en el trabajo	34	111	13.49	44.05
4	planificación de la obra	30	141	11.90	55.95
5	Diseño de la cuadrilla	25	166	9.92	65.87
6	cansancio del obrero	21	187	8.33	74.21
7	motivación personal	16	203	6.35	80.56
8	Condiciones de trabajo	13	216	5.16	85.71
9	cantidad del material	10	226	3.97	89.68
10	distancia de planta a campo	9	235	3.57	93.25
11	maniobrabilidad - retroexcavadora	5	237	1.98	95.24
12	maniobrabilidad - grúa	5	242	1.98	97.22
13	capacidad - grúa	2	247	0.79	98.02
14	capacidad - retroexcavadora	2	249	0.79	98.81
15	Fatiga del obrero	2	251	0.79	99.60
16	Experiencia del obrero	1	252	0.40	100.00
Total		252		100.00	

De la tabla anterior se tiene:

Fig.4.21: Diagrama de Pareto de las Causas de las Actividades Ineficientes



En la grafica se aprecia que con el 20% de las actividades solo se podrán solucionar el 55.95% de los problemas, difiriendo del principio de Pareto. Por motivos prácticos vamos a resolver el 20% de las actividades (**SUPERVISIÓN POR PARTE DEL CAPATAZ O INGENIERO, PLANIFICACIÓN DE LA OBRA, ORGANIZACIÓN EN PLANTA, CONCENTRACION EN EL TRABAJO**) para intentar mitigar la ineficiencia **ESPERAS POR FRENTE**.

CAPITULO V: ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el presente capítulo se va a analizar y proponer medidas de mejora a lo evaluado en el capítulo IV donde con diagramas como los de ISHIKAWA y PARETO se logró dar a notar cuales eran las ineficiencias mas incisivas para el sistema de producción. Se mostrará, con las propuestas de mejora, en cuanto se podría mejorar el tiempo productivo al realizar los muros pantalla.

Además, se detallan las consideraciones preestablecidas para el estudio y las limitaciones presentadas en la realización de la investigación.

La consolidación de la investigación se consigue cuando el proceso visto en obra termina siendo un procedimiento. Este es plasmado en diagramas de procesos tales como los de Pareto, Ishikawa y Flujogramas que se pudieron observar en el capítulo anterior. Sobre las observaciones que se hacen al sistema de producción de muros pantalla, tenemos las consideraciones previas para poder desarrollar el método (nivel general de actividades), así como las ventajas y desventajas del método.

5.1. CONSOLIDACION DE LA INVESTIGACIÓN

Luego de consolidarse el sistema de producción con el recogimiento de datos en el CAPITULO III, se realizaron los Diagramas de Pareto final y Diagramas de Ishikawa presentados en el CAPITULO IV, mostrando así los procedimientos tentativos para poder apreciar cómo es que se desarrollo la producción de los muros pantalla. La representación de lo realizado en el sistema de producción se hizo diariamente durante tres días. Cabe mencionar que en la programación en los días de medición, se realizaron todos los procesos que están inmersos en la elaboración de un muro pantalla, como son, excavación, enmallado, encofrado (armado y colocación del acero), vaciado y desencofrado. Además se tiene estipulado que se vaciarían tres muros pantalla por día, esto quiere decir, que los días en los cuales se realizó la toma de datos, son días similares en cuanto a la realización de las actividades.

Fig.5.1: Programación Anticipada para los Muros Pantalla

ESQUEMA MURO PANTALLA 3ER ANILLO													
	MA	MI	JU	VI	SA	LU	MA	MI	JU	VI	SA	LU	MA
	1	2	3	4	5	7	8	9	10	11	12	14	15
Desquinchado y pañeteo		1c/1d/ 2d	1a/1b/ 2a	2b/2c/ 5b	4a/P4	5c/P15	5a/3d						
Colocación de acero		1c/1d/ 2d	1a/1b/ 2a	2b/2c/ 5b	4a/P4	5c/P15	5a/3d						
Encofrado de muro			1c/1d/ 2d	1a/1b/ 2a	2b/2c/ 5b	4a/P4	5c/P15	5a/3d					
Vaciado de muro			1c/1d/ 2d	1a/1b/ 2a	2b/2c/ 5b	4a/P4	5c/P15	5a/3d					
			5m/2.5 m/7m	5m/2.5 m/5m	5m/7 m/5m	5.65m /7m	7m/7 m	4.4m/ 5m					
Tensado y desapuntalado						1c/1d/ 2d	1a/1b/ 2a	2b/2c/ 5b	4a/P4	5c/P15	5a/3d		
Excavación masiva													

Donde: 1a, 1c, 2a, 2b, etc. Son los códigos de los muros pantalla a realizar⁶

La medición se realizó para el sistema de producción de muros pantalla en el tercer sótano del "Gran Teatro Nacional", el número de integrantes para las cuadrillas para el sistema de producción de muros pantalla fue coordinado con los capataces de cada cuadrilla en cada día de la toma de datos, debido a que el número original de las cuadrillas fue compartido para hacer trabajos al mismo tiempo en otro sistema de producción (placas).

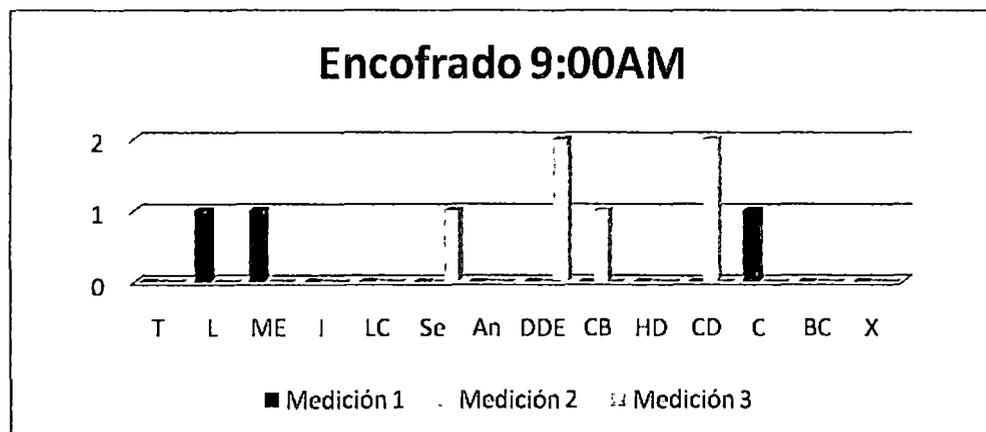
En el periodo de producción de los muros pantalla se utilizó una excavadora de $1m^3$, una excavadora pequeña y una grúa de 30Tn. El recogimiento de datos se hizo con el criterio de tomar mediciones cada veinte minutos y/o cada vez que las condiciones del trabajo en campo varíen, por lo tanto, en los tres días de medición se tienen datos que fueron tomados en instantes de tiempo similares, de los cuales se vio oportuno hacer una gráfica con el fin de observar que actividades eficientes o ineficientes hacen las cuadrillas en instantes de tiempo definidos.

⁶ En el CAPITULO III Fig.3.11 se puede apreciar la distribución de los muros pantalla con su codificación establecida. Los procesos de tensado y desapuntalado y excavación masiva no están considerados en la investigación por estar hechos por diferentes empresas subcontratadas.

Se espera que debido a que el volumen de trabajo, las cuadrillas y las condiciones de trabajo son similares en los tres días de medición, se reproduzca que la gente hace en su mayoría las mismas actividades en sus procesos correspondientes todos los días en instantes de tiempos definidos. Cabe notar que la administración no da tareas específicas a cada obrero para que realice en la jornada de trabajo, en vez de eso, la administración brinda a los capataces metas para la jornada de trabajo.

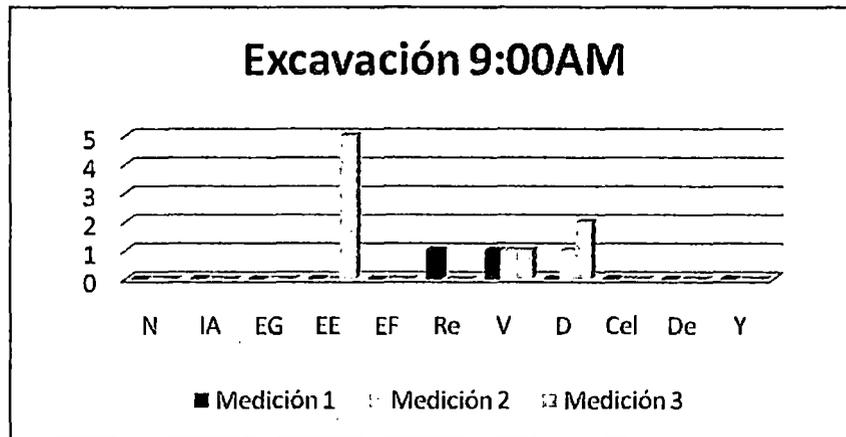
El instante de tiempo (9:00am), fue un instante de tiempo en donde se tomaron datos los tres días de medición, a continuación se muestran las gráficas de actividades vs numero de obreros para el instante dado, se muestran los procesos de encofrado, excavación y concreto (vaciado) ya que fueron los más importantes en el instante de tiempo descrito, los demás procesos se muestran en el ANEXO 9.

Fig.5.2: Actividades Vs # de obreros que realizan tiempo Contributorio para la cuadrilla de encofrado, medido a las 9:00am



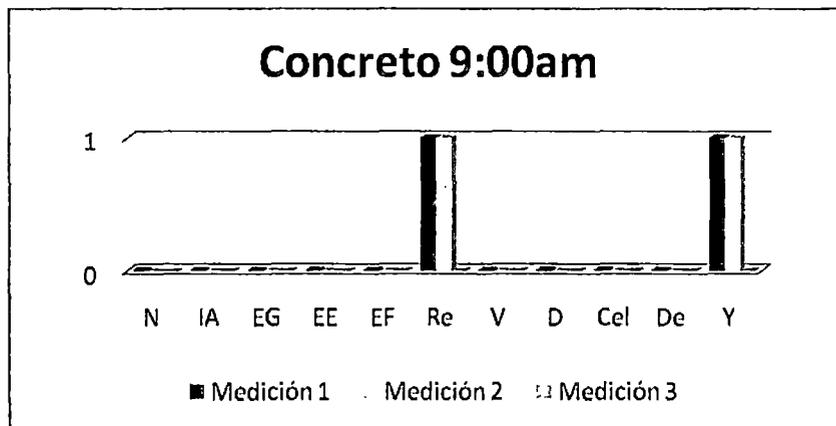
Donde: T: Transportes, L: Limpieza, ME: Mediciones, I: Recibir/Dar instrucciones, LC: Echar lechada de cemento, Se: Seguridad, An: Colocación de Andamios, DDE: Desarmado de encofrados, CN: Colocar Balizas, HD: Hacer Datos, CD: Colocar Datos, C: Cortes, X: Otros

Fig.5.3: Actividades Vs # de obreros que realizan tiempo No Contributorio para la cuadrilla de excavación, medido a las 9:00am



Donde: N: Conversar, IA: Ingerir alimentos, EG: Esperas-grúa, EE: Esperas-excv., EF: Esperas-frente, Re: Retrabajos, V: Viajes, D: Distracciones, Cel: Celulares, De: Descanso, Y: Otros

Fig.5.4: Actividades Vs # de obreros que realizan tiempo No Contributorio para la cuadrilla de concreto, medido a las 9:00am



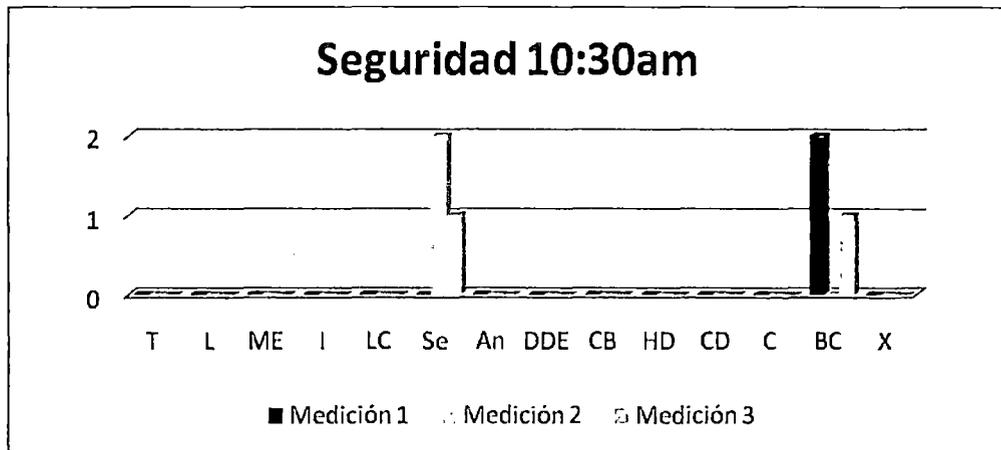
Donde: N: Conversar, IA: Ingerir alimentos, EG: Esperas-grúa, EE: Esperas-excv., EF: Esperas-frente, Re: Retrabajos, V: Viajes, D: Distracciones, Cel: Celulares, De: Descanso, Y: Otros

Para el instante de la 9:00am, se muestra que para las cuadrillas de excavación y concreto, las actividades en las tres mediciones realizadas en ese instante eran en su mayoría diferentes, pero pertenecían al trabajo no contributorio. Para la cuadrilla de encofrado, observamos que se realizan diferentes actividades contributorias en ese instante, a pesar de que en los tres días de muestra, la programación era la misma y las tareas a hacer eran las mismas.

De la misma manera que en el caso anterior, el instante de tiempo (10:30am), fue un instante de tiempo en donde se tomaron datos los tres días de medición, a continuación se muestran las gráficas de actividades vs numero de obreros para el instante dado, se muestran los procesos de

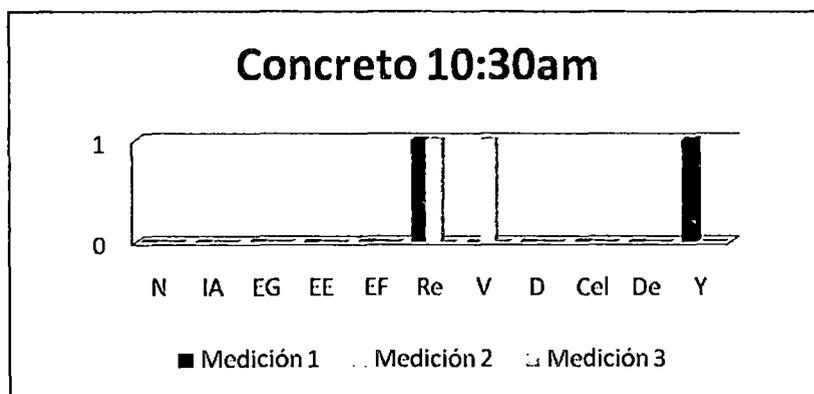
seguridad y concreto (vaciado) ya que fueron los más importantes en el instante de tiempo descrito, los demás procesos se muestran en el ANEXO 9.

Fig.5.5: Actividades Vs # de obreros que realizan tiempo Contributorio para la cuadrilla de seguridad, medido a las 10:30am



Donde: T: Transportes, L: Limpieza, ME: Mediciones, I: Recibir/Dar instrucciones, LC: Echar lechada de cemento, Se: Seguridad, An: Colocación de Andamios, DDE: Desarmado de encofrados, CN: Colocar Balizas, HD: Hacer Dados, CD: Colocar Dados, C: Cortes, X: Otros

Fig.5.6: Actividades Vs # de obreros que realizan tiempo No Contributorio para la cuadrilla de concreto, medido a las 10:30am



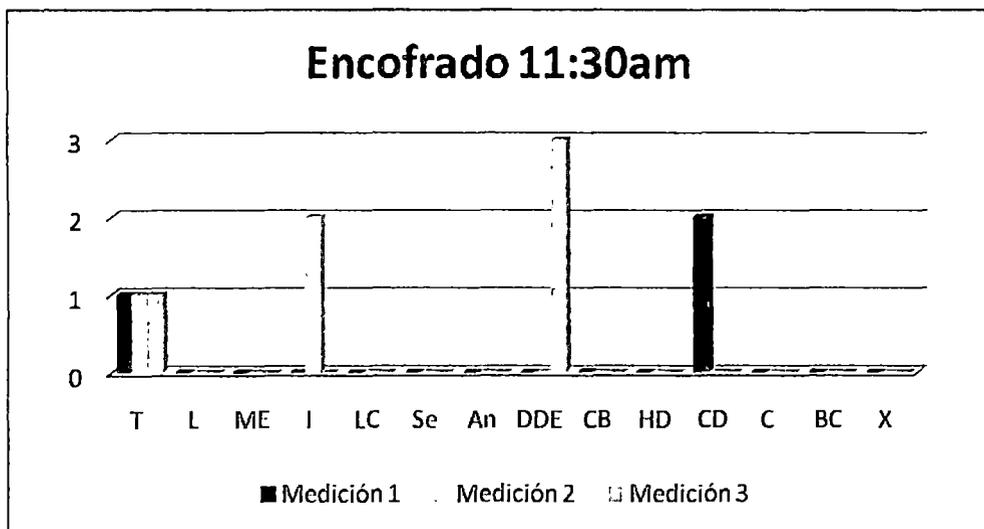
Donde: N: Conversar, IA: Ingerir alimentos, EG: Esperas-grúa, EE: Esperas-excv., EF: Esperas-frente, Re: Retrabajos, V: Viajes, D: Distracciones, Cel: Celulares, De: Descanso, Y: Otros

Para el instante de la 10:30am, se muestra que para la cuadrilla de concreto, las actividades en las tres mediciones realizadas en ese instante eran en similares, y que pertenecían al trabajo no contributorio. Para la cuadrilla de

seguridad, observamos que se realizan las mismas actividades contributorias en ese instante.

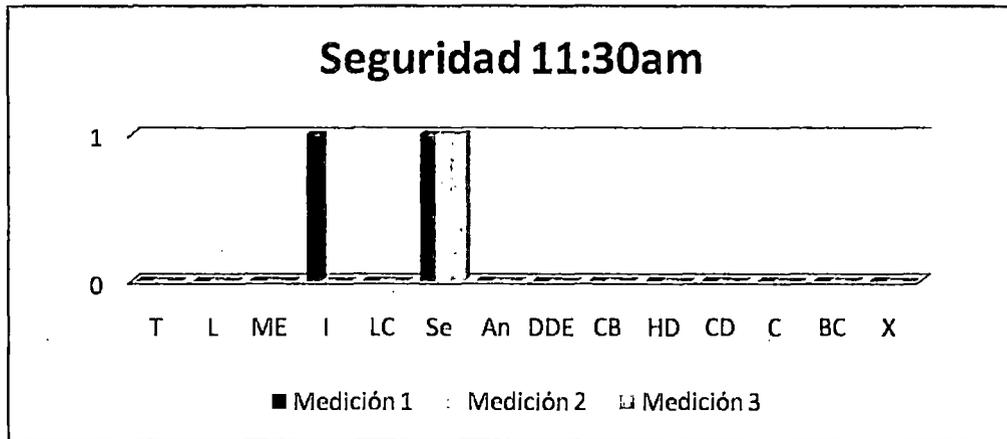
De la misma manera que en el caso anterior, el instante de tiempo (11:30am), fue un instante de tiempo en donde se tomaron datos los tres días de medición, a continuación se muestran las gráficas de actividades vs numero de obreros para el instante dado, se muestran los procesos de encofrado, seguridad y excavación ya que fueron los más importantes en el instante de tiempo descrito, los demás procesos se muestran en el **ANEXO 9**.

Fig.5.7: Actividades Vs # de obreros que realizan tiempo Contributorio para la cuadrilla de encofrado, medido a las 11:30am



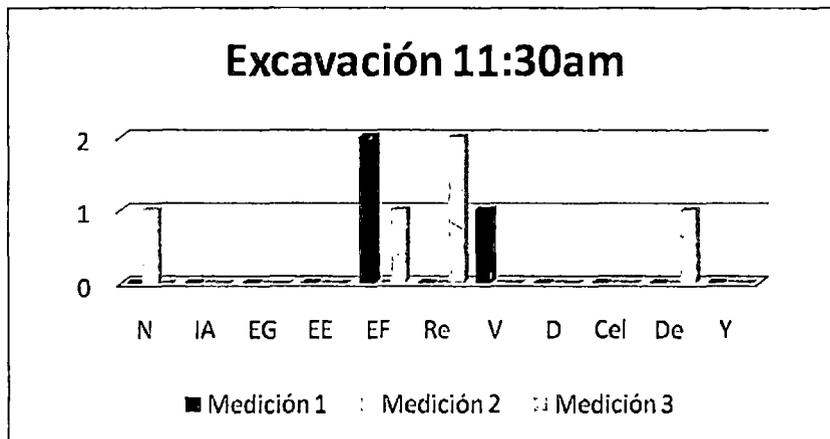
Donde: T: Transportes, L: Limpieza, ME: Mediciones, I: Recibir/Dar instrucciones, LC: Echar lechada de cemento, Se: Seguridad, An: Colocación de Andamios, DDE: Desarmado de encofrados, CN: Colocar Balizas, HD: Hacer Dados, CD: Colocar Dados, C: Cortes, X: Otros

Fig.5.8: Actividades Vs # de obreros que realizan tiempo Contributorio para la cuadrilla de seguridad, medido a las 11:30am



Donde: T: Transportes, L: Limpieza, ME: Mediciones, I: Recibir/Dar instrucciones, LC: Echar lechada de cemento, Se: Seguridad, An: Colocación de Andamios, DDE: Desarmado de encofrados, CN: Colocar Balizas, HD: Hacer Dados, CD: Colocar Dados, C: Cortes, X: Otros

Fig.5.9: Actividades Vs # de obreros que realizan tiempo No Contributorio para la cuadrilla de excavación, medido a las 11:30am



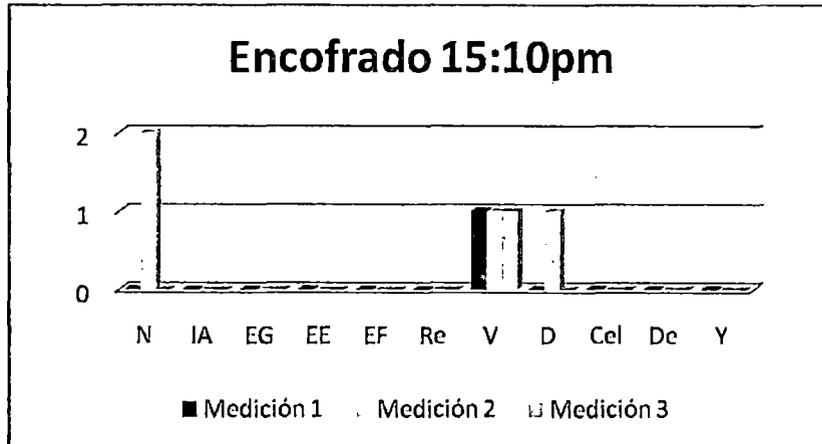
Donde: N: Conversar, IA: Ingerir alimentos, EG: Esperas-grúa, EE: Esperas-excv., EF: Esperas-frente, Re: Retrabajos, V: Viajes, D: Distracciones, Cel: Celulares, De: Descanso, Y: Otros

De aquí se puede acotar, que para el instante de la 11:30am, las cuadrillas de encofrado y seguridad realizan actividades similares en los tres días de mediciones teniendo algunos obreros haciendo diferentes trabajos contributorios. Para la cuadrilla de excavación, observamos que se realizan mayormente las mismas actividades no contributorias pero con distinto numero de obreros.

De forma similar, el instante de tiempo (15:10pm), en los tres días se recogió datos de las actividades que se realizaban, a continuación se muestran las gráficas de actividades vs numero de obreros para el instante dado, se

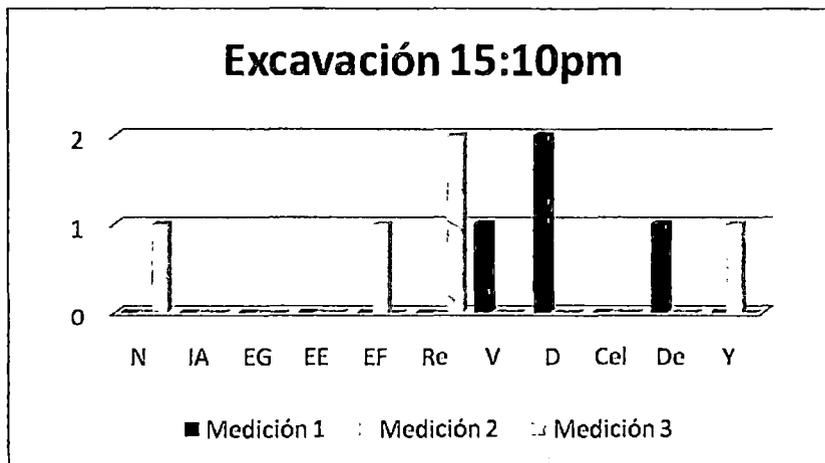
muestran los procesos de encofrado y excavación ya que fueron los más importantes en el instante de tiempo descrito.

Fig.5.10: Actividades Vs # de obreros que realizan tiempo No Contributorio para la cuadrilla de encofrado, medido a las 15:10pm



Donde: N: Conversar, IA: Ingerir alimentos, EG: Esperas-grúa, EE: Esperas-excv., EF: Esperas-frente, Re: Retrabajos, V: Viajes, D: Distracciones, Cel: Celulares, De: Descanso, Y: Otros

Fig.5.11: Actividades Vs # de obreros que realizan tiempo No Contributorio para la cuadrilla de excavación, medido a las 15:10pm



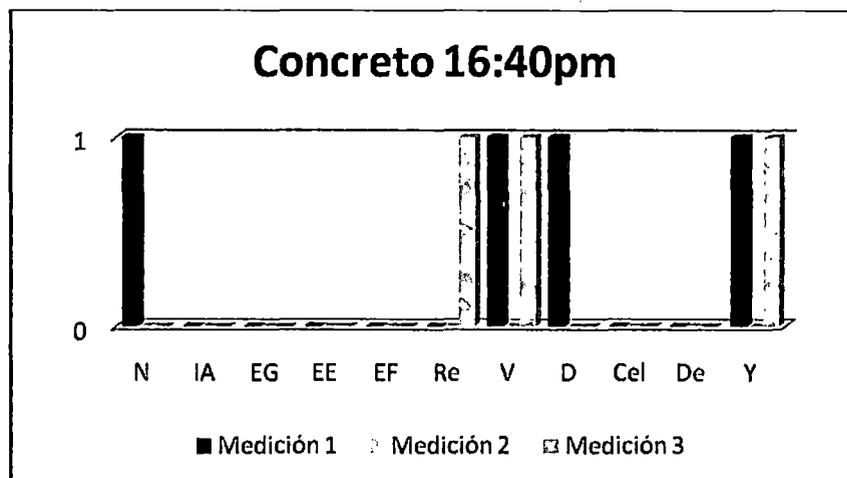
Donde: N: Conversar, IA: Ingerir alimentos, EG: Esperas-grúa, EE: Esperas-excv., EF: Esperas-frente, Re: Retrabajos, V: Viajes, D: Distracciones, Cel: Celulares, De: Descanso, Y: Otros

Los gráficos presentados para el instante de las 15:10pm, muestran que la cuadrilla de encofrado en los tres días tiene a un personal realizando viajes que no contribuyen a la realización del proceso de encofrado, además en el segundo día de medición hay personas haciendo otras actividades no contributorias. Para la cuadrilla de excavación, notamos que en cada uno de los días de medición se encuentra diferente cantidad de personal haciendo

diferentes actividades que no contributivas en el mismo instante de medición.

De forma similar, el instante de tiempo (16:40pm), en los tres días se recogió datos de las actividades que se realizaban, a continuación se muestran las gráficas de actividades vs numero de obreros para el instante dado, se muestra el proceso de concreto (vaciado) ya que es el más significativo en el instante de tiempo descrito.

Fig.5.12: Actividades Vs # de obreros que realizan tiempo No Contributorio para la cuadrilla de concreto, medido a las 16:40pm

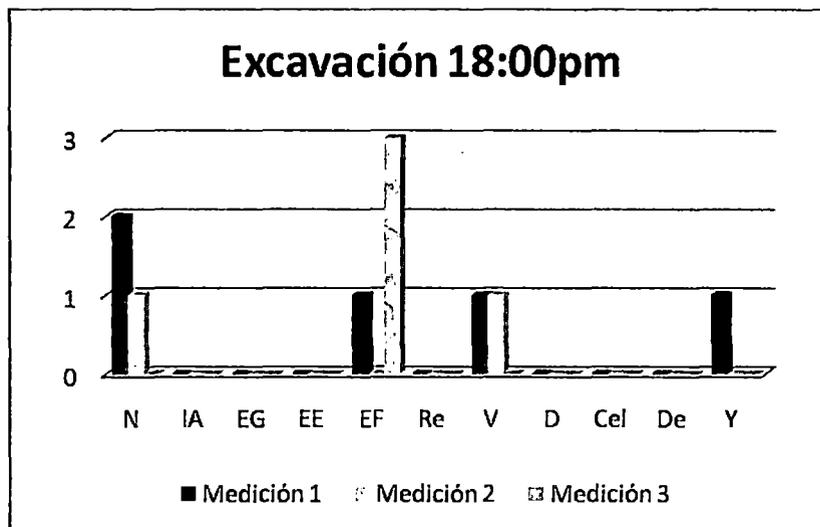


Donde: N: Conversar, IA: Ingerir alimentos, EG: Esperas-grúa, EE: Esperas-excv., EF: Esperas-frente, Re: Retrabajos, V: Viajes, D: Distracciones, Cel: Celulares, De: Descanso, Y: Otros

Se presenta el gráfico que muestra las actividades que en este caso la cuadrilla de concreto realizó en el instante de medición hecho a las 16:40pm. De este gráfico podemos acotar que para el primer y el tercer día de medición se tienen personas realizando diferentes actividades no contributivas como conversar, retrabajos, viajes, distracción y otras actividades no contributivas, pero en el segundo día de recogimiento de datos se aprecia que la cuadrilla no estaba realizando ninguna actividad ineficiente para el proceso que corresponde a la cuadrilla de concreto, así, se puede resumir que para este instante de medición en las tres tomas de dato, la cuadrilla hace diferentes actividades, a pesar de que la programación de tareas es la misma.

De la misma manera que en el caso anterior, el instante de tiempo (18:00pm), fue un instante de tiempo en donde se tomaron datos los tres días de medición, a continuación se muestran las gráficas de actividades vs numero de obreros para el instante dado, se muestran el proceso de excavación ya que fue el más significativo en el instante de tiempo descrito.

Fig.5.13: Actividades Vs # de obreros que realizan tiempo No Contributorio para la cuadrilla de excavación, medido a las 18:00pm



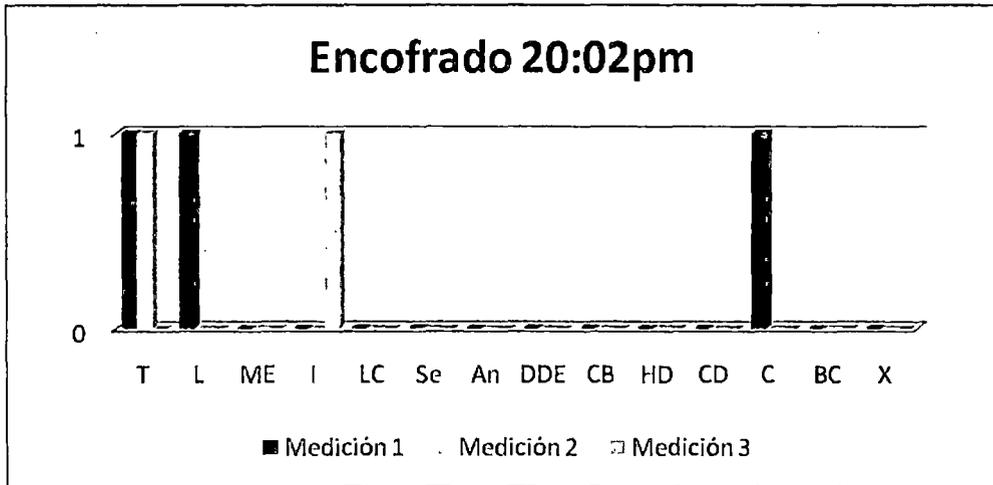
Donde: N: Conversar, IA: Ingerir alimentos, EG: Esperas-grúa, EE: Esperas-excv., EF: Esperas-frente, Re: Retrabajos, V: Viajes, D: Distracciones, Cel: Celulares, De: Descanso, Y: Otros

Se muestra las actividades que en este caso la cuadrilla de excavación realizó en el instante de medición hecho a las 18:00pm, de este gráfico podemos acotar que para el consolidado de los días de medición se tienen personas realizando las actividades no contributorias como conversar, esperas por frente, viajes, y otras actividades no contributorias, pero no necesariamente se hacen las mismas en los tres días de medición, sino, en dos días de medición aleatoriamente y con distintos números de personal haciendo las actividades ineficientes. Así, se puede resumir que para este instante de medición en las tres tomas de datos, la cuadrilla hace diferentes actividades con diferente número de personas en cada caso, a pesar de que la programación de tareas es la misma.

De forma similar, el instante de tiempo (20:02pm), en los tres días se recogió datos de las actividades que se realizaban, a continuación se muestran las

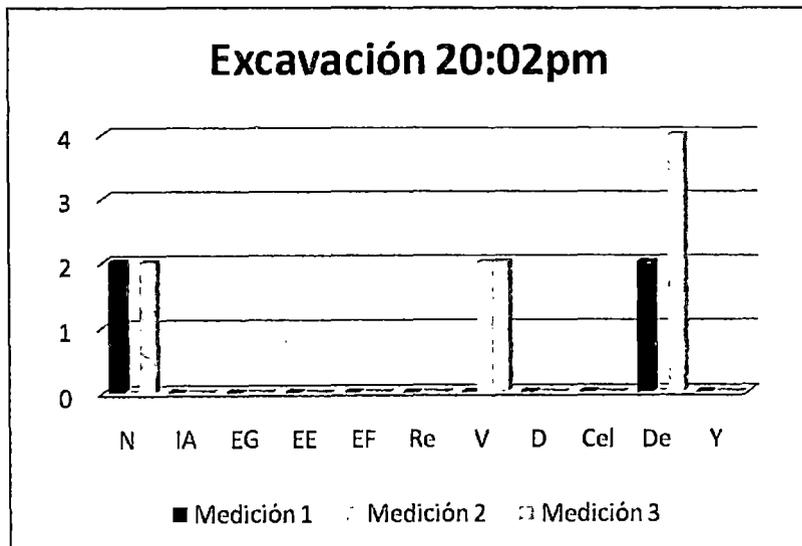
gráficas de actividades vs numero de obreros para el instante dado, se muestra los procesos de encofrado y excavación ya que fueron los más significativo en el instante de tiempo descrito.

Fig.5.14: Actividades Vs # de obreros que realizan tiempo Contributorio para la cuadrilla de encofrado, medido a las 20:02pm



Donde: T: Transportes, L: Limpieza, ME: Mediciones, I: Recibir/Dar instrucciones, LC: Echar lechada de cemento, Se: Seguridad, An: Colocación de Andamios, DDE: Desarmado de encofrados, CN: Colocar Balizas, HD: Hacer Dados, CD: Colocar Dados, C: Cortes, X: Otros

Fig.5.15: Actividades Vs # de obreros que realizan tiempo No Contributorio para la cuadrilla de excavación, medido a las 20:02pm



Donde: N: Conversar, IA: Ingerir alimentos, EG: Esperas-grúa, EE: Esperas-excv., EF: Esperas-frente, Re: Retrabajos, V: Viajes, D: Distracciones, Cel: Celulares, De: Descanso, Y: Otros

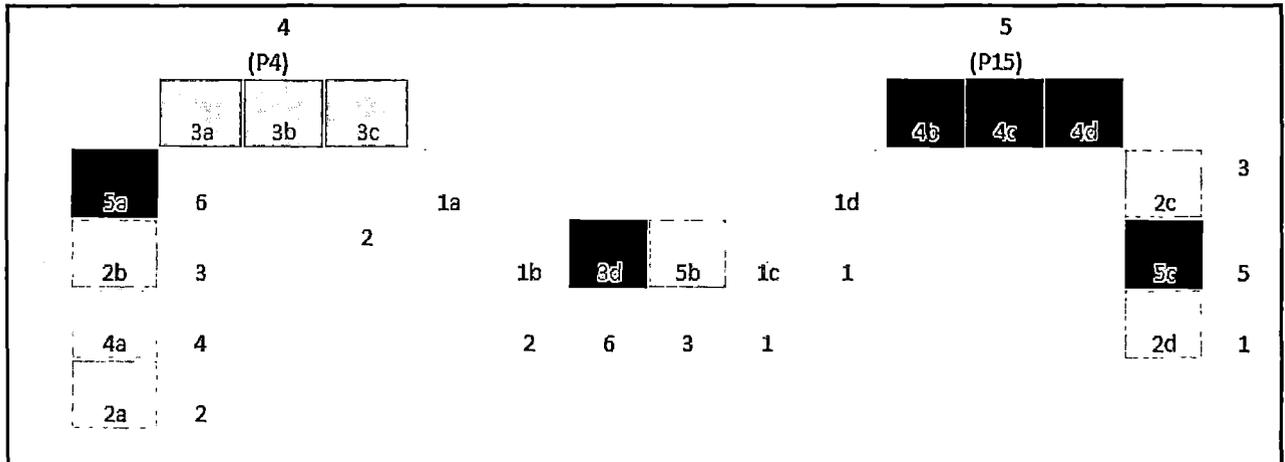
Se muestra las actividades que en este caso las cuadrillas de encofrado y excavación realizaron en el instante de medición hecho a las 20:02mp. De este gráfico podemos acotar que de los tres días de recogimiento de datos, la cuadrilla de encofrado no realizaba muchas actividades contributorias para la producción de muros pantalla, pero, aún así, en los tres días de medición no realiza las mismas actividades excepto en el caso del transporte que se realizó el primer y segundo día. Para la cuadrilla de excavación se notó que se realizaban las mismas actividades no contributorias en días alternados, y que en el tercer día de medición la cuadrilla tuvo más personas haciendo actividades no contributorias.

Se puede apreciar que en la mayoría de las gráficas presentadas, para diferentes instantes de tiempo no se emplea la misma cantidad de personal para realizar ciertas actividades, sean contributorias o no contributorias, esto se podría adjudicar a que la administración no tiene un pleno control de todos los trabajadores al no ofrecer tareas específicas a cada uno de los obreros y simplemente limitándose a darle metas diarias para la jornada de trabajo.

5.2.CRITERIOS EMPLEADOS PARA EL ESTUDIO

Para la investigación realizada, se vieron necesarios ciertos criterios para poder representar de forma cercana lo que ocurrió en la producción de los muros pantalla, dado que se está frente a un sistema de producción en el que abarca varios procesos, se tiene que usar un criterio que nos ayude a representar de una manera matemática las actividades eficientes e ineficientes que se están desarrollando, que, a su vez, abarque a todos los procesos inmersos la realización de los muros pantalla, y, que, además, muestre la productividad del sistema de producción; es por esto que se decidió tomar como método de estudio el **Nivel General de Actividades**, en donde se ha hecho el recogimiento de datos, el procesamiento y la evaluación que se ha mostrado en capítulos anteriores.

5.2.1. Consideraciones Preestablecidas



Se tuvieron algunas consideraciones para la toma de datos de los muros pantalla realizados en la obra de aplicación, que fueron necesarias para poder representar de una manera certera la productividad que la empresa genera cuando realiza el sistema de producción de muros pantalla.

- La codificación de los muros pantalla que se desarrolló en la **Zona 2** del "**Gran Teatro Nacional**" para la realización de la programación se hizo en primera instancia con la intención de vaciar cuatro muros por día. Se notó que era casi imposible hacerlo en los dos primeros anillos, así que se reformuló a realizar tres muros vaciados por día y con la lógica de tener aproximadamente el mismo volumen de concreto para vaciar en las jornadas que dure la realización de los muros pantalla en el tercer anillo. Así, los cuadrados coloreados y los números dentro de ellos indican la primera secuencia de vaciado, y los números que están fuera de los recuadros indican la segunda secuencia de vaciado que es con la que se trabajó en la toma de datos: Los números 1, 2, ..., 6, indican el número de orden de los días en que las placas fueron vaciadas.

Fig.5.16: Codificación de los Muros Pantalla

- Para el establecimiento de los procesos que están inmersos dentro de la elaboración del sistema de producción de muros pantalla y que serán tomados en cuenta para la elaboración de muros pantalla, se consideró el utilizar a los procesos que estaban desarrollados por la

empresa contratista, que es a la cual se le está haciendo el estudio. Así, de los procesos **excavación masiva, perforación e inyección, excavación localizada, colocación de acero, encofrado, vaciado, desencofrado y tensado**, se escogió con el criterio dicho anteriormente a los procesos de **excavación localizada, colocación de acero, encofrado, vaciado y desencofrado**, debido a que los procesos de **perforación e inyección desencofrado y tensado**, fue desarrollado por una empresa subcontratada para realizar dichos procesos, y, el proceso de **excavación masiva** queda excluida de los procesos considerados dentro del estudio puesto que; debido a la intervención de la empresa subcontratada; queda aislada de los demás procesos que están secuenciados entre sí, es decir, el flujo de procesos que realiza la empresa contratista queda cortado u obstruido por la empresa subcontratada que interfiere al realizar el proceso de perforación e inyección, quedando así, con los procesos considerados para la toma de datos, un flujo secuencial de procesos y que será repetitivos a lo largo de la realización del tercer anillo de muros pantalla.

- El criterio para escoger los días para la toma de datos fueron establecidos considerando la actividades que el grupo de trabajo inmerso en la elaboración de los muros pantalla tenían para realizar en ese día o jornada, y, también, en los procesos que serian realizados en los días de medición, es por esto, que, en los días de recogimiento de datos, se consideró tomar los días que el grupo de trabajo realizaba las mismas actividades, con una cantidad similar de trabajo, y, que los procesos inmersos dentro del sistema de producción se estén desarrollando en la jornada de trabajo en la cual se van a recoger datos, es decir, el día en el cual se van a recoger los datos, tendrán que desarrollarse todos los procesos que están inmersos dentro del sistema de producción de muros pantalla.

- La cantidad de personal que fue considerado para el recogimiento de datos, fue coordinado con los capataces de cada cuadrilla integrante del proceso inmerso dentro del sistema de producción debido a que

conjuntamente con la elaboración de muros pantalla, también se estaba desarrollando, en otro frente de trabajo, otro proceso de producción que fue la elaboración de placa en la Zona 1 del “Gran Teatro Nacional”, y, se tuvo que designar personal para cada uno de los frentes de trabajo, y, según la cantidad de trabajo programado para cada día, la cantidad de personal pudo haber variado para cada cuadrilla.

- En el recogimiento de datos, se vio recomendable el considerar que cuando un personal que trabajaba en el frente de trabajo del muro pantalla se retiraba a hacer trabajos hacia el otro sistema de producción (elaboración de placas), este dejaba de ser parte del personal asignado para hacer trabajos en la elaboración del muro pantalla, debido que su participación ya no era directamente a la elaboración del muro pantalla, es decir, la selección de la cantidad de personal dentro de una cuadrilla no era una selección rígida, puesto que el personal se movía de un sistema de producción a otro, según la disposición del capataz.

5.2.2.Limitaciones Presentadas en el Estudio

Para la realización de la investigación del análisis de la productividad y la eficiencia para la elaboración de muros pantalla se presentaron ciertas limitaciones para la investigación realizada en la obra del “Gran Teatro Nacional”. Entre algunas limitaciones acotadas tenemos las siguientes:

- La obtención de datos se realizó íntegramente para el tercer anillo de la Zona 2 de la obra del “Gran Teatro Nacional” debido a que se llegó al campo de estudio cuando el avance de la obra se encontraba ya en el segundo anillo y este no se ajustaba a las consideraciones establecidas que se presentaron con anterioridad, como por ejemplo el que se desarrollen todos los procesos en el mismo día de recogimiento de datos.
- Para el estudio, se abarcará el estudio hasta llegar a dar los lineamientos de mejora para la elaboración de muros pantalla debido a

que el recogimiento de datos hechos en campo solo contempla los días en que las consideraciones preestablecidas se cumplen, y, posteriormente en campo no se cumplieron las consideraciones preestablecidas.

- Para la obtención de datos y el seguimiento de los procesos y actividades, se vio necesario utilizar la programación a nivel de la programación preventiva (Lookahead Planning), puesto que la programación diaria no se tenía almacenada como para recopilarla y utilizarla en la recolección de datos.
- Se limitó el levantamiento de datos a los procesos que estaban inmersos dentro del sistema de producción de los muros pantalla y que estén realizados por la empresa para la cual se desarrollaba la investigación, y, que, además, tengan un flujo continuo sin que otros agentes (como empresas subcontratadas) interfieran en los procesos que la empresa desarrollaba.
- No se pudo hacer una sesión de creatividad con los trabajadores que estaban inmersos en la producción de los muros pantalla, debido a cuestiones administrativas.
- Para la obtención de datos de productividad se limitó a recoger datos del personal que estaba haciendo actividades (sean productivas, contributorias o no contributorias) únicamente para el sistema de producción de muros pantalla, puesto que el recogimiento de datos fuera del interés de la producción de muros pantalla, arrojaría datos erróneos para nuestra medición.
- Al igual que para la productividad, para la recolección de datos de las horas hombre se limitó a recoger datos de las personas que estaban haciendo actividades (sean productivas, contributorias o no contributorias) únicamente para el sistema de producción de muros pantalla, puesto que el recogimiento de datos fuera del interés de la producción de muros pantalla, arrojaría datos erróneos para nuestra medición.

5.3.PROPUUESTAS DE MEJORA

Luego de la consolidación de la investigación, se procedió a procesar los datos, evaluar y analizar cada parte de la información recogida sobre la productividad del sistema de producción de la elaboración de muros pantalla, se va a proceder en este ítem a presentar unas propuestas de mejora que darán algunos lineamientos para poder obtener un alza en la productividad y llevar a este a la mejora continua en procesos repetitivos como el presentado en la investigación.

Las propuestas de mejora, se van a presentar en dos formas: Una es mediante el uso del método **Triz (Teoría para Resolver los Problemas del Inventor)**, y la otra es mediante el apoyo de algunas teorías que ofrece la filosofía del **LEAN CONSTRUCTION** que nos van a proporcionar interesantes criterios para poder generar un incremento en la productividad.

5.3.1. Método Triz

Luego de un recogimiento de datos y una identificación de los problemas encontrados en la elaboración de muros pantalla que se realizó en el "**Gran Teatro Nacional**", se toman estos problemas encontrados y se generalizan hacia la lista de problemas que la metodología de **Triz** proporciona para poder utilizar el método y encontrar soluciones para estos problemas encontrados en la realización de muros pantalla. Los niveles de formulación de soluciones para los problemas encontrados serán de nivel 1 y nivel 2 según las características de los niveles que a continuación se detallan:

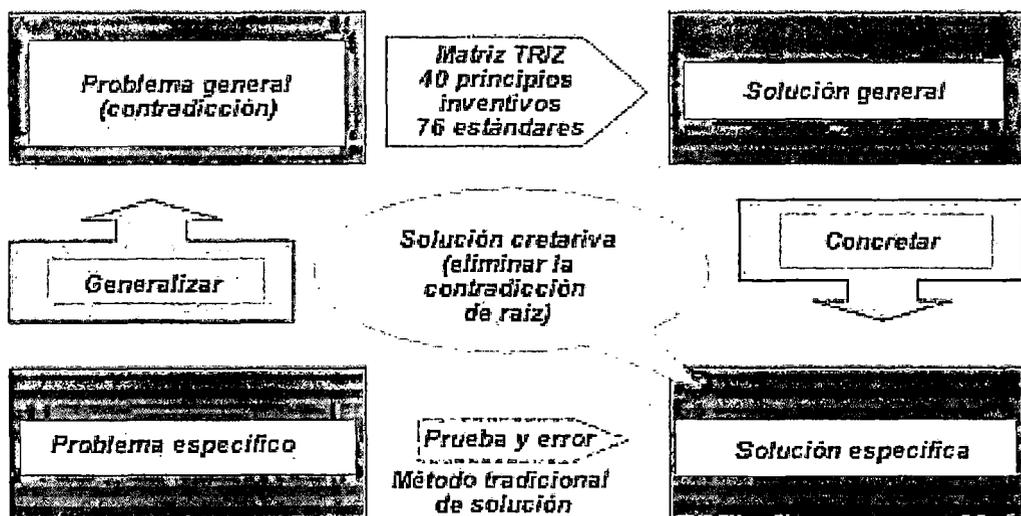
Tabla 5.1: Clasificación de las Soluciones Según la Metodología Triz

Nivel	Descripción	% aproximado de ocurrencia
Cinco	Un raro descubrimiento científico o una invención pionera de un nuevo sistema.	1
Cuatro	Solución enfocada más en la ciencia que en la tecnología. Una nueva generación que usa un nuevo principio para efectuar las funciones primarias de un sistema.	4
Tres	Se resuelven contradicciones. Se trata de mejoras fundamentales de un sistema existente, por métodos conocidos fuera de la industria.	18
Dos	Mejoras menores de un sistema existente, usando	45

	métodos conocidos dentro de la industria.	
Uno	No se necesita invención. Los problemas rutinarios de diseño son resueltos por métodos muy conocidos dentro de la especialidad.	32

Según la metodología Triz explicada en el capítulo II, los problemas específicos encontrados en la elaboración de muros pantalla se generalizan para así poder hallar soluciones generales proporcionadas por el método, luego de esto, se procede a hallar la solución específica para los problemas encontrados.

Fig.5.17: Proceso Triz.



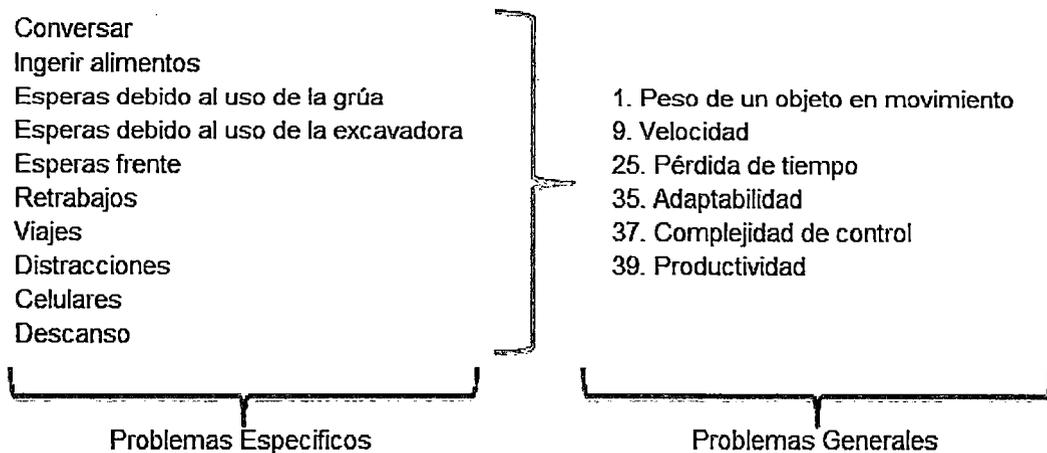
Así, nuestros problemas específicos son:

- Conversar
- Ingerir alimentos
- Esperas debido al uso de la grúa
- Esperas debido al uso de la excavadora
- Esperas frente
- Retrabajos
- Viajes
- Distracciones
- Celulares
- Descanso

De los cuales, luego de generalizarlos por medio de la lista de los 39 parámetros ingenieriles proporcionada en el capítulo II se obtiene lo siguientes problemas generales:

1. Peso de un objeto en movimiento
9. Velocidad
25. Pérdida de tiempo
35. Adaptabilidad
37. Complejidad de control
39. Productividad

Fig.5.18: Conversión de Procesos Específicos a Procesos Generales



Al tratar de resolver estos problemas se podrían generar otros problemas que al buscar en la lista de parámetros ingenieriles del método se muestran a continuación:

- 13. Estabilidad del objeto
- 27. Confiabilidad
- 29. Exactitud de la manufactura
- 31. Daños como efectos laterales desarrollados por el objeto
- 35. Adaptabilidad

Entonces, las soluciones requeridas para solucionar los problemas observados y los posibles problemas que ocurrirían en nuestro sistema de producción se muestran a continuación:

fig.5.19: Cuadro de la Metodología TRIZ para hallar soluciones

		Parámetros que pueden empeorar				
		13	27	29	31	35
Parámetros que pueden ser mejorados	Parámetros Ingenieriles	estabilidad del objeto	confiabilidad	exactitud de la manufactura	Daños como efectos laterales desarrollados por el objeto	Adaptabilidad
	1	Peso de un objeto en movimiento			↓	↓
	9	Velocidad			↓	↓
	39	Productividad	28	5, 15, 20	5, 6, 12, 20, 28	6, 12, 20, 28
	25	Perdida de tiempo				
	35	Adaptabilidad				
	37	Complejidad de control				
	Principios de Resolución		5. Combinación 6. Universalidad 12. Equipotencialidad	20. Continuidad de una Acción Útil 28. Reemplazo de un Sistema Mecánico		

Luego de encontrar las soluciones generales, se llevan estas a soluciones específicas para la elaboración de muros pantalla, con los problemas detectados en el mismo.

Tabla 5.2: Conversión de la solución general a la solución específica

Principios de Solución general y generación de Soluciones			
N°	Nombre	Descripción de la Solución General	Solución Específica
5.	Combinación	Combinar en espacios homogéneos u objetos destinados para operaciones contiguas. Combinar en tiempos homogéneos o en operaciones contiguas.	Programar las tareas para que las cuadrillas trabajen aproximadamente lo mismo cada día y programar el avance en función del tiempo de estas para que no haya esperas.
6.	Universalidad	Haga que el objeto efectúe múltiples funciones. De esta manera se elimina la necesidad de algún otro.	Planificar el trabajo de tal manera que los obreros tengan que hacer el mínimo de trabajo improductivo.
12	Equi-potencialidad	Cambie las condiciones de trabajo tal que el objeto no necesite se elevado o bajar.	Realizar o replantear la programación en planta con el fin de evitar los viajes.
20.	Continuidad de una acción útil	Llevar una acción continuamente, sin pausas, para que todas las partes	La administración debe programar de tal manera que no se generen paras

		operen a total capacidad. Remueva tiempos muertos o intermedios.	dando una tarea específica a cada trabajador y supervisar para que no se generen colas.
28.	Reemplazo de un sistema mecánico	Reemplace un sistema mecánico por otro sensorial (óptico, acústico u olfatorio). Use un campo eléctrico, magnético o electromagnético para interactuar con el objeto. Reemplace campos: estacionarios por móviles, fijos por intercambiables, aleatorios por estructurados. Usar un campo en conjunto con partículas activadas (por ejemplo ferro-magnéticas).	Reemplazar la grúa y utilizar un sistema más efectivo para hacer los trabajos de elevación; también se propone tener habilitado a una retroexcavadora con menos volumen, para que no obstruya el trabajo de las demás cuadrillas

5.3.2. Filosofía Lean

Del consolidado de la investigación y luego de la evaluación podemos notar que para cada día de muestra obtenida, de las actividades ineficientes o no contributorias detectadas existen ciertas actividades que son las más incisivas para nuestro sistema de producción. De éstas, luego de un análisis, se han detectado las causas que generan estas actividades ineficientes y que reducen la productividad del sistema de producción. Es por esto que en esta sección vamos a dar algunos lineamientos de mejora con el uso de la **Filosofía Lean** para eliminar estas causas que generan las actividades ineficientes y con ello mejorar el tiempo productivo y consecuentemente la productividad del sistema de producción.

5.3.2.1. Aplicación a la Muestra 1

Para esta medición se consideran las ineficiencias más incisivas son a las esperas por frente, descansos y conversaciones, de las cuales vamos a proponer medidas de mejora para así, incrementar el porcentaje del trabajo productivo hecho en la producción de muros pantalla.

➤ Esperas por frente

Dentro de las actividades ineficientes en el sistema de producción, las esperas por frente ocupan un 21.74%, en la tabla 5.3 se muestra el porcentaje que ocupa las esperas por frente respecto al total de ineficiencias hechas por cada cuadrilla individualmente

Tabla 5.3: Porcentaje de las esperas por frente respecto al total de ineficiencias hechas por cada cuadrilla

Cuadrillas	Total incidencias	Esperas por frente	%
Encofrado	58	11	18.97
Excavación	79	16	20.25
Concreto	61	21	34.43
Acero	17	6	35.29
Topografía	24	0	0.00
Seguridad	14	1	7.14

Donde: Esperas por frente: Esperas debido a las demoras de las cuadrillas predecesoras

Las esperas por frente se dan por diversas causas, pero luego de un análisis de estas causas (realizadas en el CAPITULO IV), se encuentra que la **ORGANIZACIÓN EN PLANTA, SUPERVISIÓN POR PARTE DEL CAPATAZ O INGENIERO, PLANIFICACIÓN DE LA OBRA, CONCENTRACION EN EL TRABAJO** ocupan un 44.75% de las causas que generan la actividad ineficiente. Al darle solución a estas causas o raíces de problemas, se estará controlando y dándole solución a la actividad ineficiente detectada.

- **Organización en planta (Layout Plan)**

Para la primera toma de datos se puede apreciar que hay muchas esperas por frente de las diversas cuadrillas para poder realizar sus actividades productivas, y, después de un análisis notamos que la distribución en planta es una importante causa que genera esta actividad ineficiente.

Para eliminar esta causa, siguiendo los lineamientos de la Filosofía Lean, se sugiere reprogramar la distribución en planta haciendo una reingeniería de la misma. Como su nombre lo dice, reingeniería es volver a empezar, es hacer lo que ya estamos haciendo, pero hacerlo mejor, trabajar más inteligentemente.

De este modo el ingeniero encargado de la distribución en planta debe tener en cuenta cual es el flujo que realizan las cuadrillas y a partir de ahí hacer una distribución de estos en el campo, sin dejar de lado también, el rendimiento que tienen las cuadrillas y los equipos para realizar cierto tipo de tareas con el fin de poder distribuir el campo en diferentes instantes de tiempo y diferentes escenarios de trabajo realizados en la planta, de tal modo que el tren de trabajo se muestre continuo y no se generen colas que se reproducen en esperas por frente, por equipos y otras actividades que no contribuyen a la realización del sistema de producción.

Es importante resaltar que para una buena organización en planta, el encargado de la programación detallada, debe ajustar los rendimientos de las cuadrillas para que se ajuste lo más que se pueda a la realidad y la desviación de su programación con respecto a la realidad no sea tanta que afecte a la distribución de la planta, pues esta distribución es variable en el tiempo según las actividades que se tenga que ejecutar, y, queda claro que si la programación diaria no se ajusta a lo que las cuadrillas puedan realizar debido a sus características (rendimientos) la distribución en planta quedaría desestimada y se presentarían interrupciones en el flujo de las cuadrillas que generaran las esperas por frente que se presentaron en el sistema de producción.

Fig.5.20: La cuadrilla de encofrado tiene que esperar a que la excavadora termine su trabajo para poder continuar sus actividades.



- **Supervisión por parte del Capataz o Ingeniero**

Del análisis de los datos se observa que otro problema fundamental de las esperas por frente es la supervisión por parte del capataz y/o ingeniero, lo que indica que una defectuosa supervisión es causante de que los obreros generen colas en el tren de actividades y se generen esperas por frente.

Para mitigar esta causa de la ineficiencia detectada es necesario que los encargados de la supervisión hagan su labor de supervisar el accionar de los trabajadores con más eficiencia, ya que al no hacerlo, el personal resulta haciendo actividades ineficientes que no contribuyen a la producción de la elaboración de muros pantalla, el personal al no estar debidamente controlados disminuyen su rendimiento, y, por ende, las programaciones hechas por los ingenieros encargados pierden validez junto con la distribución en planta también hecha por ingenieros, esto trae como consecuencia que el tren de trabajo genere colas que desencadena una serie de actividades ineficientes, dentro de las cuales una de las más incisivas detectadas en la obra son las esperas por frente de las cuadrillas.

Es por esto que la supervisión tiene que hacer el control de una manera eficiente, para controlar y hacer que las cuadrillas trabajen a un rendimiento tal que el trabajo hecho en campo reproduzca en lo más que se pueda lo hecho en las programaciones y no se generen colas en los trenes de trabajos, haciendo que el término de una actividad sea justo en el tiempo estimado para que la otra actividad inicie y se genere un flujo continuo de actividades.

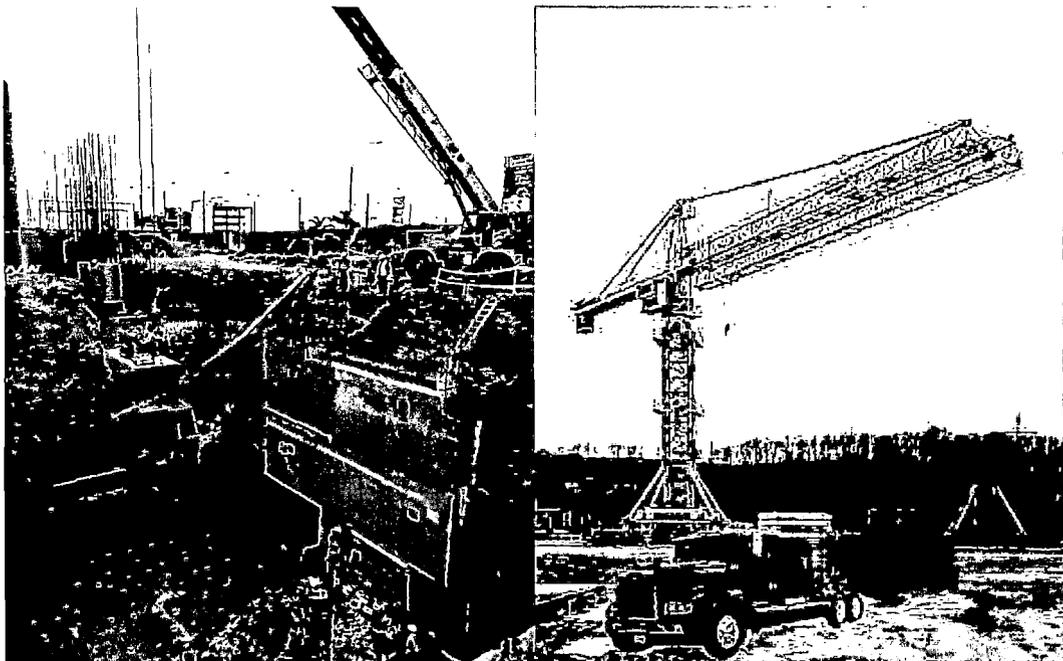
- **Planificación en obra**

En el recogimiento de datos perteneciente a la primera medición se puede apreciar que hay esperas por frente que no aportan valor a la producción de los muros pantalla y que es realizada por las diversas cuadrillas. Después de un análisis notamos que la planificación de la obra es una importante causa que nos genera estas actividades. Se procederá a mitigar esta causa apoyándose en la Filosofía Lean y se sugiere hacer una planificación de la obra a detalle teniendo en cuenta las restricciones que se presentan de acuerdo a los rendimientos que las cuadrillas poseen y el volumen de trabajo que la jornada requiere, de tal modo que el personal se mantenga realizando actividades eficientes para la producción y no se genere tiempo muerto para ellos que conllevan a que el personal realice actividades ineficientes. Al hacer un programación diaria al detalle, se podrán establecer metas diarias y con el cumplimiento de estas se podrán metas mayores logrando paulatinamente un mejoramiento continuo en los procesos al disminuir las actividades ineficientes.

Para poder llevar a un mejoramiento continuo es necesario utilizar criterios para que el sistema de producción mejore continuamente, hasta que llegue el punto de tener que hacer una implementación tecnológica para poder dar un salto de mejora y continuar con el mejoramiento continuo.

En este punto se propone realizar el cambio de la grúa utilizada por una grúa-torre puesto que tiene mejores propiedades y características como la maniobrabilidad, espacio ocupado, etc., que permitirán a las cuadrillas trabajar más eficientemente y así aumentar la productividad del sistema de producción al no tener a las cuadrillas realizando actividades no contributorias como las esperas por frente y otras que fueron detectadas en el recogimiento de datos.

Fig.5.21: Implementación de grúas convencionales a grúas torre



- **Concentración en el trabajo**

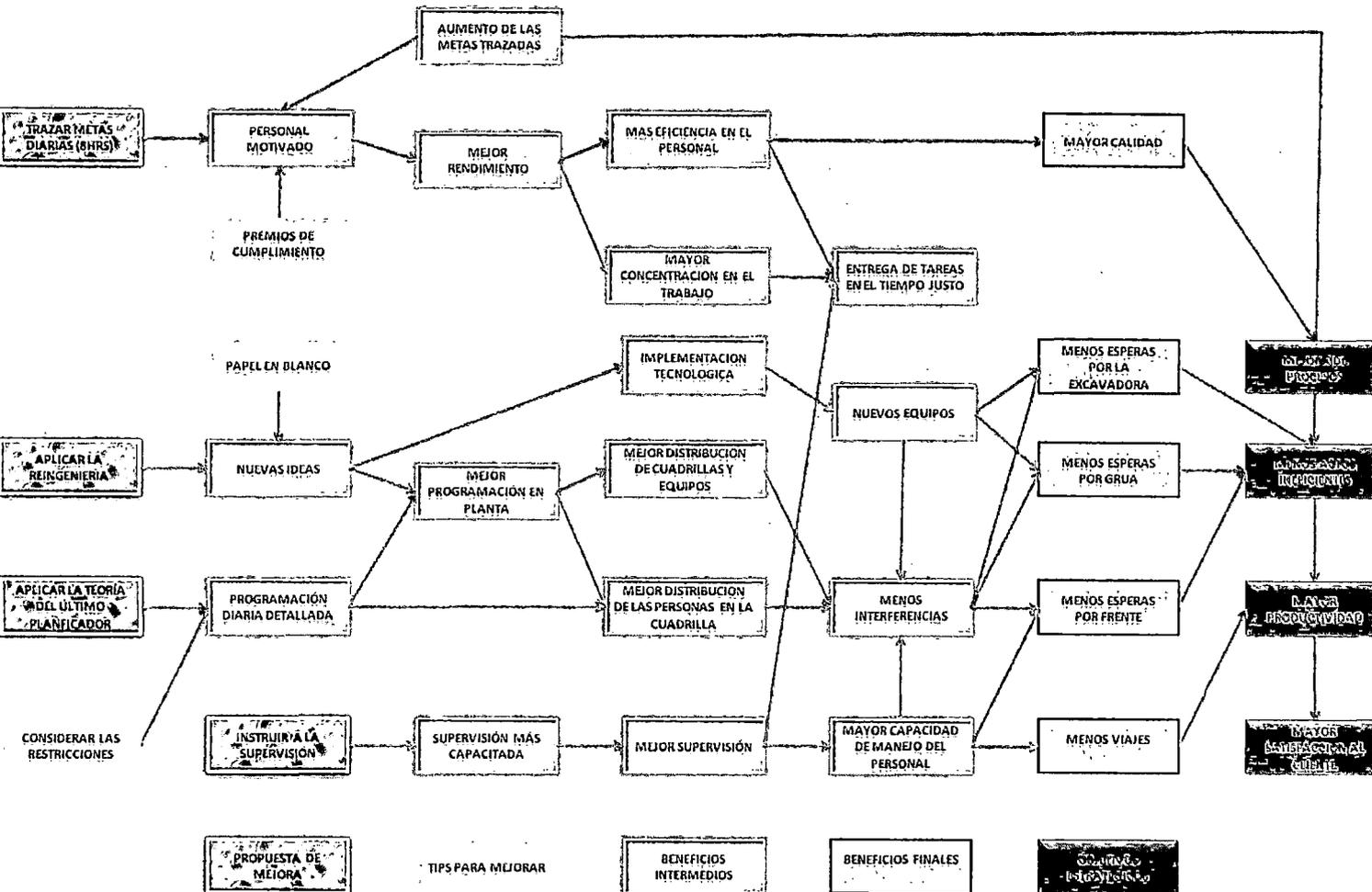
De toma de datos, y, con los problemas principales detectados, se observa que una de las causas fundamentales para el problema de las esperas por frente es la concentración que el trabajador tiene para con el trabajo, la cual es imprescindible mitigar para minimizar el problema.

Para mitigar este problema primario, es necesario hacer un análisis del personal que se tiene en la obra para descubrir cuál es el desempeño de estos a la hora de realizar las actividades que se tiene en la elaboración de muros pantalla, observar si el personal está rindiendo como se estima y hacer una selección correcta del personal que se tiene en obra, eliminando así a la gente que no muestre interés y presente poca concentración en el trabajo, logrando con esto, tener a disposición a la gente que permanezca concentrada en el trabajo y presente un desempeño aceptable en la realización de los trabajos.

Otra posible solución para mitigar este problema, podrá ser el motivar al personal de una manera económica con el fin de lograr su máximo rendimiento con una menor cantidad de acciones ineficientes. Junto a esta propuesta de solución, se propone trazar metas para cada jornada de trabajo y premiar al personal cuando la meta es cumplida, y así, con este cumplimiento de metas, se puede llevar a los procesos al **mejoramiento continuo** con un aumento de las metas a realizar. Esta última propuesta se plantea debido al hecho de que el personal de trabajo algunas veces prefiere que el tiempo para cumplir las actividades se alargue para así poder tener mayores ingresos económicos por los trabajos en horas extras, ocasionando de esta manera, que la empresa contratista incremente sus gastos y baje su productividad.

Para una mayor representación de las propuestas de mejora para cada causa de los problemas encontrados en la primera medición se realiza un mapa de beneficios, además, se podrá notar que otros beneficios nos proporcionaría el realizar estas propuestas de mejora

Fig.5.22: Mapa de Beneficios para mitigar las esperas por frente²



➤ Descanso

Dentro de las actividades ineficientes en el sistema de producción, los descansos ocupan un 16.21%, en la tabla 5.4 se muestra el porcentaje que ocupa los descansos respecto al total de ineficiencias hechas por cada cuadrilla individualmente.

² El mapa de beneficios es un mapa que nos ayuda a descifrar beneficios intermedios en el camino de la búsqueda de los objetivos estratégicos, a partir de propuestas de mejora.

Tabla 5.4: Porcentaje de los descansos respecto al total de ineficiencias hechas por cada cuadrilla

Cuadrillas	Total incidencias	Descanso	%
Encofrado	58	11	18.97
Excavación	79	14	20.25
Concreto	61	6	34.43
Acero	17	3	35.29
Topografía	24	4	0.00
Seguridad	14	3	7.14

Donde: Descanso: Descansos en hora de trabajo

Los descansos se dan por diversas causas, pero luego de un análisis de estas causas (realizadas en el CAPITULO IV), se encuentra que la **CANSANCIO DEL OBRERO** y la **SUPERVISION** ocupan un 44.74% de las causas que generan la actividad ineficiente. Al darle solución a estas causas o raíces de problemas, se estará controlando y dándole solución a la actividad ineficiente detectada.

- **Cansancio del Obrero**

Con los problemas principales ya detectados en los análisis, se observa que una de las causas fundamentales para el problema de los descansos es el cansancio mostrado por el personal ante el volumen de trabajo a realizar.

Para superar este problema, tenemos que considerar el volumen de trabajo que se exige realizar en la jornada de trabajo, y si en la jornada hay que realizar horas extras hay que considerar hasta cuantas horas el personal podría cumplir con el rendimiento estimado, debido a que una sobre exigencia de los mismos haría que los rendimientos bajen paulatinamente.

Al notar que el volumen programado hace que el rendimiento del personal baje, además de tomarnos varias horas extras (como es el caso de la obra investigada), debería pensarse en hacer el volumen de producción con dos

turnos de trabajo (uno en la mañana y uno en la noche), con el fin de que los obreros trabajen a un rendimiento estimado continuo y no presenten estos descansos. Al tener dos turnos de trabajo se podría también, aumentar el volumen de trabajo debido al rendimiento continuo que presentarían los dos grupos de obreros, y así la productividad aumentaría y el trabajo resultaría en un menor tiempo.

- **Supervisión por parte del Capataz o Ingeniero**

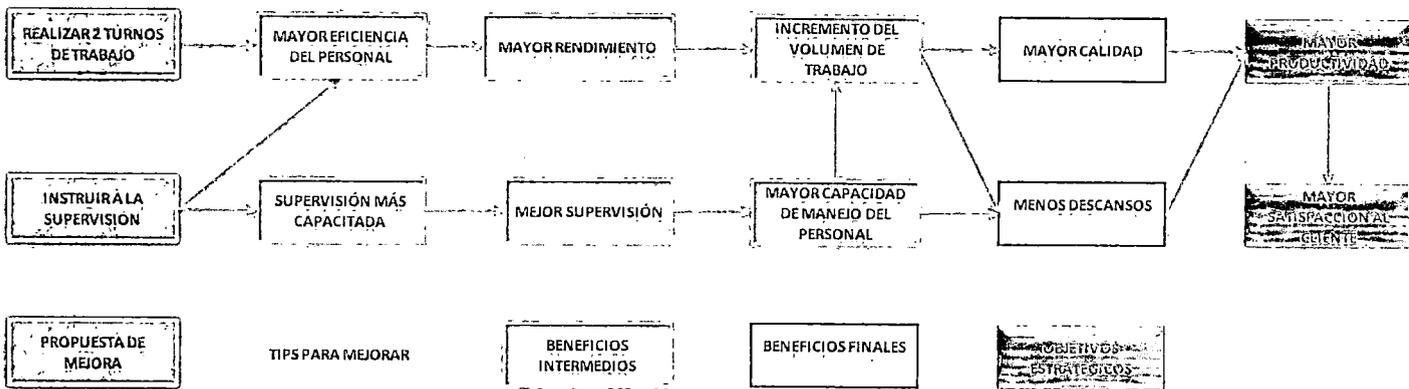
Del análisis de los datos se observa que otro problema fundamental de las esperas por frente es la supervisión por parte del capataz y/o ingeniero, lo que indica que una defectuosa supervisión es causante de que los obreros generen colas en el tren de actividades y se generen esperas por frente.

Para mitigar esta causa de la ineficiencia detectada es necesario que los encargados de la supervisión hagan su labor de supervisar el accionar de los trabajadores con más eficiencia, ya que al no hacerlo, el personal resulta haciendo actividades ineficientes que no contribuyen a la producción de la elaboración de muros pantalla, el personal al no estar debidamente controlados disminuyen su rendimiento, y, por ende, las programaciones hechas por los ingenieros encargados pierden validez junto con la distribución en planta también hecha por ingenieros, esto trae como consecuencia que el tren de trabajo genere colas que desencadena una serie de actividades ineficientes, dentro de las cuales una de las más incisivas detectadas en la obra son las esperas por frente de las cuadrillas.

Es por esto que la supervisión tiene que hacer el control de una manera eficiente, para controlar y hacer que las cuadrillas trabajen a un rendimiento tal que el trabajo hecho en campo reproduzca en lo más que se pueda lo hecho en las programaciones y no se generen colas en los trenes de trabajos, haciendo que el término de una actividad sea justo en el tiempo estimado para que la otra actividad inicie y se genere un flujo continuo de actividades.

Para una mayor representación de las propuestas de mejora para cada causa de los problemas encontrados en la primera medición se realiza un mapa de beneficios, además, se podrá notar que otros beneficios nos proporcionaría el realizar estas propuestas de mejora

Fig.5.23: Mapa de Beneficios para mitigar los descansos



➤ Conversar

Dentro de las actividades ineficientes en el sistema de producción, las conversaciones ocupan un 15.02%, en la tabla 5.5 se muestra el porcentaje que ocupa las conversaciones respecto al total de ineficiencias hechas por cada cuadrilla individualmente

Tabla 5.5: Porcentaje de las conversaciones respecto al total de ineficiencias hechas por cada cuadrilla

Cuadrillas	Total incidencias	Conversar	%
Encofrado	58	5	18.97
Excavación	79	12	20.25
Concreto	61	9	34.43
Acero	17	3	35.29
Topografía	24	6	0.00
Seguridad	14	3	7.14

Donde: Conversaciones: Conversar en horas de trabajo

Las conversaciones se dan por diversas causas, pero luego de un análisis de estas causas (realizadas en el CAPITULO IV), se encuentra que la **ORGANIZACIÓN EN PLANTA** y la **PLANIFICACIÓN DE LA OBRA** ocupan un 46.21% de las causas que generan la actividad ineficiente. Al darle solución a estas causas o raíces de problemas, se estará controlando y dándole solución a la actividad ineficiente detectada.

- **Organización en planta (Layout Plan)**

Para la primera toma de datos se puede apreciar que hay conversaciones en las diversas cuadrillas que nos disminuyen la productividad del sistema, después de un análisis notamos que la distribución en planta es una importante causa que genera esta actividad ineficiente.

Para eliminar esta causa, siguiendo los lineamientos de la Filosofía Lean, se sugiere reprogramar la distribución en planta haciendo una reingeniería de la misma. Como su nombre lo dice, reingeniería es volver a empezar, es hacer lo que ya estamos haciendo, pero hacerlo mejor, trabajar más inteligentemente. De este modo el ingeniero encargado de la distribución en planta debe tener en cuenta cual es el flujo que realizan las cuadrillas y a partir de ahí hacer una distribución de estos en el campo, sin dejar de lado también, el rendimiento que tienen las cuadrillas y los equipos para realizar cierto tipo de tareas con el fin de poder distribuir el campo en diferentes instantes de tiempo y diferentes escenarios de trabajo realizados en la planta, de tal modo que el tren de trabajo se muestre continuo y no se generen estas conversaciones que no contribuyen a la realización del sistema de producción.

Es importante resaltar que para una buena organización en planta, el encargado de la programación detallada, debe ajustar los rendimientos de las cuadrillas para que se ajuste lo más que se pueda a la realidad y la desviación de su programación con respecto a la realidad no sea tanta que afecte a la distribución de la planta, pues esta distribución es variable en el

tiempo según las actividades que se tenga que ejecutar, y, queda claro que si la programación diaria no se ajusta a lo que las cuadrillas puedan realizar debido a sus características (rendimientos) la distribución en planta quedaría desestimada y se presentarían interrupciones en el flujo de las cuadrillas que generarían las conversaciones detectadas.

Fig.5.24: La cuadrilla de encofrado tiene que esperar a que la excavadora termine su trabajo para poder continuar sus actividades.



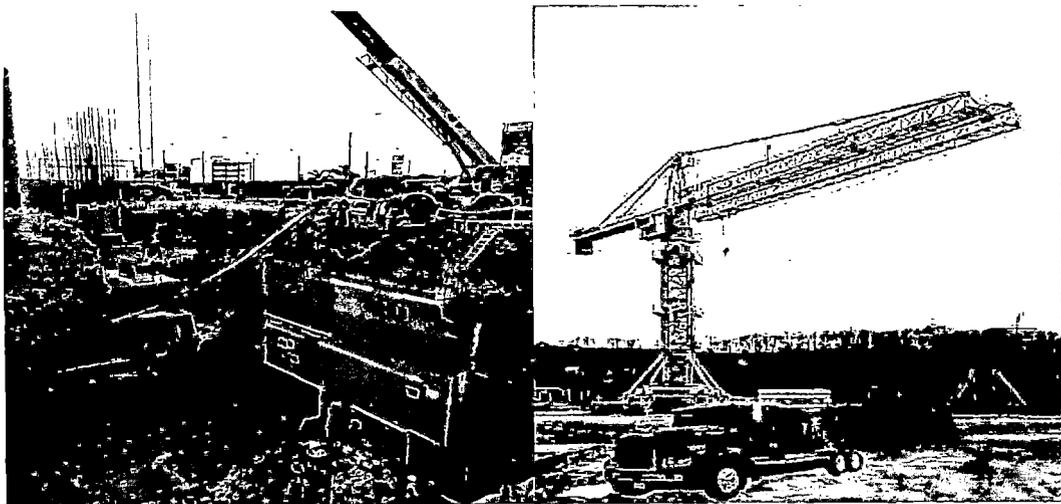
- **Planificación en obra**

En recogimiento de datos perteneciente a la primera medición se puede apreciar que hay conversaciones que no aportan valor a la producción de los muros pantalla y que es realizada por las diversas cuadrillas. Después de un análisis notamos que la planificación de la obra es una importante causa que nos genera estas actividades. Se procederá a mitigar esta causa apoyándose en la Filosofía Lean y se sugiere hacer una planificación de la obra a detalle teniendo en cuenta las restricciones que se presentan de acuerdo a los rendimientos que las cuadrillas poseen y el volumen de trabajo que la jornada requiere, de tal modo que el personal se mantenga realizando actividades eficientes para la producción y no se genere tiempo muerto para ellos que conllevan a que el personal realice actividades ineficientes.

Al hacer un programación diaria al detalle, se podrán establecer metas diarias y con el cumplimiento de estas se podrán metas mayores logrando paulatinamente un mejoramiento continuo en los procesos al disminuir las actividades ineficientes.

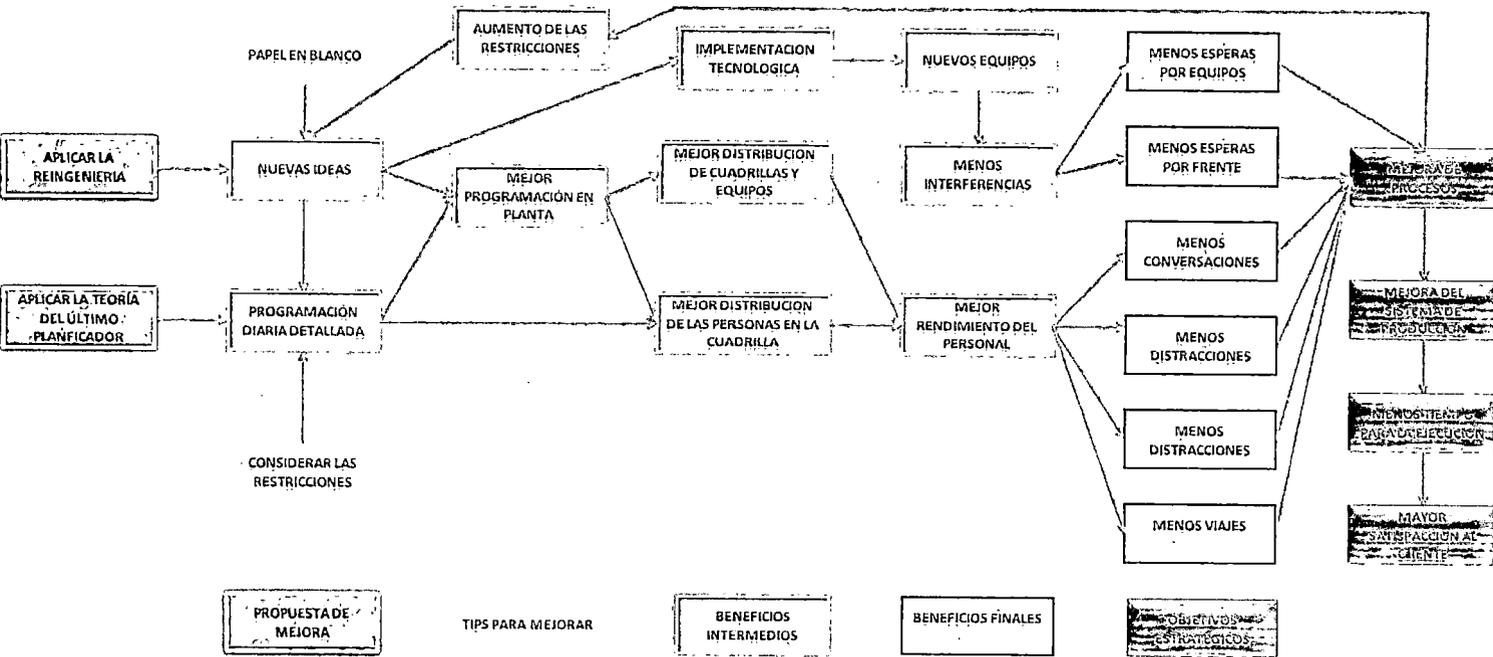
Para poder llevar a un mejoramiento continuo es necesario utilizar criterios para que el sistema de producción mejore continuamente, hasta que llegue el punto de tener que hacer una implementación tecnológica para poder dar un salto de mejora y continuar con el mejoramiento continuo, en este punto se propone realizar el cambio de la grúa utilizada por una grúa-torre puesto que tiene mejores propiedades y características como la maniobrabilidad, espacio ocupado, etc., que permitirán a las cuadrillas trabajar más eficientemente y así aumentar la productividad del sistema de producción al no tener a las cuadrillas realizando actividades no contributorias como las conversaciones y otras que fueron detectadas en el recogimiento de datos.

Fig.5.25: Implementación de grúas convencionales a grúas torre



Para una mayor representación de las propuestas de mejora para cada causa de los problemas encontrados en la primera medición se realiza un mapa de beneficios, además, se podrá notar que otros beneficios nos proporcionaría el realizar estas propuestas de mejora

Fig.5.26: Mapa de Beneficios para mitigar las conversaciones



Al resolver el problema de las **ESPERAS POR FRENTE**, **DESCANSO** y las **CONVERSACIONES**, se estaría resolviendo de una forma directa el 52.96% de las actividades ineficientes realizadas en la jornada de trabajo, siendo este una disminución del 22.6% en el tiempo no contributorio respecto al tiempo total consumido en una jornada de trabajo lo que significa un ahorro significativo en las horas-hombre consumidas.

Tabla 5.6: Horas-Hombre consumidas en la jornada de trabajo y Horas-Hombre consumidas del trabajo No Contributorio

Día	Horas Hombre consumidas	HH No Contributoria consumidas
04,06	276.5	117.95

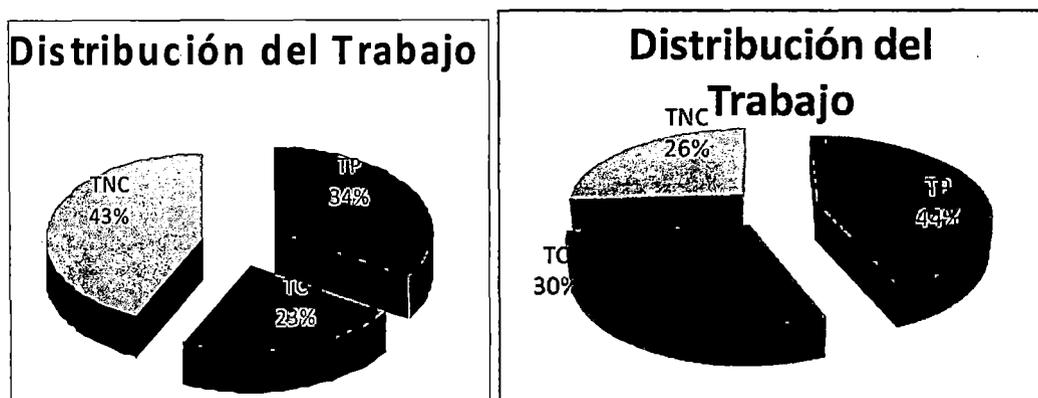
Tabla 5.7: Horas-Hombre consumidas en las actividades No Contributorias

Actividades Ineficientes	% de Part.	HH
Esperas por Frente (EF)	21.74	25.64
Descanso (De)	16.21	19.12

Conversar (N)	15.02	17.72
Viajes (V)	12.65	14.92
Otros (Y)	8.70	10.26
Distracciones (D)	8.30	9.79
Ingerir Alimentos (IA)	5.53	6.52
Esperas por Grúa (EG)	5.14	6.06
Retrabajos (Re)	4.35	5.13
Esperas por Excavadora (EE)	1.58	1.86
Llamadas al Celular (Cel)	0.79	0.93

La tabla 5.6 muestra la cantidad de horas-hombre que se usa en la jornada de trabajo para hacer actividades que no contribuyen con la producción de los muros pantalla, en la tabla 5.7 se muestra la cantidad de horas-hombre que el personal utiliza para realizar estas actividades ineficientes, de las cuales con las propuestas de mejora se darían los lineamientos para mitigar las horas consumidas por las esperas por frente, los descansos y las conversaciones, dejando así las demás actividades con posibilidades de mejorar. En la figura 5.27 se muestra lo que la distribución de tiempos podría mejorar con la aplicación de nuestra propuesta de mejora. Por ejemplo la productividad de 34% ascendió a 44%.

Fig.5.27: Posible Mejora en la Distribución del Trabajo



5.3.2.2. Aplicación a la Muestra 2

Para la segunda medición, las ineficiencias más realizadas por los obreros son los viajes, conversar y las esperas-frente, de las cuales vamos a proponer medidas de mejora para así, incrementar el porcentaje del trabajo productivo hecho en la producción de muros pantalla.

➤ Viajes

Dentro de las actividades ineficientes en el sistema de producción, los viajes ocupan un 16.06%, en la tabla 5.8 se muestra el porcentaje que ocupa los viajes respecto al total de ineficiencias hechas por cada cuadrilla individualmente

Tabla 5.8: Porcentaje de los viajes respecto al total de ineficiencias hechas por cada cuadrilla

Cuadrillas	Total incidencias	Viajes	%
Encofrado	72	9	12.50
Excavación	63	10	15.87
Concreto	60	7	11.67
Acero	38	11	28.95
Topografía	20	6	30.00
Seguridad	19	1	5.26

Donde: Viaje: Trasladarse de un lugar a otro sin un fin determinado

Los viajes se dan por diversas causas, pero luego de un análisis de estas causas (realizadas en el CAPITULO IV), se encuentra que la **SUPERVISIÓN POR PARTE DEL CAPATAZ O INGENIERO** y la **DISTANCIA DE PLANTA A CAMPO** ocupan un 38.93% de las causas que generan la actividad ineficiente. Al darle solución a estas causas o raíces de problemas, se estará controlando y dándole solución a la actividad ineficiente detectada.

- **Supervisión por parte del capataz o ingeniero**

Luego del segundo día de toma de datos, y, con los problemas principales detectados, se observa que una de las causas fundamentales para el problema de los constantes viajes es la supervisión por parte del capataz y/o ingeniero, la cual debemos controlar para mitigar el problema de los constantes viajes.

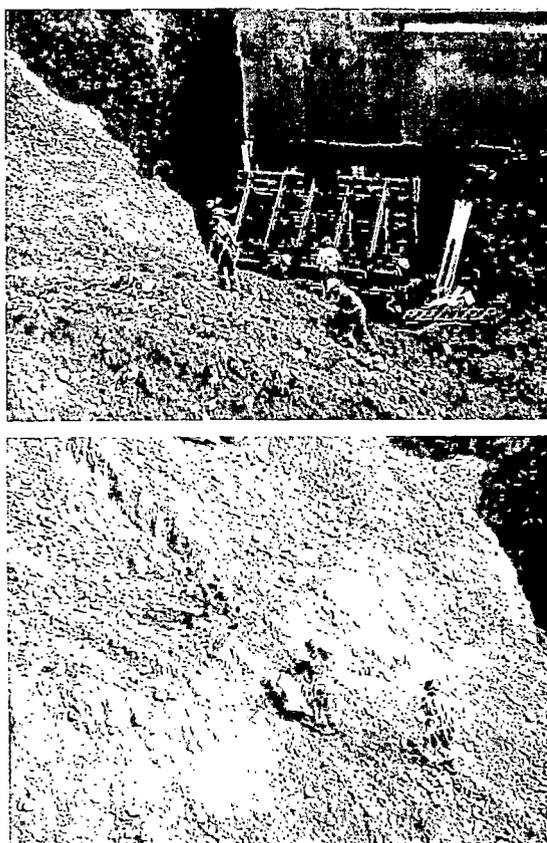
Para mitigar esta causa de la ineficiencia detectada es necesario que los encargados de la supervisión hagan su labor de supervisar el accionar de los trabajadores con más eficiencia, ya que al no hacerlo, el personal resulta haciendo actividades ineficientes que no contribuyen a la producción de la elaboración de muros pantalla, el personal al no estar debidamente controlados disminuyen su rendimiento, y, por ende, las programaciones hechas por los ingenieros encargados pierden validez junto con la distribución en planta también hecha por ingenieros, esto trae como consecuencia que el tren de trabajo genere colas que desencadena una serie de actividades ineficientes, dentro de las cuales una de las más incisivas detectadas en la obra para el día de medición son los viajes que realizan las cuadrillas. Es por esto que la supervisión debe controlar el accionar del personal de las cuadrillas y no permitir que hagan actividades ineficientes como los viajes que no aportan en la producción de los muros pantalla, o en un punto crítico reemplazar al personal ocioso.

- **Distancia de planta a campo**

Luego del segundo día de toma de datos, y, con los problemas principales detectados, se observa que otra de las causas fundamentales para el problema de los constantes viajes es la gran distancia que el personal tiene que recorrer para llegar de del taller a campo, la cual es imprescindible eliminar para mitigar el problema de los constantes viajes.

Siguiendo los lineamientos de la filosofía lean, para mitigar este problema se sugiere reprogramar lo que viene a ser la “distribución en planta” haciendo una reingeniería de la misma, reingeniería es volver a empezar, es hacer lo que ya estamos haciendo, pero hacerlo de un modo más eficiente, trabajar más inteligentemente. De este modo sería necesario tener en cuenta cual es la distancia a recorrer del personal cuando se dirige del taller al campo y viceversa, y como se presenta el acceso a campo proviniendo de planta, dado que siendo el campo de acción para la elaboración de los muros pantalla en el tercer sótano de la obra, la pendiente del terreno (aproximadamente 29.77°) en el que la gente tiene que ascender y descender es muy elevada y esto hace que los viajes sean dificultosos y el traslado tome más tiempo.

Fig.5.28: Vista de la pendiente que el personal tiene que recorrer en los constantes viajes que realizan



Utilizando una reingeniería en el planteamiento del flujo del personal, se propone adquirir escaleras metálicas y colocarlos en lugares estratégicos para que el personal pueda transitarlo con mayor velocidad optimizando el tiempo en el que viajan, y, además, hacer que el personal tenga un menor desgaste físico, de esta manera podemos minimizar el tiempo del proceso al minimizar el flujo natural de estos.

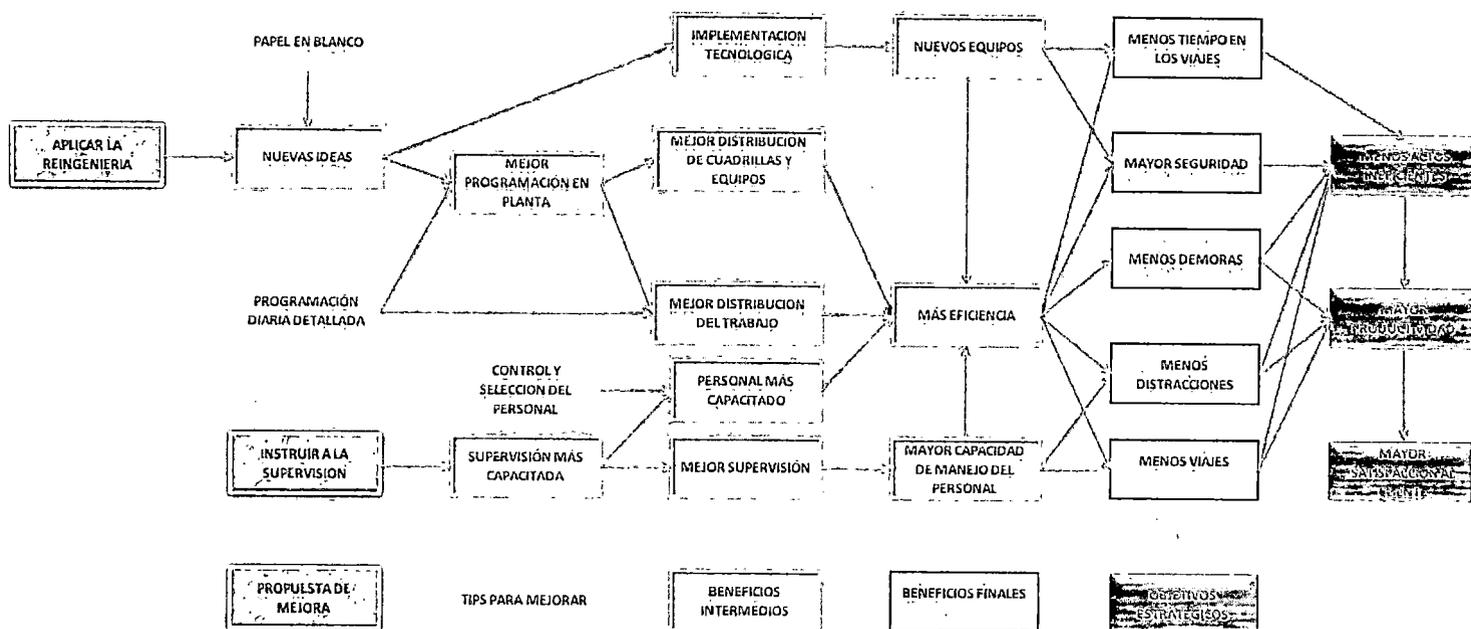
Fig.5.29: Vista del uso de las escaleras



Luego de consolidado el recogimiento de datos, se llegó a utilizar la propuesta hecha, pero fue aplicada para el cuarto anillo, lo que provocó una mejora en el **índice de productividad** que era controlado por la empresa contratista.

Para una mayor representación de las propuestas de mejora para cada causa de los problemas encontrados en la primera medición se realiza un mapa de beneficios, además, se podrá notar que otros beneficios proporcionaría el realizar estas propuestas de mejora.

Fig.5.30: Mapa de Beneficios de las propuestas de mejora para los viajes



➤ Conversar

Dentro de las actividades ineficientes en el sistema de producción, las conversaciones ocupan un 14.60%, en la tabla 5.9 se muestra el porcentaje que ocupa las conversaciones respecto al total de ineficiencias hechas por cada cuadrilla individualmente

Tabla 5.9: Porcentaje de las conversaciones respecto al total de ineficiencias hechas por cada cuadrilla

Cuadrillas	Total incidencias	Conversar	%
Encofrado	72	13	18.05
Excavación	63	5	7.94
Concreto	60	3	5.00
Acero	38	10	26.32
Topografía	20	5	25.00
Seguridad	19	4	21.05

Donde: Conversaciones: Conversar en horas de trabajo

Las conversaciones se dan por diversas causas, pero luego de un análisis de estas causas (realizadas en el CAPITULO IV), se encuentra que la **DISTRIBUCION EN PLANTA** y la **PLANIFICACIÓN DE LA OBRA** ocupan un 38.76% de las causas que generan la actividad ineficiente. Al darle solución a estas causas o raíces de problemas, se estará controlando y dándole solución a la actividad ineficiente detectada.

- **Distribución en planta (Layout Plan)**

Para el segundo día de recogimiento de datos podemos apreciar que hay muchas conversaciones que no aportan valor a la producción de los muros pantalla y que es realizada por las diversas cuadrillas. Después de un análisis notamos que la distribución en planta es una importante causa que genera estas actividades. De la misma forma que el caso anterior, para eliminar esta causa, siguiendo los lineamientos de la filosofía lean, se sugiere reprogramar la distribución en planta haciendo una reingeniería de la misma, como ya se dijo, reingeniería es volver a empezar, es hacer lo que ya estamos haciendo, pero hacerlo mejor, trabajar más inteligentemente.

De este modo el ingeniero encargado de la distribución en planta debe tener en cuenta cuál es el flujo que realizan las cuadrillas y a partir de ahí hacer una distribución de estas en el campo, sin dejar de lado también, el rendimiento que tienen las cuadrillas y los equipos para realizar cierto tipo de tareas con el fin de poder distribuir el campo en diferentes instantes de tiempo y diferentes escenarios de trabajo realizados en la planta, de tal modo que el tren de trabajo se muestre continuo y no se generen colas que se reproducen en conversaciones y otros tipos de actividades que no contribuyen a la realización del sistema de producción.

Es importante resaltar que para una buena organización en planta, el encargado de la programación detallada, debe ajustar los rendimientos de las cuadrillas para que se acerque lo más que se pueda a la realidad y la desviación de su programación con respecto a la realidad no sea tanta que

afecte a la distribución de la planta, pues esta distribución es variable en el tiempo según las actividades que se tengas que ejecutar, y, queda claro que si la programación diaria no se ajusta a lo que las cuadrillas puedan realizar debido a sus características (rendimientos) la distribución en planta quedaría desestimada y se presentarían interrupciones en el flujo de las cuadrillas que generaran las conversaciones que se presentaron en el sistema de producción.

Fig.5.31: Los personales de diversas cuadrillas conversando.



- **Planificación de la Obra**

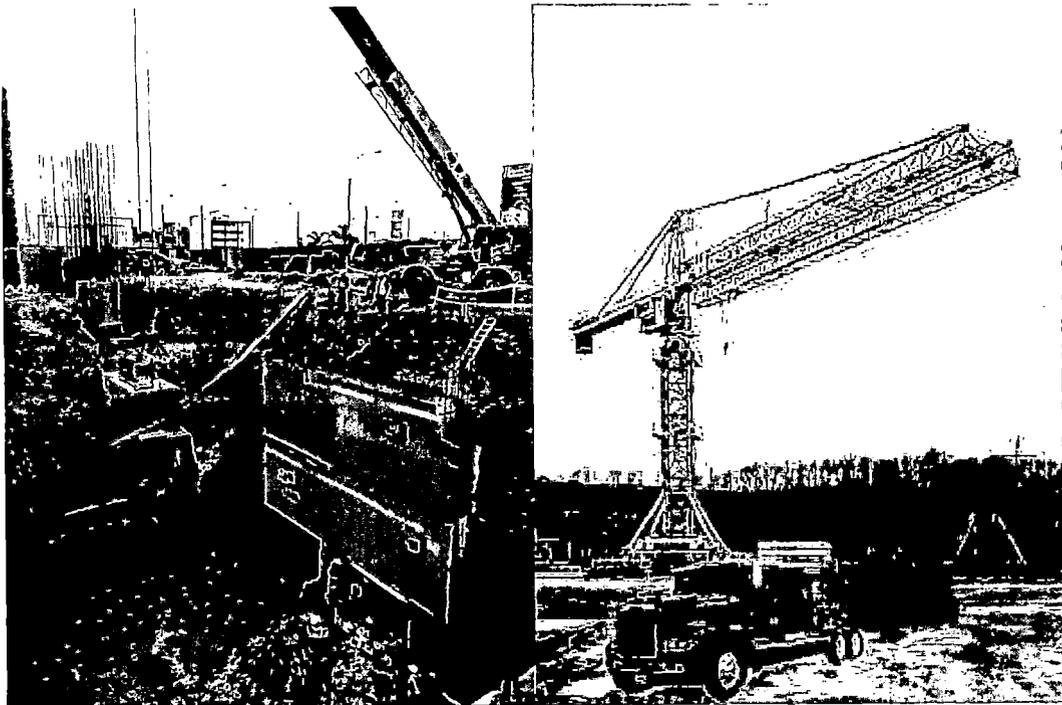
Para el segundo día de recogimiento de datos podemos apreciar que hay muchas conversaciones que no aportan valor a la producción de los muros pantalla y que es realizada por las diversas cuadrillas. Después de un análisis notamos que la planificación de la obra es una importante causa que nos genera estas actividades.

Se procederá a mitigar esta causa apoyándose en la filosofía lean y se sugiere hacer una planificación de la obra a detalle teniendo en cuenta las restricciones que se presentan de acuerdo a los rendimientos que las cuadrillas poseen y el volumen de trabajo que la jornada requiere, de tal modo que el personal se mantenga realizando actividades eficientes para la producción y no se genere tiempo muerto para ellos que conllevan a que el

personal realice actividades ineficientes. Al hacer un programación diaria al detalle, se podrán establecer metas diarias y con el cumplimiento de estas se podrán metas mayores logrando paulatinamente un mejoramiento continuo en los procesos al disminuir las actividades ineficientes.

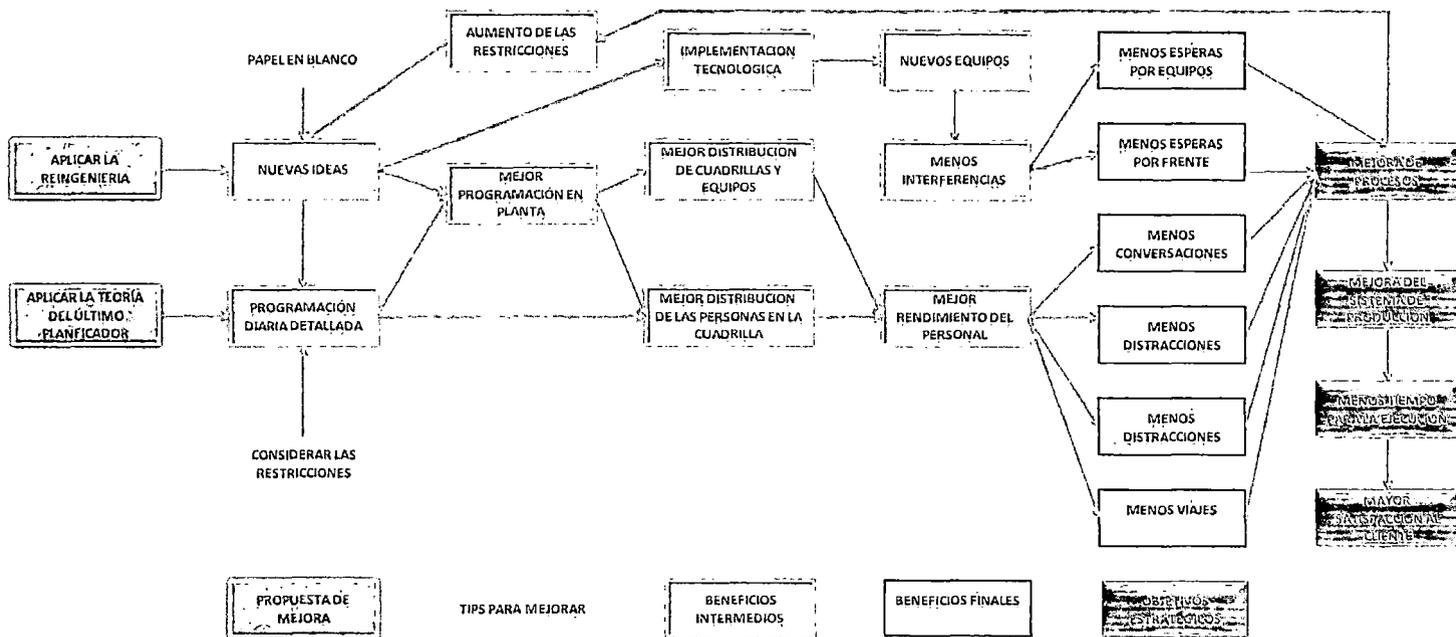
Para poder llevar a un mejoramiento continuo es necesario utilizar criterios para que el sistema de producción mejore continuamente, hasta que llegue el punto de tener que hacer una implementación tecnológica para poder dar un salto de mejora y continuar con el mejoramiento continuo, en este punto se propone realizar el cambio de la grúa utilizada por una grúa-torre puesto que tiene mejores propiedades y características como la maniobrabilidad, espacio ocupado, etc., que permitirán a las cuadrillas trabajar más eficientemente y así aumentar la productividad del sistema de producción al no tener a las cuadrillas realizando actividades no contributorias como el conversar y otras que fueron detectadas en el recogimiento de datos.

Fig.5.32: Implementación de grúas convencionales a grúas torre



Para una mayor representación de las propuestas de mejora para cada causa de los problemas encontrados en la primera medición se realiza un mapa de beneficios, además, se podrá notar que otros beneficios nos proporcionaría el realizar estas propuestas de mejora.

Fig.5.33: Mapa de Beneficios de las propuestas de mejora para las conversaciones



➤ Esperas por frente

Dentro de las actividades ineficientes en el sistema de producción, las esperas por frente ocupan un 11.31%, en la tabla 5.10 se muestra el porcentaje que ocupa las esperas por frente respecto al total de ineficiencias hechas por cada cuadrilla individualmente

Tabla 5.10: Porcentaje de las esperas por frente respecto al total de ineficiencias hechas por cada cuadrilla

Cuadrillas	Total incidencias	Esperas por frente	%
Encofrado	72	8	11.11

Excavación	63	7	11.11
Concreto	60	12	20.00
Acero	38	3	7.89
Topografía	20	0	0.00
Seguridad	19	1	5.26

Donde: Esperas por frente: Esperas debido a las demoras de las cuadrillas predecesoras

Las esperas por frente se dan por diversas causas, pero luego de un análisis de estas causas (realizadas en el CAPITULO IV), se encuentra que la **SUPERVISIÓN POR PARTE DEL CAPATAZ O INGENIERO, PLANIFICACIÓN DE LA OBRA, ORGANIZACIÓN EN PLANTA, CONCENTRACION EN EL TRABAJO** ocupan un 53.68% de las causas que generan la actividad ineficiente. Al darle solución a estas causas o raíces de problemas, se estará controlando y dándole solución a la actividad ineficiente detectada.

- **Supervisión por parte del Capataz o Ingeniero**

Del análisis de los datos se observa que otro problema fundamental de las esperas por frente es la supervisión por parte del capataz y/o ingeniero, lo que indica que una defectuosa supervisión es causante de que los obreros generen colas en el tren de actividades y se generen esperas por frente.

Para mitigar esta causa de la ineficiencia detectada es necesario que los encargados de la supervisión hagan su labor de supervisar el accionar de los trabajadores con más eficiencia, ya que al no hacerlo, el personal resulta haciendo actividades ineficientes que no contribuyen a la producción de la elaboración de muros pantalla, el personal al no estar debidamente controlados disminuyen su rendimiento, y, por ende, las programaciones hechas por los ingenieros encargados pierden validez junto con la distribución en planta también hecha por ingenieros, esto trae como consecuencia que el tren de trabajo genere colas que desencadena una serie de actividades ineficientes, dentro de las cuales una de las más incisivas detectadas en la obra son las esperas por frente de las cuadrillas.

Es por esto que la supervisión tiene que hacer el control de una manera eficiente, para controlar y hacer que las cuadrillas trabajen a un rendimiento tal que el trabajo hecho en campo reproduzca en lo más que se pueda lo hecho en las programaciones y no se generen colas en los trenes de trabajos, haciendo que el término de una actividad sea justo en el tiempo estimado para que la otra actividad inicie y se genere un flujo continuo de actividades.

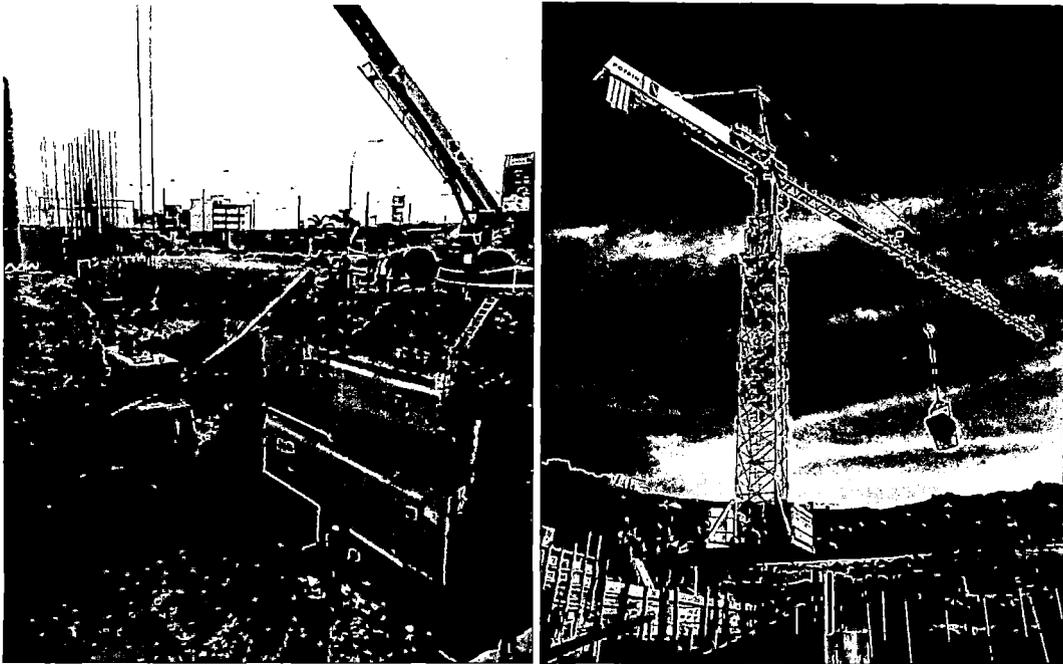
- **Planificación en obra**

En el recogimiento de datos se puede apreciar que hay esperas por frente que no aportan valor a la producción de los muros pantalla y que es realizada por las cuadrillas. Después de un análisis notamos que la planificación de la obra es una importante causa que nos genera estas actividades. Se procederá a mitigar esta causa apoyándose en la Filosofía Lean y se sugiere hacer una planificación de la obra a detalle teniendo en cuenta las restricciones que se presentan de acuerdo a los rendimientos que las cuadrillas poseen y el volumen de trabajo que la jornada requiere, de tal modo que el personal se mantenga realizando actividades eficientes para la producción y no se genere tiempo muerto para ellos que conllevan a que el personal realice actividades ineficientes. Al hacer un programación diaria al detalle, se podrán establecer metas diarias y con el cumplimiento de estas se podrán metas mayores logrando paulatinamente un mejoramiento continuo en los procesos al disminuir las actividades ineficientes.

Para poder llevar a un mejoramiento continuo es necesario utilizar criterios para que el sistema de producción mejore continuamente, hasta que llegue el punto de tener que hacer una implementación tecnológica para poder dar un salto de mejora y continuar con el mejoramiento continuo, en este punto se propone realizar el cambio de la grúa utilizada por una grúa-torre puesto que tiene mejores propiedades y características como la maniobrabilidad, espacio ocupado, etc., que permitirán a las cuadrillas trabajar más eficientemente y así aumentar la productividad del sistema de producción al

no tener a las cuadrillas realizando actividades no contributorias como las esperas por frente y otras que fueron detectadas en el recogimiento de datos.

Fig.5.34: Implementación de grúas convencionales a grúas torre



- **Organización en planta (Layout Plan)**

Del segundo levantamiento de datos se puede apreciar que hay muchas esperas por frente de las diversas cuadrillas para poder realizar sus actividades productivas, y, después de un análisis notamos que la distribución en planta es una importante causa que genera esta actividad ineficiente.

Para eliminar esta causa, siguiendo los lineamientos de la Filosofía Lean, se sugiere reprogramar la distribución en planta haciendo una reingeniería de la misma. Reingeniería es hacer lo que ya estamos haciendo, pero hacerlo de un modo más eficiente, trabajar más inteligentemente. De este modo el ingeniero encargado de la distribución en planta debe tener en cuenta cual

es el flujo que realizan las cuadrillas y a partir de ahí hacer una distribución de estos en el campo, sin dejar de lado también, el rendimiento que tienen las cuadrillas y los equipos para realizar cierto tipo de tareas con el fin de poder distribuir el campo en diferentes instantes de tiempo y diferentes escenarios de trabajo realizados en la planta, de tal modo que el tren de trabajo se muestre continuo y no se generen colas que se reproducen en esperas por frente, por equipos y otras actividades que no contribuyen a la realización del sistema de producción.

Es importante resaltar que para una buena organización en planta, el encargado de la programación detallada, debe ajustar los rendimientos de las cuadrillas para que se ajuste lo más que se pueda a la realidad y la desviación de su programación con respecto a la realidad no sea tanta que afecte a la distribución de la planta, pues esta distribución es variable en el tiempo según las actividades que se tenga que ejecutar, y, queda claro que si la programación diaria no se ajusta a lo que las cuadrillas puedan realizar debido a sus características (rendimientos) la distribución en planta quedaría desestimada y se presentarían interrupciones en el flujo de las cuadrillas que generaran las esperas por frente que se presentaron en el sistema de producción.

Fig.5.35: La cuadrilla de excavación espera a que la retroexcavadora termine su trabajo para poder continuar sus actividades.



- **Concentración en el trabajo**

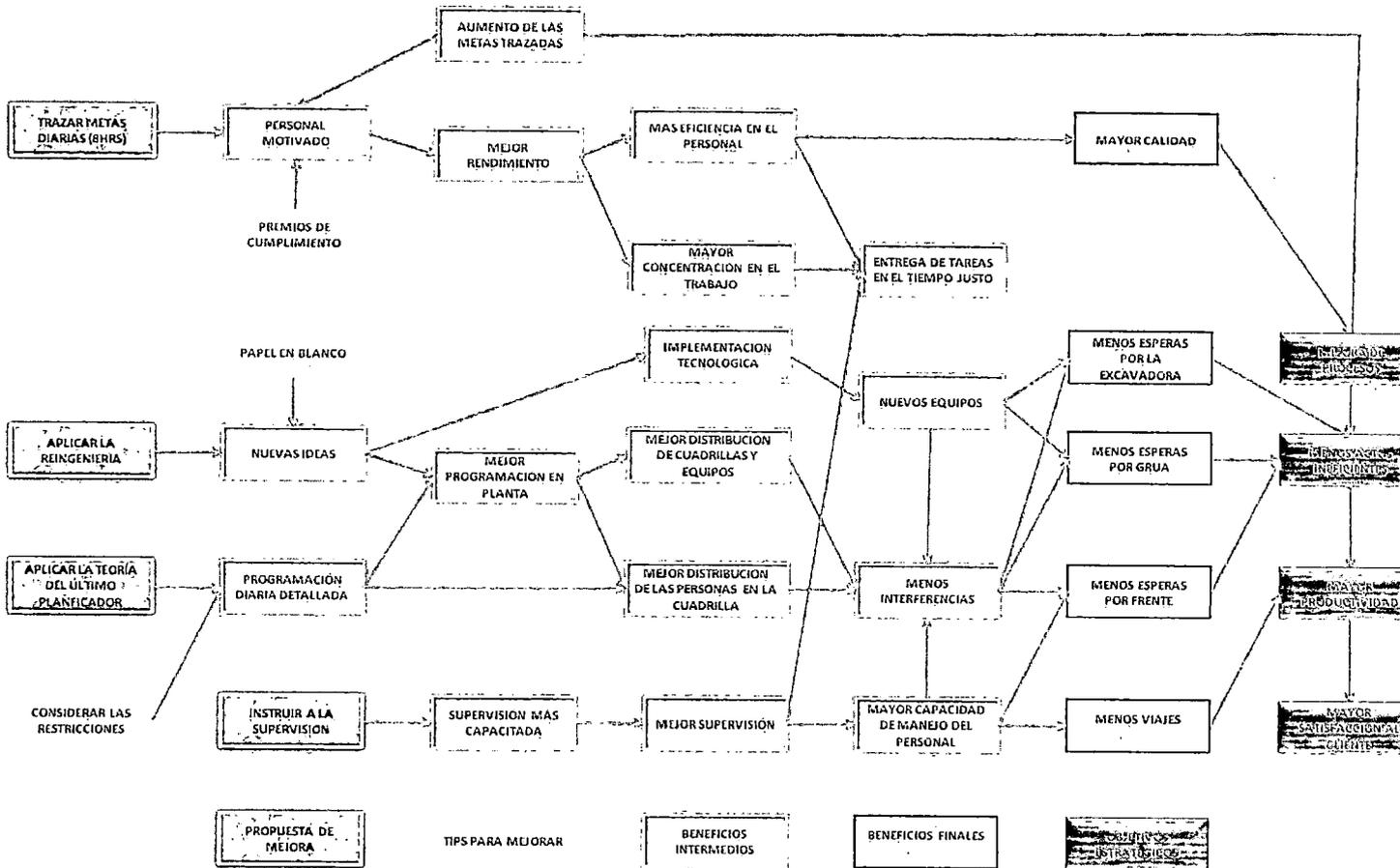
De toma de datos, y, con los problemas principales detectados, se observa que una de las causas fundamentales para el problema de las esperas por frente es la concentración que el trabajador tiene para con el trabajo, la cual es imprescindible mitigar para minimizar el problema.

Para mitigar este problema, es necesario hacer un análisis del personal que se tiene en la obra para descubrir cuál es el desempeño de estos a la hora de realizar las actividades que se tiene en la elaboración de muros pantalla, observar si el personal está rindiendo como se estima y hacer una selección correcta del personal que se tiene en obra, eliminando así a la gente que no muestre interés y presente poca concentración en el trabajo, logrando con esto, tener a disposición a la gente que permanezca concentrada en el trabajo y presente un desempeño aceptable en la realización de los trabajos.

Otra posible solución para mitigar este problema, podrá ser el motivar al personal de una manera económica con el fin de lograr su máximo rendimiento con una menor cantidad de acciones ineficientes. Junto a esta propuesta de solución, se propone trazar metas para cada jornada de trabajo y premiar al personal cuando la meta es cumplida, y así, con este cumplimiento de metas, se puede llevar a los procesos al **mejoramiento continuo** con un aumento de las metas a realizar. Esta última propuesta se plantea debido al hecho de que el personal de trabajo algunas veces prefiere que el tiempo para cumplir las actividades se alargue para así poder tener mayores ingresos económicos por los trabajos en horas extras, ocasionando de esta manera, que la empresa contratista incremente sus gastos y baje su productividad.

Para una mayor representación de las propuestas de mejora para cada causa de los problemas encontrados en la primera medición se realiza un mapa de beneficios, además, se podrá notar que otros beneficios nos proporcionaría el realizar estas propuestas de mejora

Fig.5.36: Mapa de Beneficios para mitigar las esperas por frente



Al resolver el problema de los **VIAJES**, **CONVERSACIONES** y las **ESPERAS POR FRENTE**, se estaría resolviendo de una forma directa el 41.97% de las actividades ineficientes realizadas en la jornada de trabajo, siendo este una disminución del 19.75% en el tiempo no contributorio respecto al tiempo total consumido en una jornada de trabajo lo que significa un ahorro significativo en las horas-hombre consumidas.

Tabla 5.11: Horas-Hombre consumidas en la jornada de trabajo y Horas-Hombre consumidas del trabajo No Contributorio

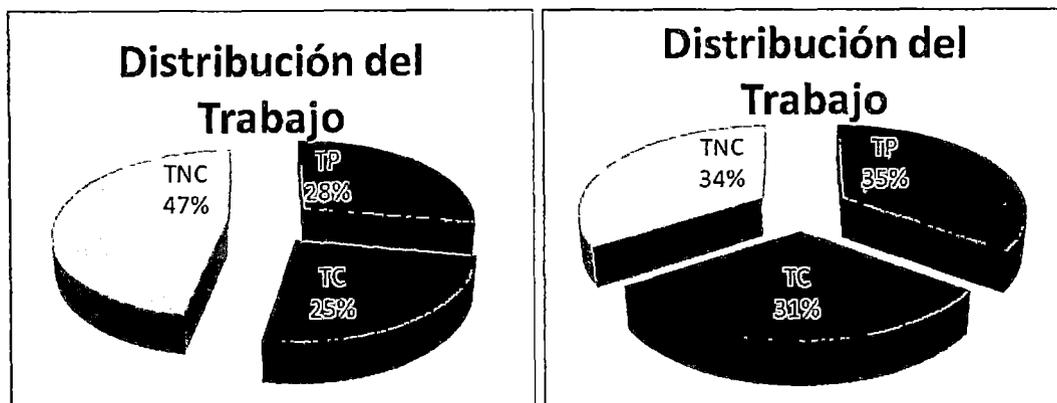
Día	Horas Hombre consumidas	HH No Contributoria consumidas
05,06	262.2	123.30

Tabla 5.12: Horas-Hombre consumidas en las actividades No Contributorias

Actividades Ineficientes	% de Part.	HH
Viajes (V)	16.18	19.96
Conversar (N)	14.71	18.15
Esperas por Frente (EF)	11.40	14.07
Distracciones (D)	10.66	13.15
Retrabajos (Re)	10.66	13.15
Esperas por Excavadora (EE)	10.29	12.70
Descanso (De)	8.46	10.44
Otros (Y)	7.35	9.07
Esperas por Grúa (EG)	5.15	6.35
Ingerir Alimentos (IA)	3.31	4.08
Llamadas al Celular (Cel)	2.57	3.17

La tabla 5.11 muestra la cantidad de horas-hombre que se usa en la jornada de trabajo para hacer actividades que no contribuyen con la producción de los muros pantalla, en la tabla 5.12 se muestra la cantidad de horas-hombre que el personal utiliza para realizar estas actividades ineficientes, de las cuales con las propuestas de mejora se darían los lineamientos para mitigar las horas consumidas por los viajes, las conversaciones y las esperas por frente, dejando así las demás actividades con posibilidades de mejorar. En la figura 5.46 se muestra lo que la distribución de tiempos podría mejorar con la aplicación de nuestra propuesta de mejora. Por ejemplo la productividad de 28% ascendió a 35%.

Fig.5.37: Posible Mejora en la Distribución del Trabajo



5.3.2.3. Aplicación a la Muestra 3

Para la tercera medición, al igual que la segunda mediciones, las ineficiencias más realizadas por los obreros son los viajes, conversar y las esperas-frente, de las cuales vamos a proponer medidas de mejora para así, incrementar el porcentaje del trabajo productivo hecho en la producción de muros pantalla.

➤ Viajes

Dentro de las actividades ineficientes en el sistema de producción, los viajes ocupan un 18.96%, en la tabla 5.14 se muestra el porcentaje que ocupa los viajes respecto al total de ineficiencias hechas por cada cuadrilla individualmente

Tabla 5.13: Porcentaje de los viajes respecto al total de ineficiencias hechas por cada cuadrilla

Cuadrillas	Total incidencias	Viajes	%
Encofrado	46	12	26.09
Excavación	140	28	20.00
Concreto	26	4	15.38
Acero	10	2	20.00
Topografía	7	3	42.86
Seguridad	30	2	6.67

Donde: Viaje: Trasladarse de un lugar a otro sin un fin determinado

Los viajes se dan por diversas causas, pero luego de un análisis de estas causas (realizadas en el CAPITULO IV), se encuentra que la **SUPERVISIÓN POR PARTE DEL CAPATAZ O INGENIERO** y la **DISTANCIA DE PLANTA A CAMPO** ocupan un 35.47% de las causas que generan la actividad ineficiente. Al darle solución a estas causas o raíces de problemas, se estará controlando y dándole solución a la actividad ineficiente detectada.

- **Supervisión por Parte del Capataz o Ingeniero**

Luego del tercer día de toma de datos, y, con los problemas principales detectados, se observa que una de las causas fundamentales para el problema de los constantes viajes, al igual que la medición anterior, es la supervisión por parte del capataz y/o ingeniero, la cual es imprescindible eliminar para mitigar el problema de los constantes viajes.

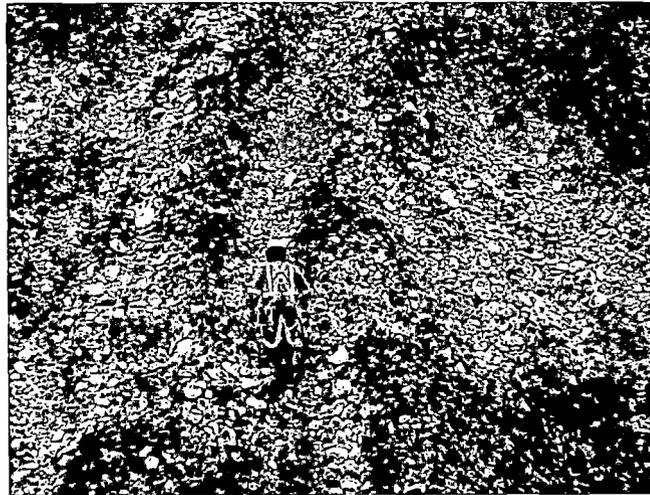
Para mitigar esta causa de la ineficiencia detectada es necesario que los encargados de la supervisión hagan su labor de supervisar el accionar de los trabajadores con más eficiencia, ya que al no hacerlo, el personal resulta haciendo actividades ineficientes que no contribuyen a la producción de la elaboración de muros pantalla. El personal al no estar debidamente controlados disminuyen su rendimiento, y, por ende, las programaciones hechas por los ingenieros encargados pierden validez junto con la distribución en planta también hecha por ingenieros, esto trae como consecuencia que el tren de trabajo genere colas que desencadenan una serie de actividades ineficientes, dentro de las cuales una de las más incisivas detectadas en la obra para el día de medición son los viajes que realizan las cuadrillas. Es por esto que la supervisión debe controlar el accionar del personal de las cuadrillas y no permitir que hagan actividades ineficientes como los viajes que no aportan en la producción de los muros pantalla, o en un punto crítico reemplazar al personal ocioso.

- **Distancia de Planta a Campo**

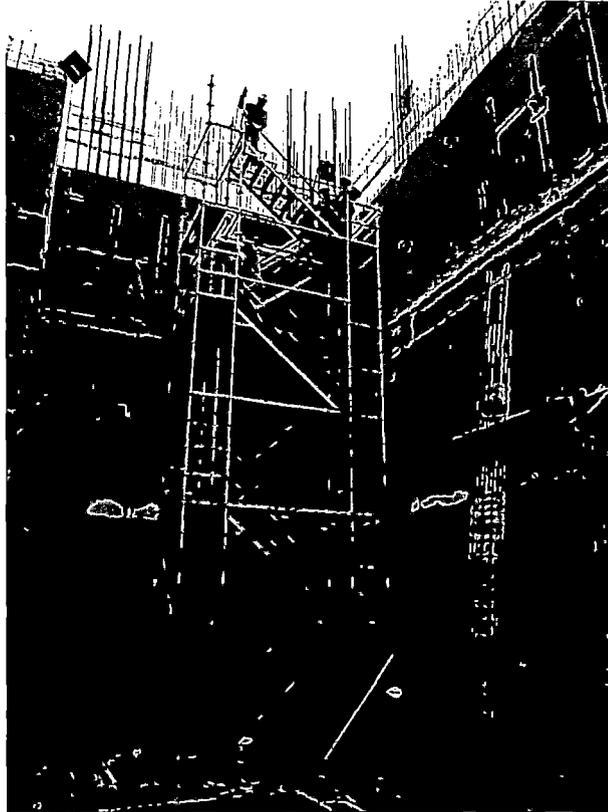
Luego del tercer día de toma de datos, y, con los problemas principales detectados, se observa que otra de las causas fundamentales para el problema de los constantes viajes, al igual que la medición anterior, es la gran distancia que el personal tiene que recurrir para llegar de planta a campo, la cual es imprescindible eliminar para mitigar el problema de los constantes viajes.

Para eliminar esta causa, siguiendo los lineamientos de la Filosofía Lean, se sugiere reprogramar la distribución en planta haciendo una reingeniería de la misma. Reingeniería es volver a empezar, es hacer lo que ya estamos haciendo, pero hacerlo mejor, trabajar más inteligentemente. De este modo sería necesario tener en cuenta cual es la distancia a recorrer del personal cuando se dirige de planta a campo y viceversa, y como se presenta el acceso a campo proviniendo de planta, dado que siendo el campo de acción para la elaboración de los muros pantalla en el tercer sótano de la obra. La pendiente del terreno (aproximadamente 29.77°) en el que la gente tiene que ascender y descender es muy elevada y esto hace que los viajes sean dificultosos y el traslado tome más tiempo.

Fig.5.38: Vista de la pendiente que el personal tiene que recorrer en los constantes viajes que realizan



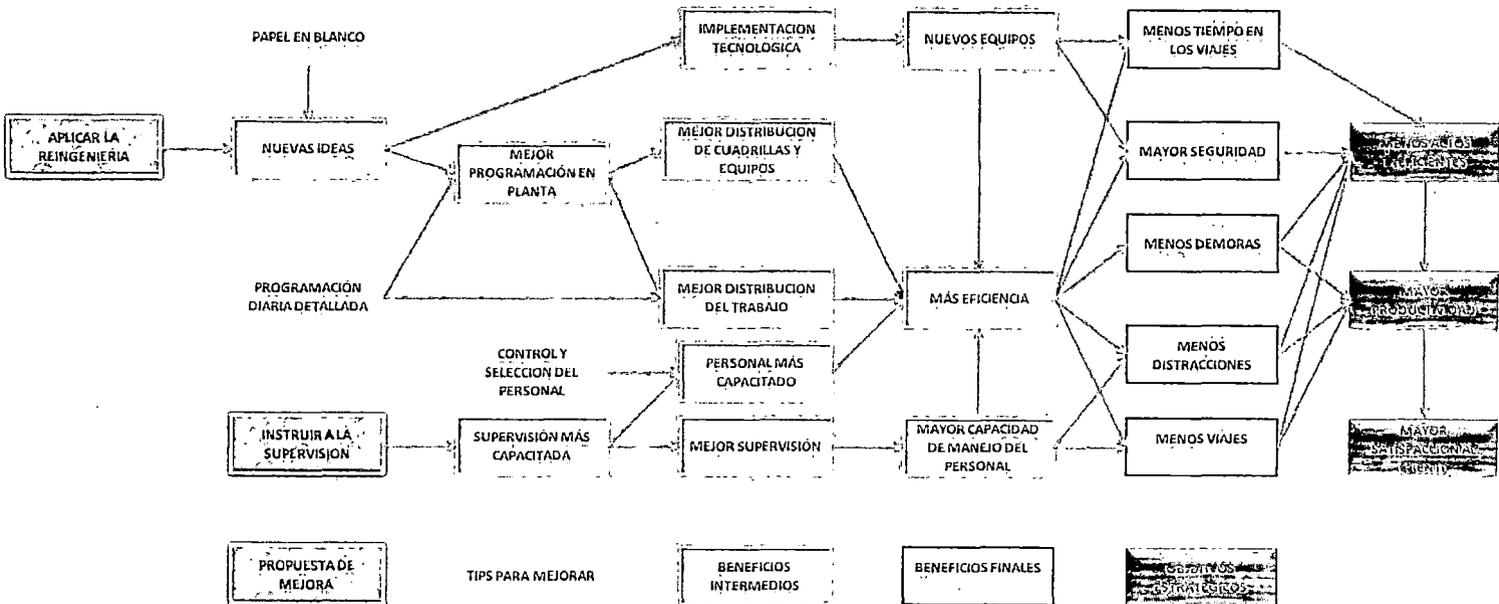
Utilizando una reingeniería en el planteamiento del flujo del personal, se propone adquirir escaleras metálicas y colocarlos en lugares estratégicos para que el personal pueda transitarlo con mayor velocidad optimizando el tiempo en el que viajan, y, además, hacer que el personal tenga un menor desgaste físico, de esta manera podemos minimizar el tiempo del proceso al minimizar el flujo natural de estos.

Fig.5.39: Vista del uso de las escaleras

Luego de consolidado el recogimiento de datos, se llegó a utilizar la propuesta hecha, pero fue aplicada para el cuarto anillo, lo que provocó una mejora en el **índice de productividad** que era controlado por la empresa contratista.

Para una mayor representación de las propuestas de mejora para cada causa de los problemas encontrados en la primera medición se realiza un mapa de beneficios, además, se podrá notar que otros beneficios nos proporcionaría el realizar estas propuestas de mejora

Fig.5.40: Mapa de Beneficios de las propuestas de mejora para los viajes



➤ Conversar

Dentro de las actividades ineficientes en el sistema de producción, las conversaciones ocupan un 16.36%, en la tabla 5.15 se muestra el porcentaje que ocupa las conversaciones respecto al total de ineficiencias hechas por cada cuadrilla individualmente

Tabla 5.14: Porcentaje de las conversaciones respecto al total de ineficiencias hechas por cada cuadrilla

Cuadrillas	Total incidencias	Conversar	%
Encofrado	46	12	26.09
Excavación	140	17	12.14
Concreto	26	3	11.54
Acero	10	1	10.00
Topografía	7	1	14.29
Seguridad	30	8	26.67

Donde: Conversaciones: Conversar en horas de trabajo

Las conversaciones se dan por diversas causas, pero luego de un análisis de estas causas (realizadas en el CAPITULO IV), se encuentra que la **SUPERVISION, CONCENTRACION EN EL TRABAJO** y la **DISTRIBUCION EN PLANTA** ocupan un 50.30% de las causas que generan la actividad ineficiente. Al darle solución a estas causas o raíces de problemas, se estará controlando y dándole solución a la actividad ineficiente detectada.

- **Supervisión por Parte del Capataz o Ingeniero**

Se observa que una de las causas fundamentales para el problema de las constantes conversaciones, al igual que la medición anterior, es la supervisión por parte del capataz y/o ingeniero, la cual es imprescindible eliminar para mitigar el problema de los constantes viajes.

Para mitigar esta causa de la ineficiencia detectada es necesario que los encargados de la supervisión hagan su labor de supervisar el accionar de los trabajadores con más eficiencia, ya que al no hacerlo, el personal resulta haciendo actividades ineficientes que no contribuyen a la producción de la elaboración de muros pantalla. El personal al no estar debidamente controlados disminuyen su rendimiento, y, por ende, las programaciones hechas por los ingenieros encargados pierden validez junto con la distribución en planta también hecha por ingenieros, esto trae como consecuencia que el tren de trabajo genere colas que desencadenan una serie de actividades ineficientes, dentro de las cuales una de las más incisivas detectadas en la obra para el día de medición son los viajes que realizan las cuadrillas. Es por esto que la supervisión debe controlar el accionar del personal de las cuadrillas y no permitir que hagan actividades ineficientes como los viajes que no aportan en la producción de los muros pantalla, o en un punto crítico reemplazar al personal ocioso.

- **Concentración en el Trabajo**

Luego del tercer día de toma de datos, y, con los problemas principales detectados, se observa que una de las causas fundamentales para el problema de las constantes conversaciones es la concentración que el trabajador tiene para con el trabajo, la cual es imprescindible mitigar para minimizar el problema de los constantes viajes.

Para mitigar este problema primario, es necesario hacer un análisis del personal que se tiene en la obra para descubrir cuál es el desempeño de estos a la hora de realizar las actividades que se tiene en la elaboración de muros pantalla, observar si el personal está rindiendo como se estima y hacer una selección correcta del personal que se tiene en obra, eliminando así a la gente que no muestre interés y presente poca concentración en el trabajo, logrando con esto, tener a disposición a la gente que permanezca concentrada en el trabajo y presente un desempeño aceptable en la realización de los trabajos.

Otra posible solución para mitigar este problema, podrá ser el motivar al personal de una manera económica con el fin de lograr su máximo rendimiento con una menor cantidad de acciones ineficientes. Junto a esta propuesta de solución, se propone trazar metas para cada jornada de trabajo y premiar al personal cuando la meta es cumplida, y así, con este cumplimiento de metas, se puede llevar a los procesos al **mejoramiento continuo** con un aumento de las metas a realizar. Esta última propuesta se plantea debido al hecho de que el personal de trabajo algunas veces prefiere que el tiempo para cumplir las actividades se alargue para así poder tener mayores ingresos económicos por los trabajos en horas extras, ocasionando de esta manera, que la empresa contratista incremente sus gastos y baje su productividad.

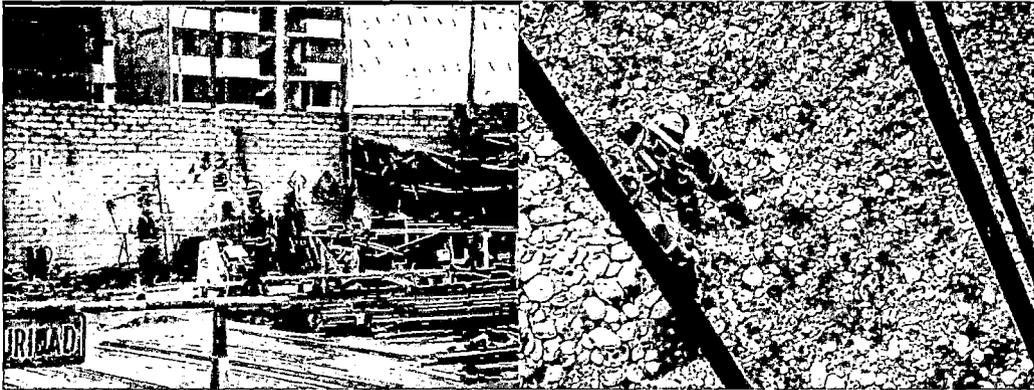
- **Distribución en planta (Layout Plan)**

Del tercer día de levantamiento de datos podemos apreciar que hay muchas conversaciones que no aportan valor a la producción de los muros pantalla y que es realizada por las diversas cuadrillas. Después de un análisis notamos que la distribución en planta es una importante causa que genera estas actividades. De la misma forma que el caso anterior, para eliminar esta causa, siguiendo los lineamientos de la filosofía lean, se sugiere reprogramar la distribución en planta haciendo una reingeniería de la misma, como ya se dijo, reingeniería es volver a empezar, es hacer lo que ya estamos haciendo, pero hacerlo mejor, trabajar más inteligentemente.

De este modo el ingeniero encargado de la distribución en planta debe tener en cuenta cuál es el flujo que realizan las cuadrillas y a partir de ahí hacer una distribución de estas en el campo, sin dejar de lado también, el rendimiento que tienen las cuadrillas y los equipos para realizar cierto tipo de tareas con el fin de poder distribuir el campo en diferentes instantes de tiempo y diferentes escenarios de trabajo realizados en la planta, de tal modo que el tren de trabajo se muestre continuo y no se generen colas que se reproducen en conversaciones y otros tipos de actividades que no contribuyen a la realización del sistema de producción.

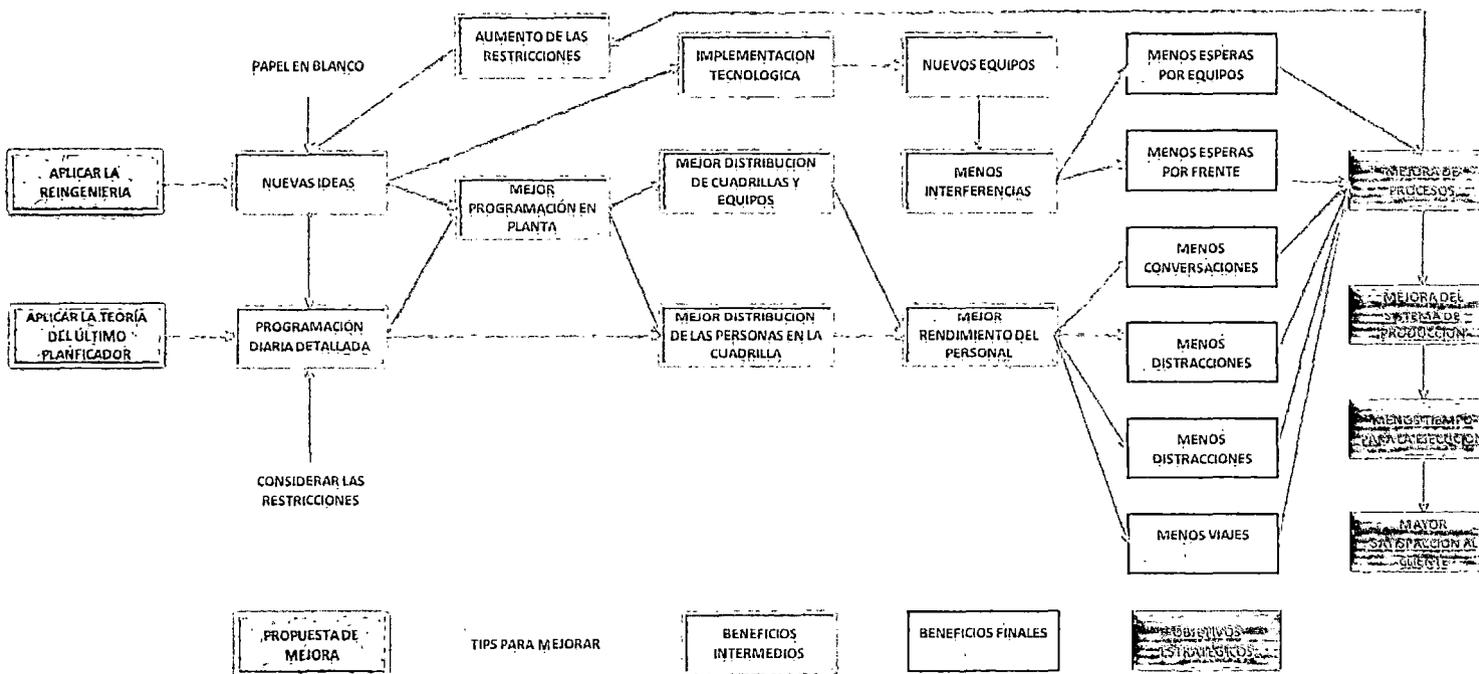
Es importante resaltar que para una buena organización en planta, el encargado de la programación detallada, debe ajustar los rendimientos de las cuadrillas para que se acerque lo más que se pueda a la realidad y la desviación de su programación con respecto a la realidad no sea tanta que afecte a la distribución de la planta, pues esta distribución es variable en el tiempo según las actividades que se tengan que ejecutar, y, queda claro que si la programación diaria no se ajusta a lo que las cuadrillas puedan realizar debido a sus características (rendimientos) la distribución en planta quedaría desestimada y se presentarían interrupciones en el flujo de las cuadrillas que generaran las conversaciones que se presentaron en el sistema de producción.

Fig.5.41: Los personales de diversas cuadrillas conversando.



Para una mayor representación de las propuestas de mejora para cada causa de los problemas encontrados en la primera medición se realiza un mapa de beneficios, además, se podrá notar que otros beneficios nos proporcionaría el realizar estas propuestas de mejora.

Fig.5.42: Mapa de Beneficios para mitigar las conversaciones



➤ Esperas por frente

Dentro de las actividades ineficientes en el sistema de producción, las esperas por frente ocupan un 11.52%, en la tabla 5.16 se muestra el porcentaje que ocupa las esperas por frente respecto al total de ineficiencias hechas por cada cuadrilla individualmente

Tabla 5.15: Porcentaje de las esperas por frente respecto al total de ineficiencias hechas por cada cuadrilla

Cuadrillas	Total incidencias	Esperas por frente	%
Encofrado	46	7	15.22
Excavación	140	10	7.14
Concreto	26	7	26.92
Acero	10	2	20.00
Topografía	7	0	0.00
Seguridad	30	1	3.33

Donde: Esperas por frente: Esperas debido a las demoras de las cuadrillas predecesoras

Las esperas por frente se dan por diversas causas, pero luego de un análisis de estas causas (realizadas en el CAPITULO IV), se encuentra que la **SUPERVISIÓN POR PARTE DEL CAPATAZ O INGENIERO, PLANIFICACIÓN DE LA OBRA, DISTRIBUCION EN PLANTA, CONCENTRACION EN EL TRABAJO** ocupan un 55.95% de las causas que generan la actividad ineficiente. Al darle solución a estas causas o raíces de problemas, se estará controlando y dándole solución a la actividad ineficiente detectada.

- **Supervisión por parte del Capataz o Ingeniero**

Del análisis de los datos se observa que otro problema fundamental de las esperas por frente es la supervisión por parte del capataz y/o ingeniero, lo que indica que una defectuosa supervisión es causante de que los obreros generen colas en el tren de actividades y se generen esperas por frente.

Para mitigar esta causa de la ineficiencia detectada es necesario que los encargados de la supervisión hagan su labor de supervisar el accionar de los trabajadores con más eficiencia, ya que al no hacerlo, el personal resulta haciendo actividades ineficientes que no contribuyen a la producción de la elaboración de muros pantalla, el personal al no estar debidamente controlados disminuyen su rendimiento, y, por ende, las programaciones hechas por los ingenieros encargados pierden validez junto con la distribución en planta también hecha por ingenieros, esto trae como consecuencia que el tren de trabajo genere colas que desencadena una serie de actividades ineficientes, dentro de las cuales una de las más incisivas detectadas en la obra son las esperas por frente de las cuadrillas.

Es por esto que la supervisión tiene que hacer el control de una manera eficiente, para controlar y hacer que las cuadrillas trabajen a un rendimiento tal que el trabajo hecho en campo reproduzca en lo más que se pueda lo hecho en las programaciones y no se generen colas en los trenes de trabajos, haciendo que el término de una actividad sea justo en el tiempo estimado para que la otra actividad inicie y se genere un flujo continuo de actividades.

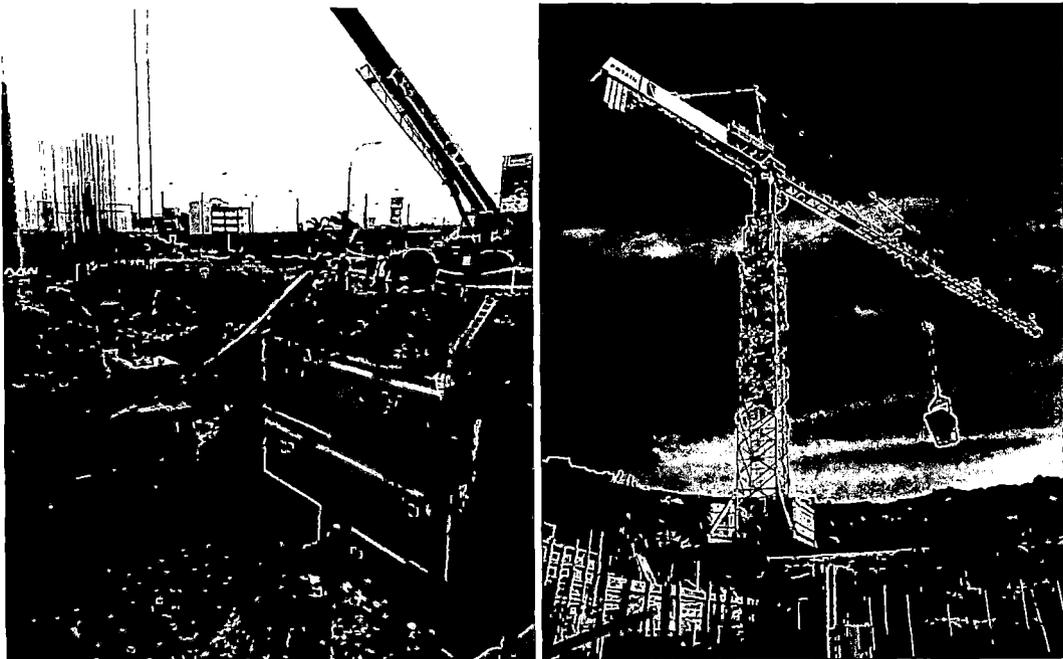
- **Planificación en obra**

Después de un análisis notamos que la planificación de la obra es una importante causa que nos genera estas actividades. Se procederá a mitigar esta causa apoyándose en la Filosofía Lean y se sugiere hacer una planificación de la obra a detalle teniendo en cuenta las restricciones que se presentan de acuerdo a los rendimientos que las cuadrillas poseen y el volumen de trabajo que la jornada requiere, de tal modo que el personal se mantenga realizando actividades eficientes para la producción y no se genere tiempo muerto para ellos que conllevan a que el personal realice actividades ineficientes. Al hacer un programación diaria al detalle, se podrán establecer metas diarias y con el cumplimiento de estas se podrán metas

mayores logrando paulatinamente un mejoramiento continuo en los procesos al disminuir las actividades ineficientes.

Para poder llevar a un mejoramiento continuo es necesario utilizar criterios para que el sistema de producción mejore continuamente, hasta que llegue el punto de tener que hacer una implementación tecnológica para poder dar un salto de mejora y continuar con el mejoramiento continuo, en este punto se propone realizar el cambio de la grúa utilizada por una grúa-torre puesto que tiene mejores propiedades y características como la maniobrabilidad, espacio ocupado, etc., que permitirán a las cuadrillas trabajar más eficientemente y así aumentar la productividad del sistema de producción al no tener a las cuadrillas realizando actividades no contributorias como las esperas por frente y otras que fueron detectadas en el recogimiento de datos.

Fig.5.43: Implementación de grúas convencionales a grúas torre



- **Distribución en planta (Layout Plan)**

Del tercer día de levantamiento de datos se puede apreciar que hay muchas esperas por frente de las diversas cuadrillas para poder realizar sus actividades productivas, y, después de un análisis notamos que la distribución en planta es una importante causa que genera esta actividad ineficiente.

Siguiendo los lineamientos de la Filosofía Lean, se sugiere reprogramar la distribución en planta haciendo una reingeniería de la misma. Reingeniería es hacer lo que ya estamos haciendo, pero hacerlo de un modo más eficiente, trabajar más inteligentemente. De este modo el ingeniero encargado de la distribución en planta debe tener en cuenta cual es el flujo que realizan las cuadrillas y a partir de ahí hacer una distribución de estos en el campo, sin dejar de lado también, el rendimiento que tienen las cuadrillas y los equipos para realizar cierto tipo de tareas con el fin de poder distribuir el campo en diferentes instantes de tiempo y diferentes escenarios de trabajo realizados en la planta, de tal modo que el tren de trabajo se muestre continuo y no se generen colas que se reproducen en esperas por frente, por equipos y otras actividades que no contribuyen a la realización del sistema de producción.

Es importante resaltar que para una buena organización en planta, el encargado de la programación detallada, debe ajustar los rendimientos de las cuadrillas para que se ajuste lo más que se pueda a la realidad y la desviación de su programación con respecto a la realidad no sea tanta que afecte a la distribución de la planta, pues esta distribución es variable en el tiempo según las actividades que se tenga que ejecutar, y, queda claro que si la programación diaria no se ajusta a lo que las cuadrillas puedan realizar debido a sus características (rendimientos) la distribución en planta quedaría desestimada y se presentarían interrupciones en el flujo de las cuadrillas que generaran las esperas por frente que se presentaron en el sistema de producción.

Fig.5.44: La cuadrilla de excavación espera a que la retroexcavadora termine su trabajo para poder continuar sus actividades.



- **Concentración en el trabajo**

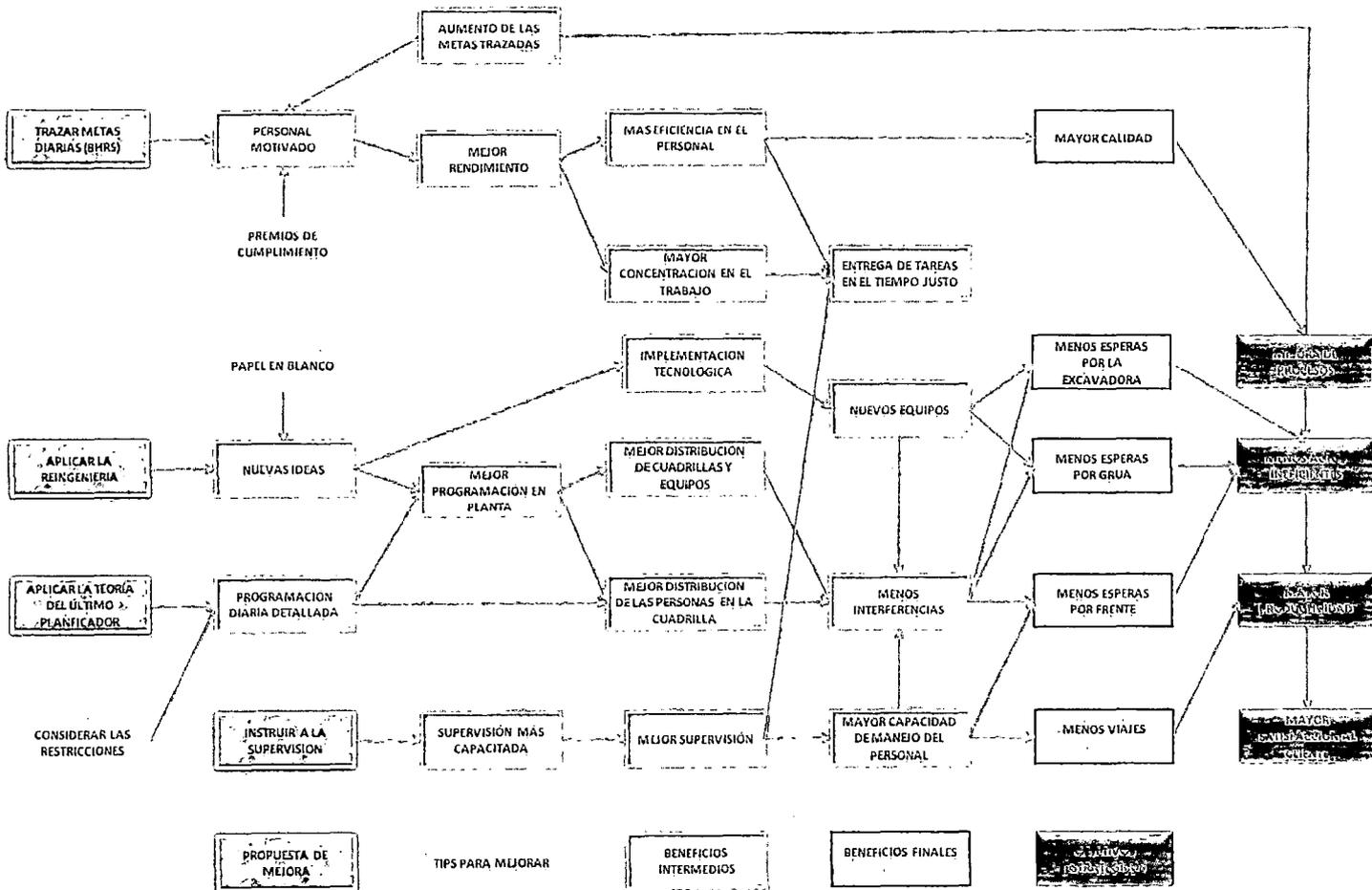
De toma de datos, y, con los problemas principales detectados, se observa que una de las causas fundamentales para el problema de las esperas por frente es la concentración que el trabajador tiene para con el trabajo, la cual es imprescindible mitigar para minimizar el problema.

Para mitigar este problema, es necesario hacer un análisis del personal que se tiene en la obra para descubrir cuál es el desempeño de estos a la hora de realizar las actividades que se tiene en la elaboración de muros pantalla, observar si el personal está rindiendo como se estima y hacer una selección correcta del personal que se tiene en obra, eliminando así a la gente que no muestre interés y presente poca concentración en el trabajo, logrando con esto, tener a disposición a la gente que permanezca concentrada en el trabajo y presente un desempeño aceptable en la realización de los trabajos.

Otra posible solución para mitigar este problema, podrá ser el motivar al personal de una manera económica con el fin de lograr su máximo rendimiento con una menor cantidad de acciones ineficientes. Junto a esta propuesta de solución, se propone trazar metas para cada jornada de trabajo

y premiar al personal cuando la meta es cumplida, y así, con este cumplimiento de metas, se puede llevar a los procesos al **mejoramiento continuo** con un aumento de las metas a realizar. Esta última propuesta se plantea debido al hecho de que el personal de trabajo algunas veces prefiere que el tiempo para cumplir las actividades se alargue para así poder tener mayores ingresos económicos por los trabajos en horas extras, ocasionando de esta manera, que la empresa contratista incremente sus gastos y baje su productividad. Para una mayor representación de las propuestas de mejora para cada causa de los problemas encontrados en la primera medición se realiza un mapa de beneficios, además, se podrá notar que otros beneficios nos proporcionaría el realizar estas propuestas de mejora

Fig.5.45: Mapa de Beneficios para mitigar las esperas por frente



Al resolver el problema de los **VIAJES, CONVERSACIONES** y las **ESPERAS POR FRENTE**, se estaría resolviendo de una forma directa el 46.84% de las actividades ineficientes realizadas en la jornada de trabajo, siendo este una disminución del 20.26% en el tiempo no contributorio respecto al tiempo total consumido en una jornada de trabajo lo que significa un ahorro significativo en las horas-hombre consumidas.

Tabla 5.16: Horas-Hombre consumidas en la jornada de trabajo y Horas-Hombre consumidas del trabajo No Contributorio

Día	Horas Hombre consumidas	HH No Contributoria consumidas
07,06	257.5	111.37

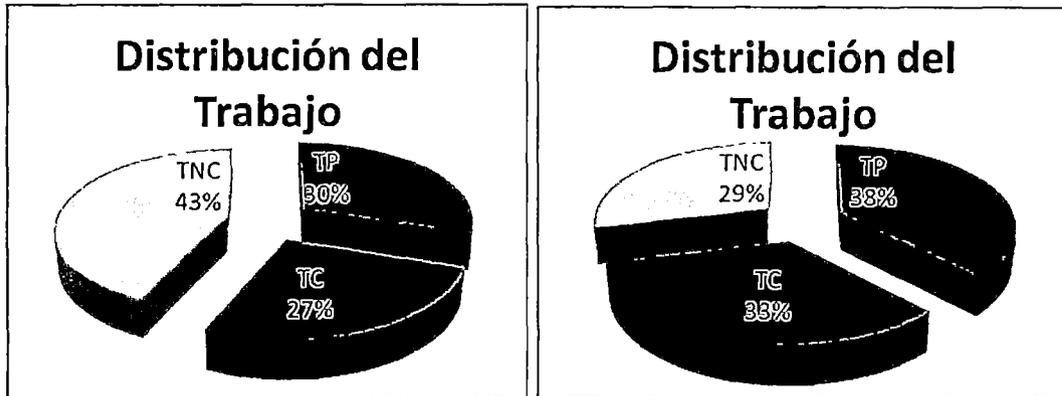
Tabla 5.17: Horas-Hombre consumidas en las actividades No Contributorias

Actividades Ineficientes	% de Part.	HH
Viajes (V)	18.96	21.12
Conversar (N)	16.36	18.22
Esperas por Frente (EF)	11.52	12.83
Descanso (De)	10.78	12.01
Retrabajos (Re)	10.04	11.18
Distracciones (D)	9.67	10.77
Otros (Y)	7.43	8.27
Esperas por Grúa (EG)	5.20	5.79
Esperas por Excavadora (EE)	4.09	4.56
Ingerir Alimentos (IA)	3.35	3.73
Llamadas al Celular (Cel)	2.60	2.90

La tabla 5.17 muestra la cantidad de horas-hombre que se usa en la jornada de trabajo para hacer actividades que no contribuyen con la producción de los muros pantalla, en la tabla 5.18 se muestra la cantidad de horas-hombre que el personal utiliza para realizar estas actividades ineficientes, de las cuales con las propuestas de mejora se darían los lineamientos para mitigar las horas consumidas por los viajes, las conversaciones y las esperas por frente, dejando así las demás actividades con posibilidades de mejorar. En la figura 5.55 se

muestra lo que la distribución de tiempos podría mejorar con la aplicación de nuestra propuesta de mejora. Por ejemplo la productividad de 28% ascendió a 38%.

Fig.5.46: Posible Mejora en la Distribución del Trabajo



CONCLUSIONES

- En el estudio realizado se logra tener porcentajes de trabajos no contributivos de 43%, 47% y 43%, siendo la cuadrilla de concreto la que realizó mayor porcentaje de trabajo no contributivo con 62, 66 y 74% respectivamente en cada muestreo, seguido esta la cuadrilla de excavación, presentando 50, 51 y 66% de trabajo no contributivo. Lo cual muestra que existe una alta oportunidad de mejora para el sistema de producción que puede ser aprovechada con una mejor gestión de procesos.
- En el supuesto de poner en práctica las propuestas de mejora presentadas en el presente estudio, se asume que se podría mejorar el porcentaje de trabajo productivo en un rango de 5 a 10% lo que es una mejora significativa que nos haría disminuir los costos, dar mayor satisfacción al cliente, entre otros.
- Con el uso del nivel general de actividades se logró reproducir con un alto nivel de confianza lo realizado en campo, del cual se puede aprovechar para hacer diferentes estudios respecto a la productividad para así tratar de hacer mejorar el sistema de producción y los procesos que están inmersos en el.
- Al usar las herramientas de gestión conocidas como los diagramas de ISHIKAWA y PARETO se logró detectar que las actividades ineficientes más incisivas para el sistema de producción eran las esperas por frente (originadas por la administración), descansos, conversaciones y los viajes, de los cuales se descubrieron una serie de causas que nos generaban estas ineficiencias, siendo más incisivas la organización en planta (layout plan), la planificación, la supervisión, entre otras, de las cuales al mejorarlas mejoraríamos de manera importante el sistema de producción.
- Del estudio presentado se puede destacar la utilidad y practicidad que se desprende de la metodología del TRIZ para resolver problemas, siendo las soluciones presentadas por la metodología muy similares a las que se obtuvo con la filosofía LEAN y todo el análisis que este necesita.

- La administración en la obra juega un gran papel en la gestión de mejoramiento de los procesos en el sistema de producción, debido a que la mayoría de las soluciones presentadas ya sea por la metodología TRIZ o por la filosofía LEAN lo definen como el responsable directo de las actividades ineficientes que se presentan en el sistema de producción.
- La supervisión es una causa importante de los principales problemas encontrados, y, que también está presente en los problemas triviales encontrados en la realización del sistema de producción, por lo tanto una mejora en este aspecto, mejoraría notablemente la productividad del sistema de producción.
- A pesar de que los trabajos diarios son los mismos y que se tiene un volumen de trabajo similar en cada día, las cuadrillas realizan diferentes actividades en diferentes instantes de tiempo, tanto productivas, contributorias y no contributorias, lo que infiere el hecho de que la administración no otorgue tareas específicas a cada obrero influye de manera importante en que no haya un buen control del personal en el campo y no haya una buena distribución de la misma.
- La falta de exactitud en la programación maestra para el sistema de producción hizo que esta solo sirviera como una referencia para las actividades a realizar, además, las programaciones preventivas (lookahead planning) no eran aplicadas en todo su concepto debido a que solo se detallaba las actividades a realizarse, mas no a prevenir los posibles problemas a ocurrir debido a los ya explicado antes, por lo que la programación preventiva también resultaba ser inexacta.

RECOMENDACIONES

- La administración debe hacer una programación en base a tareas a realizarse en una jornada de trabajo e informarle a los obreros sobre ellas para así tener un mayor control en cuanto al rendimiento de los trabajadores y no propiciar que se haga trabajo no contributivo que origina que el proceso utilice mayores recursos como tiempo, costo, entre otros.
- En la gestión de la obra, la administración debería acotar que la cuadrilla de concreto debe ingresar a campo directamente a realizar actividades productivas para el sistema de producción, como su trabajo productivo consta en el vaciado de los muros pantalla, la cuadrilla debe entrar a la hora en que los vaciados de los muros se darán a cabo. Un ingreso temprano a campo de la cuadrilla, resuelve que la cuadrilla haga actividades ineficientes que no contribuyen a la producción de los muros pantalla.
- Se debe pensar en una reingeniería en cuanto a los equipos utilizados, debido a que sus características, tal como velocidad de manejo y movilización, no son óptimas para el trabajo hecho. Además, no se da abasto para las cuadrillas que prescinden de esta y para los frentes de trabajo que existen en el campo. Se recomienda adquirir una máquina más eficiente en este aspecto, o más máquinas de las mismas características, la selección de la misma dependerá del costo.
- Se recomienda seguir analizando los demás problemas que se mostraron en el estudio de manera que el método utilizado para mitigar los problemas se convierta en un círculo virtuoso y así poder llevar al mejoramiento continuo de los procesos inmersos en el sistema de producción.

- Luego de analizar el sistema de producción de muros pantalla a un nivel macro (con un nivel general de actividades), en necesario entrar en cada proceso (carta balance) para ver qué es lo que pasa en ellos, debiendo hacer un análisis de una manera más rigurosa, analizando a cada personal de la cuadrilla que presenta mayores cuadros de ineficiencias o presenta menos rendimientos de lo esperado; para así mejorar el proceso y conjuntamente con eso el sistema de producción.

- Cuando hay más de un frente de trabajo, no se debe simplemente dividir la cuadrilla, sino hay que crear cuadrillas de la misma especialidad autónomas entre sí, considerando sus rendimientos y volumen de trabajo a realizar para así tener un mejor control de estos, y no tener que hacer que el personal esté viajando de una cuadrilla a otra debido a una mala distribución del trabajo.

BIBLIOGRAFIA

- [1]. Abdelhamid, TS, El-Gafy, M., and Salem, O. "Lean Construction: Principios y Fundamentos." American Professional Constructor Journal, 2008.
- [2]. Aliaga Díaz, Luis, "Introducción al estudio del trabajo en obras de edificación" Tesis UNI-FIC, Lima, 1991.
- [3]. Altshuller, Genrich. "La Creatividad como una Ciencia Exacta". New York, NY: Gordon & Breach, 1984.
- [4]. Andrade, Simón, "Diccionario de Economía", 3° Edición, Editorial Andrade, 2005, Pág. 253.
- [5]. Casanova, Fernando "Formación profesional, productividad y trabajo decente" Boletín n°153 Cinterfor Montevideo 2002.
- [6]. Chiavenato, Idalberto, "Introducción a la Teoría General de la Administración", 7° Edición, McGraw-Hill Interamericana, 2004, Pág. 52.
- [7]. Ghio Castillo, Virgilio , "Productividad en Obras de Construcción. Diagnóstico, Crítica y Propuesta". Primera Edición. Ediciones Universidad Católica de Chile. Chile, 2001.
- [8]. Guía de los Fundamentos de la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK®) Tercera Edición Project Management Institute, Four Campus Boulevard, Newtown Square, PA 19073-3299 EE.UU., 2004, Pág. 6
- [9]. Harrington, H. J. "El proceso de mejoramiento. Cómo las empresas punteras norteamericanas mejoran la calidad"; en Quality Press; Wisconsin; USA, 1991
- [10]. <http://amarengo.org/linkarq/industria-de-la-construccion-en-el-peru-vive-un-boom.html>
- [11]. <http://peru21.pe/noticia/400472/preven-que-sector-construccion-creceria9-2010>
- [12]. <http://www.mercadoyconstruccion.com/2010/06/en-periodo-2010-%E2%80%932013-el-sector-construccion-creceria-8-7-anual/>
- [13]. Institute of Industrial Engineers, "Más allá de la Reingeniería", CECSA, México, 1995, Pág. 4.
- [14]. Koontz Harold y Weihrich Heinz, "Administración Un Perspectiva Global", 12°. Edición, McGraw-Hill Interamericana, 2004, Pág. 14.

- [15]. Koskela, L. y Howell, G., "La teoría subyacente de Gestión de Proyectos es obsoleto". Actas de la Conferencia de Investigación de PMI, 2002, pág. 293-302.
- [16]. Lilienfeld, Robert; "Teoría de sistemas. Orígenes y aplicaciones en ciencias sociales", México, Editorial Trillas, 1991., Pág. 139
- [17]. Mertens, Leonard, "La medición de la productividad como referente ente de la formación-capacitación" Boletín N° 143. Productividad y formación. Cinterfor Montevideo Mayo-Agosto de 1998.
- [18]. Real Academia Española, "Diccionario de la Lengua Española" 22° Edición.
- [19]. Robbins Stephen y Coulter Mary, "Administración", 8° Edición, Pearson Educación, 2005, Pág. 7.
- [20]. Samuelson Paul y Nordhaus William, "Economía", 17° Edición, McGraw Hill Interamericana de España, 2002, Pág. 4.
- [21]. Serpell Bley, Alfredo. "Administración de Operaciones de Construcción". Primera Edición. Ediciones Universidad Católica de Chile. Chile, 1993.
- [22]. Von Bertalanffy, Ludwig. Teoría General de Sistemas. Petrópolis, Vozes. 1976.

ANEXO 3
LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN DE LA MUESTRA 1

Mediciones	n°	cuadrilla	TP	TC	TNC	Transportes(T)	Limpieza(L)	Mediciones(MB)	Recibir/Dar instrucciones(I)	Echar lechada de cemento(LC)	Seguridad(Se)	Colocación de Andamios(An)	Desarmado de encofrados(DDE)	Colocar Balizas (CB)	Hacer Dados(HD)	Colocar Dados(CD)	Cortes (C)	Bloques de C°(BC)	Otros(X)	Conversar(N)	Ingerir alimentos(A)	Esperas-grúa(EG)	Esperas-excv.(EB)	Esperas-frente(EF)	Retrabajos(Re)	Viajes(V)	Distracciones (D)	Celulares (Cel.)	Descanso(De)	Otros(Y)		
08:20	1	1	cuadrilla	0	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
		2	excavación	5	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		3	concreto	0	1	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
		4	fierros	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		5	topografía	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
		6	seguridad	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
09:00	2	7	encofrado	3	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
		8	excavación	5	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		9	concreto	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		10	fierros	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		11	topografía	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
09:27	3	12	seguridad	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		13	encofrado	2	1	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		14	excavación	3	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		15	concreto	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

18:40	17	97	encofrado	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	
		98	excavación	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
		99	concreto	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0
		100	fierros	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		101	topografía	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
		102	seguridad	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19:10	18	103	encofrado	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	
		104	excavación	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0
		105	concreto	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0
		106	fierros	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		107	topografía	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
		108	seguridad	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
19:30	19	109	encofrado	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	
		110	excavación	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		111	concreto	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0
		112	fierros	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		113	topografía	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
		114	seguridad	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20:03	20	115	encofrado	1	3	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		116	excavación	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
		117	concreto	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0
		118	fierros	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
		119	topografía	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		120	seguridad	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
20:20	21	121	encofrado	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		122	excavación	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0
		123	concreto	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

21:30	26	151	encofrado	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	
		152	excavación	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
		153	concreto	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		154	fierros	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		155	topografía	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		156	seguridad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21:45	27	157	encofrado	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
		158	excavación	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		159	concreto	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
		160	fierros	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		161	topografía	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		162	seguridad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22:00	28	121	encofrado	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
		122	excavación	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		123	concreto	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		124	fierros	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		125	topografía	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		126	seguridad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22:10	29	127	encofrado	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		128	excavación	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		129	concreto	0	3	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		130	fierros	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		131	topografía	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		132	seguridad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22:24	30	133	encofrado	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		134	excavación	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ANEXO 4
LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN DE LA MUESTRA 2

Hora	Mediciones	n°	cuadrilla	TP	TC	TNC	Transportes(T)	Limpieza(L)	Mediciones(ME)	Recibir/Dar instrucciones(I)	Echar lechada de cemento(LC)	Seguridad(Se)	Colocación de Andamios(An)	Desarmado de encofrados(DDE)	Colocar Balizas (CB)	Hacer Dados(HD)	Colocar Dados(CD)	Cortes (C)	Bloques de C°(BC)	Otros(X)	Conversar(N)	Ingerir alimentos(LA)	Esperas-grúa (EG)	Esperas-excv.(EE)	Esperas-frente(EF)	Retrabajos(Re)	Viajes(V)	Distracciones (D)	Celulares (Cel.)	Descanso(De)	Otros(Y)	
08:30	1	1	encofrado	1	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		2	excavación	1	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	2	0	0	2
		3	concreto	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
		4	fierros	1	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0
		5	topografía	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
		6	seguridad	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
09:00	2	7	encofrado	1	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	
		8	excavación	4	2	2	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
		9	concreto	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
		10	fierros	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
		11	topografía	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
		12	seguridad	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
09:30	3	13	encofrado	0	6	0	1	2	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		14	excavación	0	4	4	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	1	1	
		15	concreto	0	1	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1

		16	fierros	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0		
		17	topografía	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		18	seguridad	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10:00	4	19	encofrado	5	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	
		20	excavación	0	1	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	2	0	0	1	0	0	
		21	concreto	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
		22	fierros	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	
		23	topografía	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		24	seguridad	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
10:30	5	25	encofrado	3	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		26	excavación	6	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		27	concreto	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
		28	fierros	2	2	2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
		29	topografía	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
		30	seguridad	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11:00	6	31	encofrado	5	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		32	excavación	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		33	concreto	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
		34	fierros	3	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
		35	topografía	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
		36	seguridad	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
11:30	7	37	encofrado	3	3	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		38	excavación	5	2	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		39	concreto	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
		40	fierros	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		41	topografía	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
		42	seguridad	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0

ANEXO 5

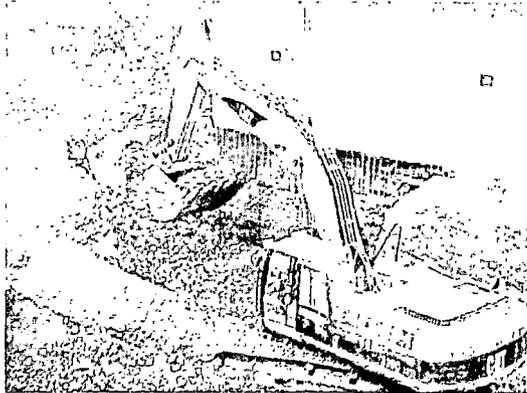
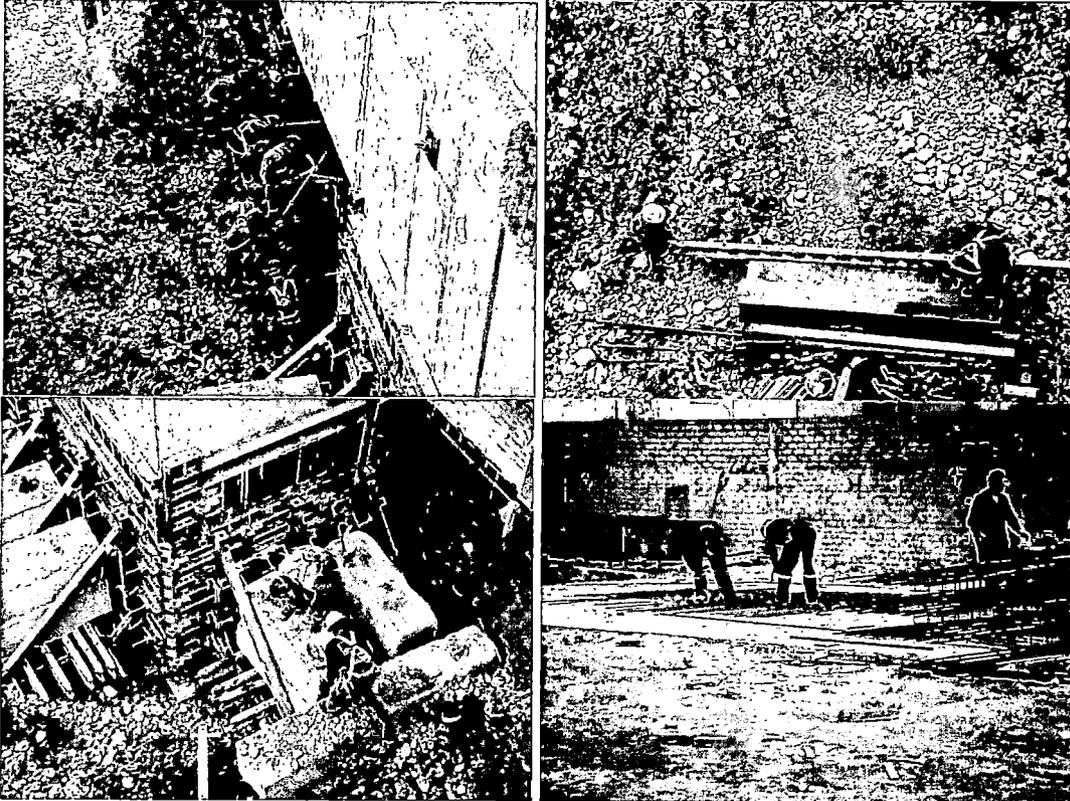
LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN DE LA MUESTRA 3

Hora	Mediciones	n°	cuadrilla	TP	TC	TNC	Transportes(T)	Limpieza(L)	Mediciones(ME)	Recibir/Dar instrucciones(I)	Echar lechada de cemento(LC)	Seguridad(Se)	Colocación de Andamios(Ap)	Desarmado de encofrados(DDE)	Colocar Balizas (CB)	Hacer Dados(HD)	Colocar Dados(CD)	Cortes (C)	Bloques de C°(BC)	Otros(X)	Conversar(N)	Ingerir alimentos(LA)	Esperas-grúa(EG)	Esperas-excv.(EE)	Esperas-frente(EF)	Retrabajos(Re)	Viajes(V)	Distracciones (D)	Celulares (Cel.)	Descanso(De)	Otros(Y)		
08:40	1	1	encofrado	1	2	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		2	excavación	6	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	
		3	concreto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		4	fierros	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		5	topografía	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		6	seguridad	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
09:00	2	7	encofrado	1	3	1	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
		8	excavación	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	1	2	0	0	0	
		9	concreto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		10	fierros	5	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		11	topografía	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		12	seguridad	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	
09:40	3	13	encofrado	0	3	2	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0		
		14	excavación	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	2	0	0	0	0	0	0	
		15	concreto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

15:40	13	70	fierros	1	4	1	1	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
		71	topografía	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		72	seguridad	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		73	encofrado	2	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
		74	excavación	4	1	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0
		75	concreto	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
		76	fierros	0	4	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
16:15	14	77	topografía	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		78	seguridad	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
		79	encofrado	3	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		80	excavación	0	6	2	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
		81	concreto	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		82	fierros	1	5	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16:40	15	83	topografía	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		84	seguridad	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
		85	encofrado	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
		86	excavación	5	2	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
		87	concreto	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
		88	fierros	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17:30	16	89	topografía	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		90	seguridad	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
		91	encofrado	0	2	5	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0
		92	excavación	1	2	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	1	0	0	0	1
		93	concreto	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
		94	fierros	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17:30	16	95	topografía	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		96	seguridad	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0

ANEXO 6 HOJAS DE CAMPO DE LA MUESTRA 1

Hoja de campo #1



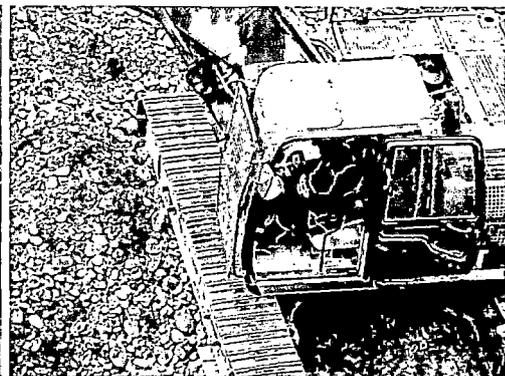
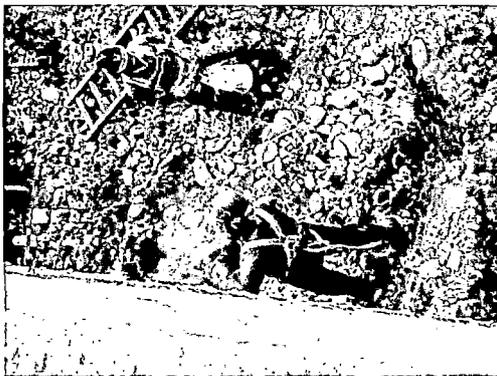
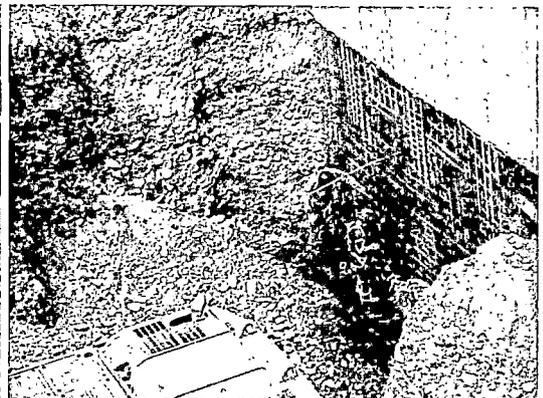
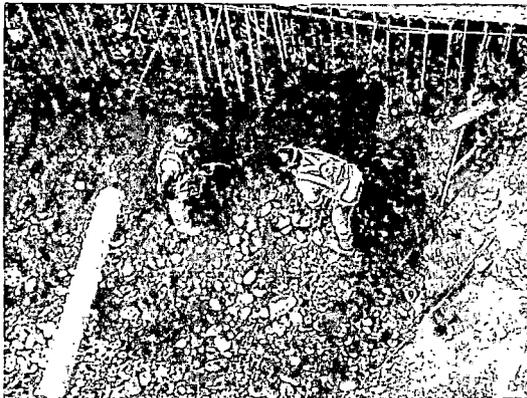
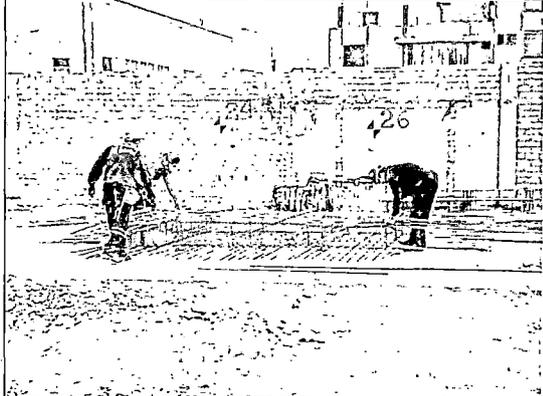
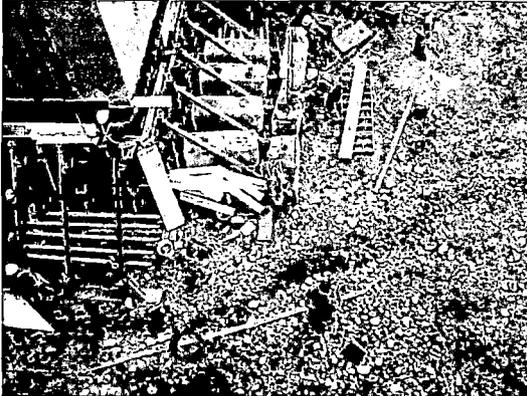
Descripción De La Medición

Se está desencofrando en 1C, 1D y 2D, a cuadrilla de excavación está haciendo trabajos en 5B pero uno de ellos está eliminando rebabas en la placa 4, la excavadora esta relleno el talud en 2A (luego de que la malla está colocada) para nivelar el terreno, la cuadrilla de acero está armando la malla 2B.

Problema Detectado

- Retrabajos por parte de un personal de un personal de excavación.
- Algunos de la cuadrilla de concreto están viajando y descansando.
- Algunos de la cuadrilla de acero están haciendo otras actividades.
- Alguno de la cuadrilla de excavación no hacen nada productivo.

Hoja de campo #2



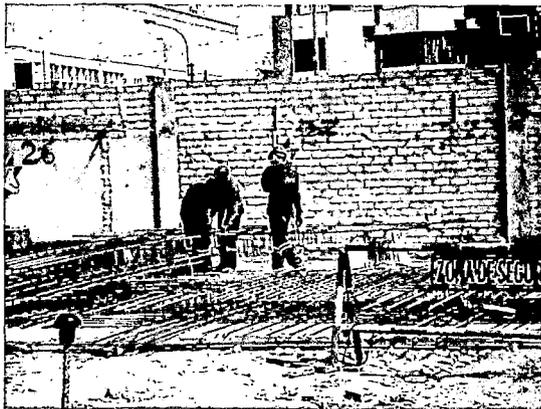
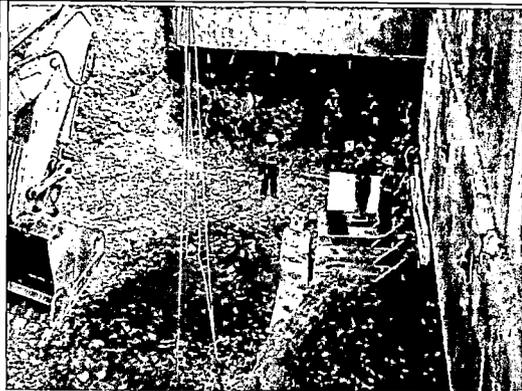
Descripción De La Medición

La cuadrilla de seguridad siguen colocando los bloques de concreto, la cuadrilla de encofradores se tuvo que retirar debido a este trabajo de la colocación de los dados, la cuadrilla de excavación, concreto y acero siguen haciendo los mismos trabajos

Problema Detectado

- Debido al flujo de los dados con el uso de la grúa, la cuadrilla de encofrado tiene que frenar sus actividades.
- Retrabajos por parte de un personal de concreto y uno de excavación.
- La excavadora no tiene campo de acción y hace tiempo muerto.

Hoja de campo #3

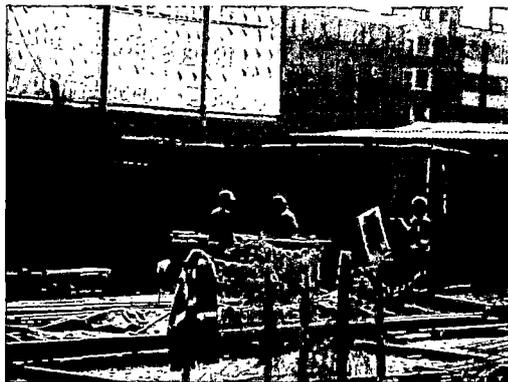
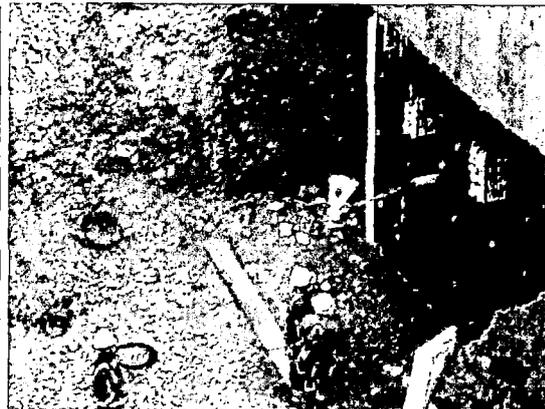
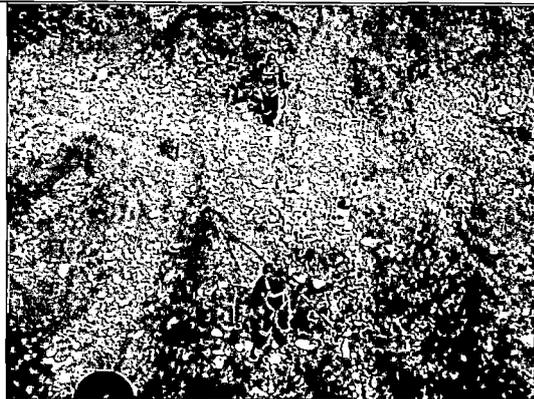


Descripción De La Medición

La cuadrilla completa de excavación y encofrado se quedaron mirando como la grúa levantaba todo el modulo del encofrado y como la excavadora hacia el trabajo de desquinchado en el muro 5B, la cuadrilla de acero continua modelando el núcleo.

Problema Detectado

- La gente se distrae por el accionar de la grúa.
- Los viajes de campo a planta son largos.

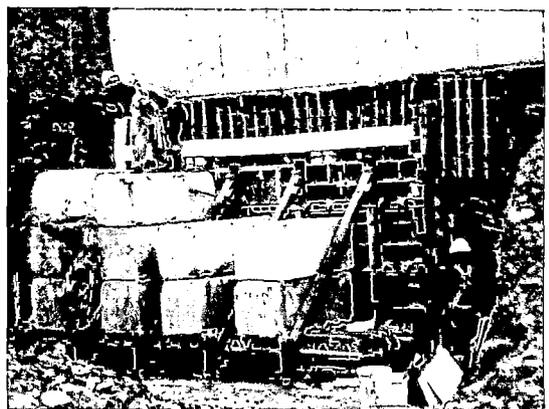
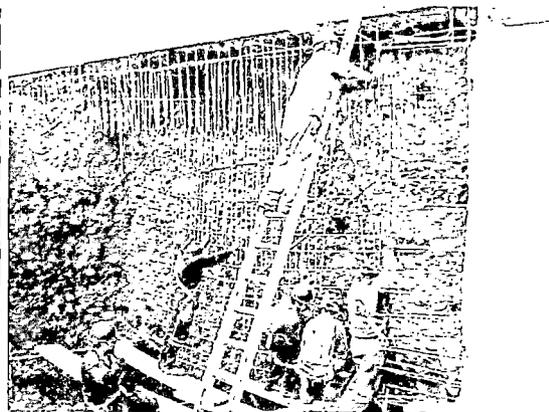
Hoja de campo #4**Descripción De La Medición**

La cuadrilla de encofrado ya casi termina el trabajo en 1A y 1B, además, ya está listo para bajar el modulo de encofrado en 2A, la cuadrilla de concreto dejó de eliminar las rebabas porque la excavadora entro al muro 2C para hacer el trabajo de desquinchado, la cuadrilla de excavación continua haciendo trabajos en 5A y parte de 2B, la cuadrilla de acero bajo sus fierros para empezar a colocar las balizas para bajar la malla.

Problema Detectado

- Por el retraso de la cuadrilla de encofrado, el siguiente modulo no se puede bajar.
- Se obstruyen el trabajo entre la cuadrilla de concreto y la excavadora.
- El trayecto para transportar materiales desde la planta al campo es largo.

Hoja de campo #5

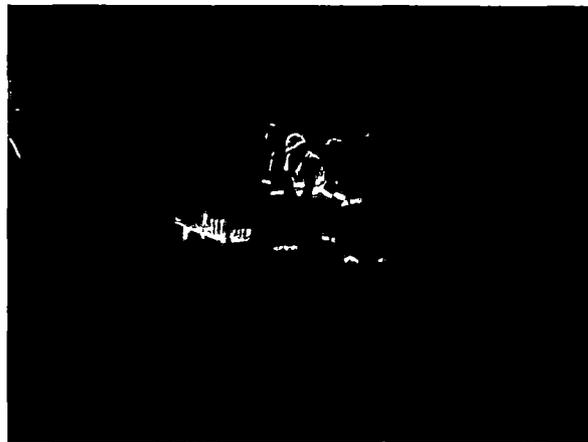
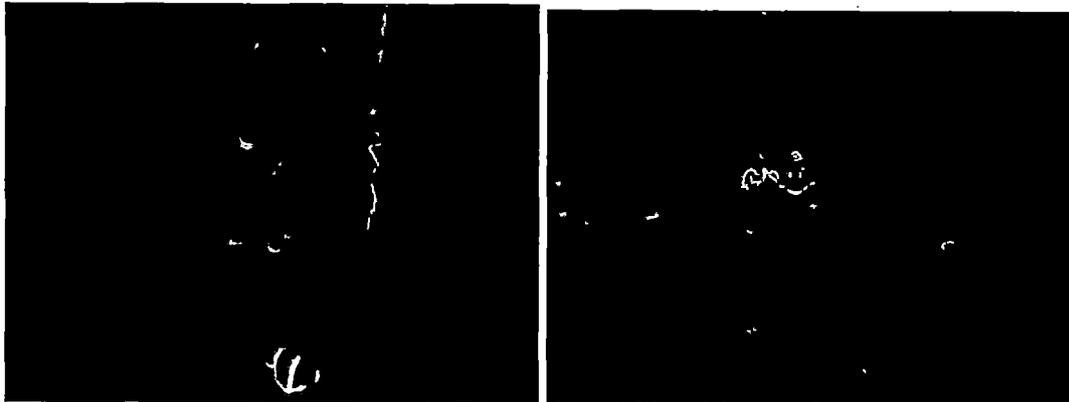
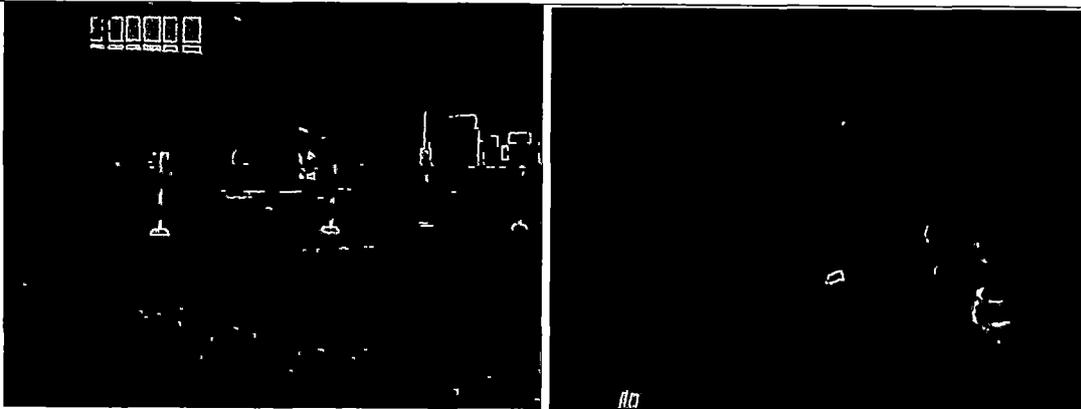


Descripción De La Medición

2 personales de la cuadrilla de excavación ayudan a la cuadrilla de acero para alzar una cara de la malla 5B, 3 personales de la cuadrilla de excavación hace trabajos en 2C y la cuadrilla de encofradores colocan los bloques de concreto en el muro 2A, la cuadrilla de topografía están realizando algunas mediciones.

Problema Detectado

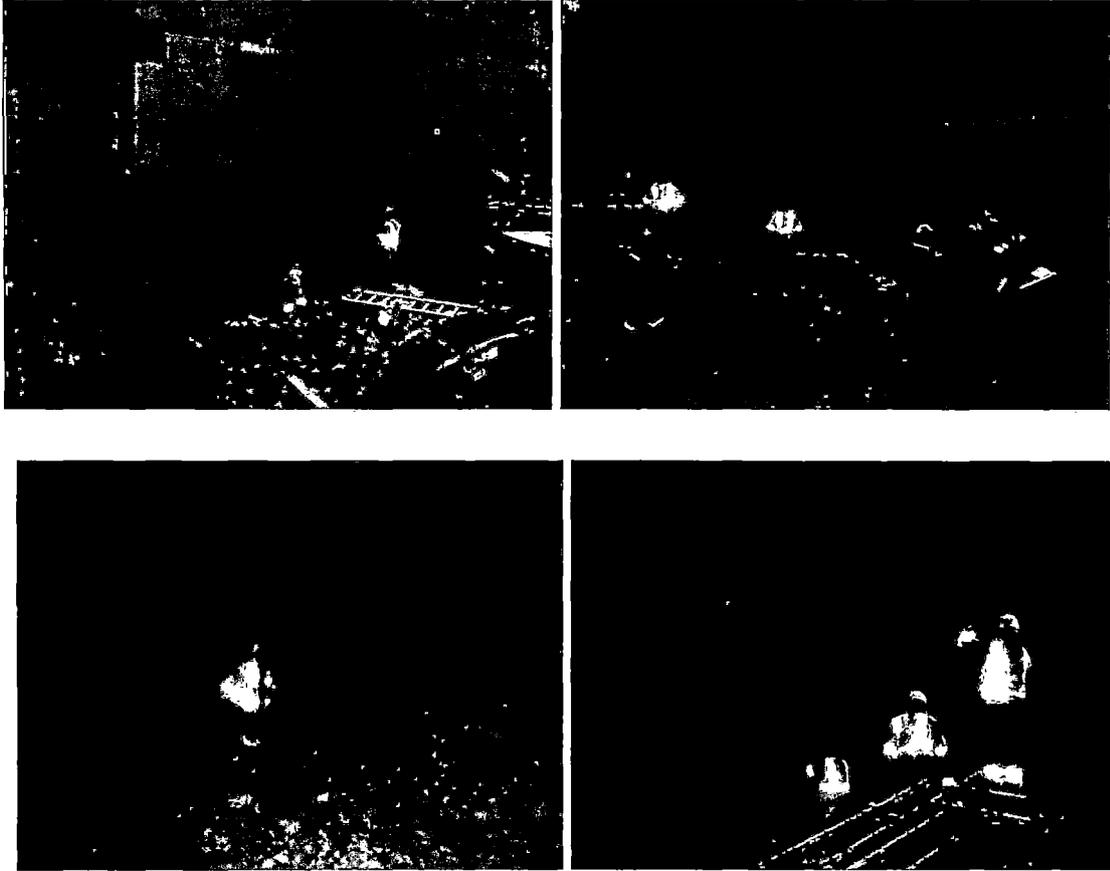
- La cuadrilla de excavación tiene que ayudar a la cuadrilla de acero puesto que no se abastecen de personal, debido al Retrabajo que tienen; esto retrasa el trabajo de la cuadrilla de excavación.

Hoja de campo #6**Descripción De La Medición**

En el sistema de producción solo están trabajando la cuadrilla de acero pues la retroexcavadora y la cuadrilla de encofradores ya terminaron en el muro 2A y la cuadrilla de concreto y excavaciones están haciendo otras actividades.

Problema Detectado

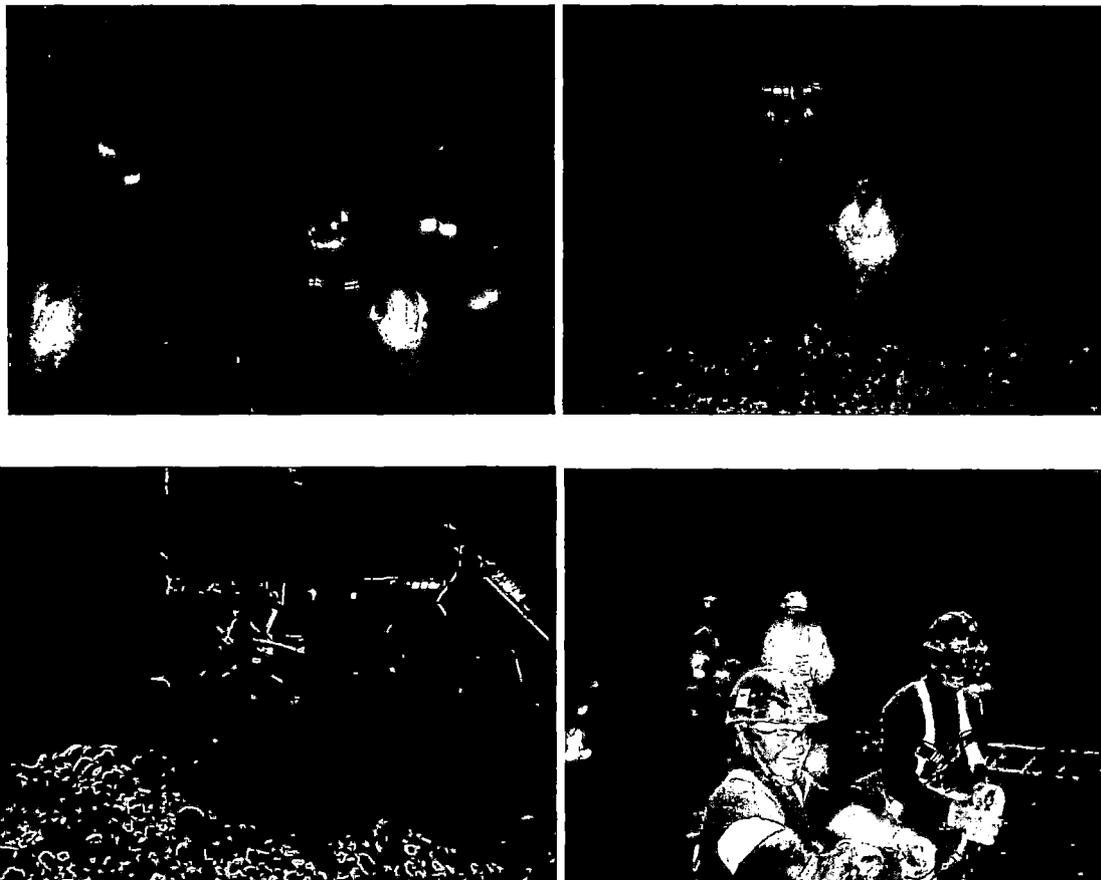
- La cuadrilla de concreto no está haciendo nada productivo.
- La cuadrilla de excavación no está haciendo nada productivo.

Hoja de campo #7**Descripción De La Medición**

Un topógrafo está midiendo en el muro 5B, y la cuadrilla de acero está colocando un pequeño andamio para cortar una baliza mientras que la malla baja en 2B, también están terminando de amarrar la malla en 5B; la cuadrilla de encofradores, excavación y concreto están descansando porque no tienen campo para trabajar.

Problema Detectado

- Descanso de la cuadrilla de encofrado por no tener campo para trabajar.
- Descanso de la cuadrilla de excavación por no tener campo para trabajar.
- Descanso de la cuadrilla de concreto por no tener campo para trabajar.

Hoja de campo #8**Descripción De La Medición**

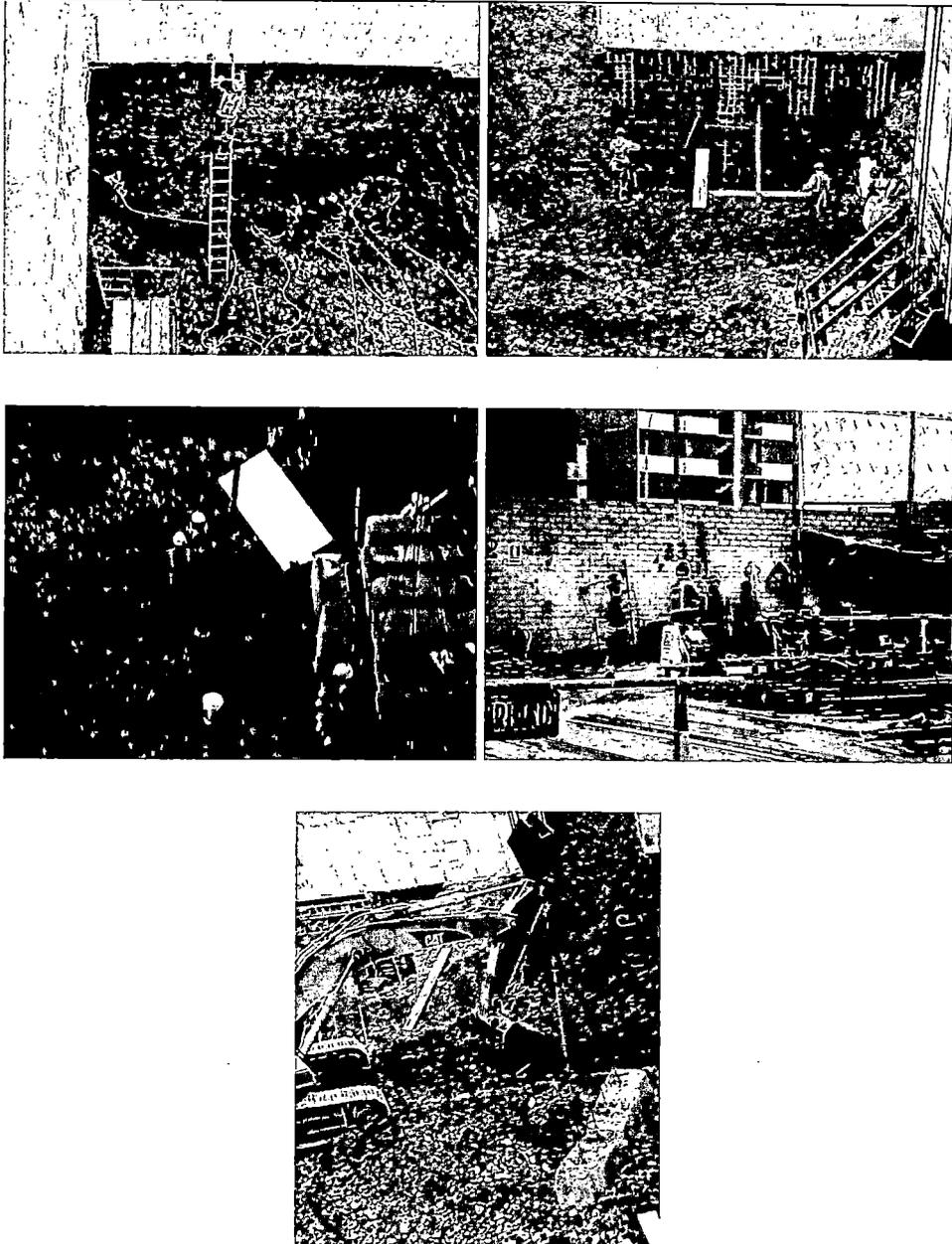
La cuadrilla de encofrado está descansando, la cuadrilla de excavación está esperando que la retroexcavadora rellene el talud para nivelarlos, la cuadrilla de acero están haciendo trabajos en 2B, las demás cuadrillas no se encuentran.

Problema Detectado

- Descanso de la cuadrilla de encofrado por no tener campo para trabajar.
- Esperas por parte de la cuadrilla de excavación debido a la demora de la retroexcavadora.

ANEXO 7 HOJAS DE CAMPO DE LA MUESTRA 2

Hoja de campo #1

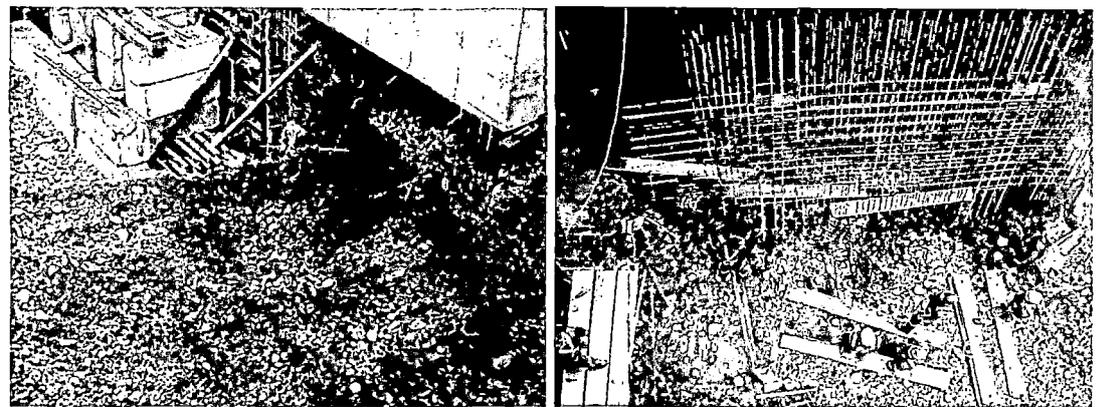
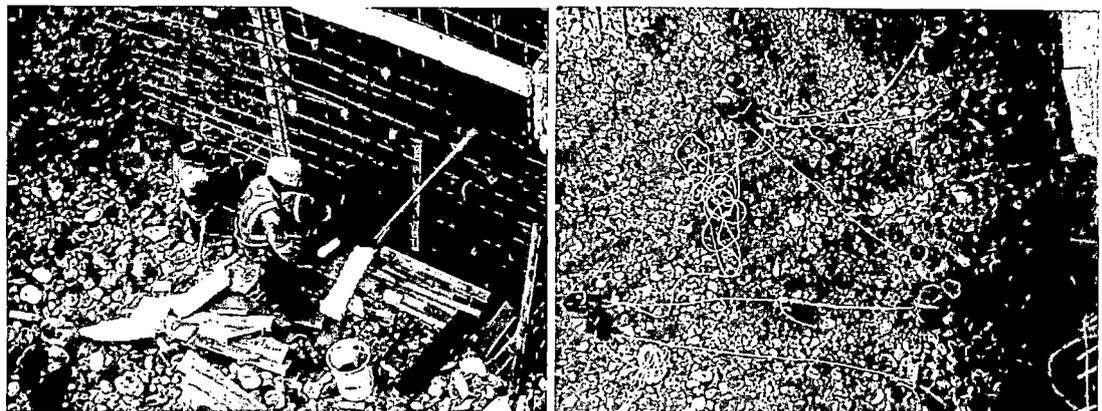


Descripción De La Medición

Tres personales de la cuadrilla de encofrado están esperando a que los dados sean pasados de 1A y 1B hacia 5B con la grúa, 2 de ellos están alistando el muro 2B para encofrar, la cuadrilla de excavación está terminando de desquinchar 2C y la cuadrilla de acero no tiene área para trabajar, la cuadrilla de topografía no tienen puntos que medir.

Problema Detectado

- Tiempo muerto de la cuadrilla de encofrado por el uso de la grúa.
- Falta de campo para la cuadrilla de acero.
- Falta de campo para la cuadrilla de topografía.

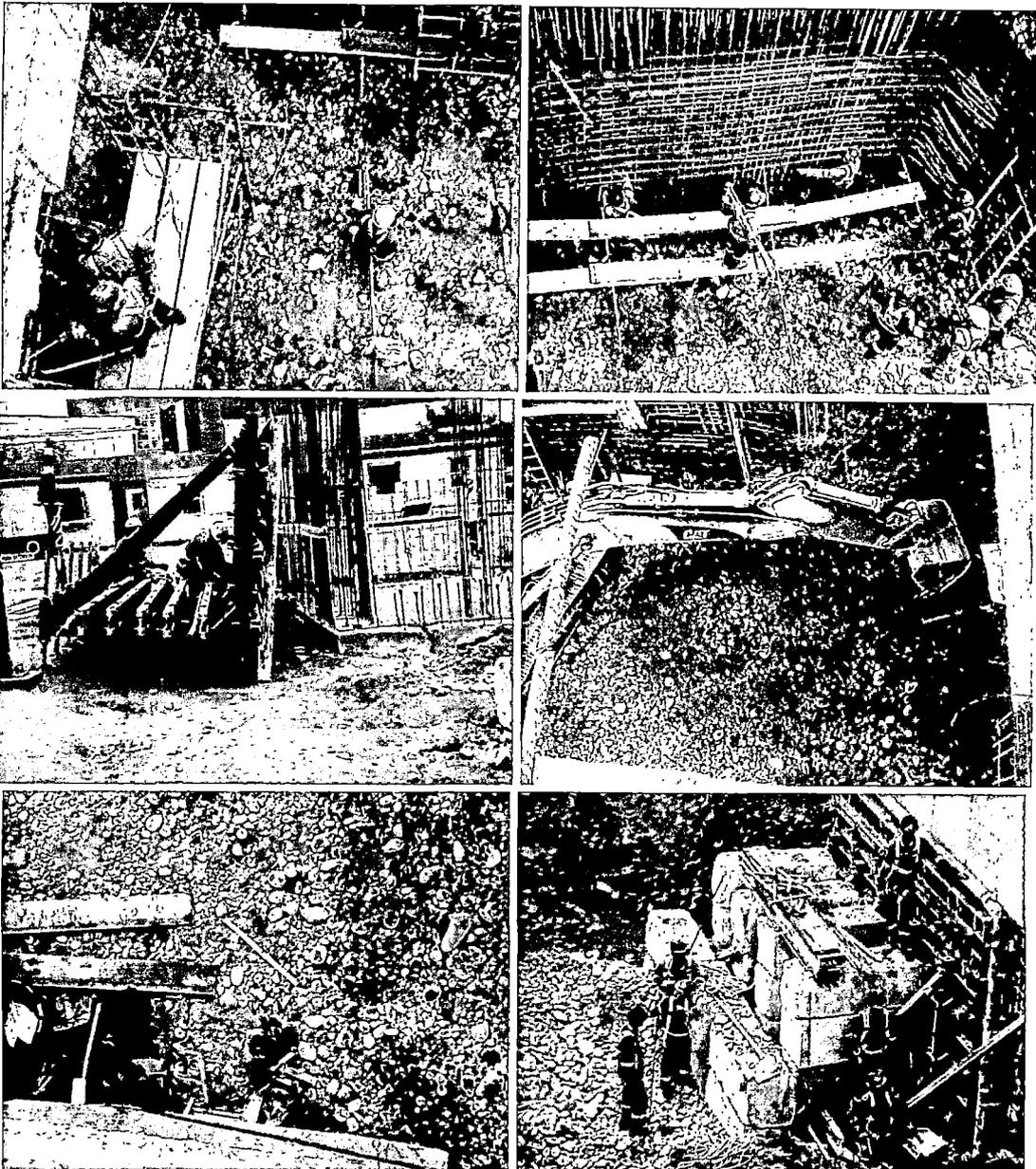
Hoja de campo #2**Descripción De La Medición**

La grúa está bajando la malla al muro 2C, se están quitando las rebabas en la placa 5, hay un personal de excavación haciendo trabajos en el muro 4A y los demás están haciendo trabajos en la placa 4, la cuadrilla de encofrado está colocando el encofrado en la parte del costado de la placa 2B.

Problema Detectado

- Retrabajos por mala construcción.
- Esperas de la cuadrilla de acero mientras que se baja la malla.
- Mala distribución de la cuadrilla de excavación.

Hoja de campo #3



Descripción De La Medición

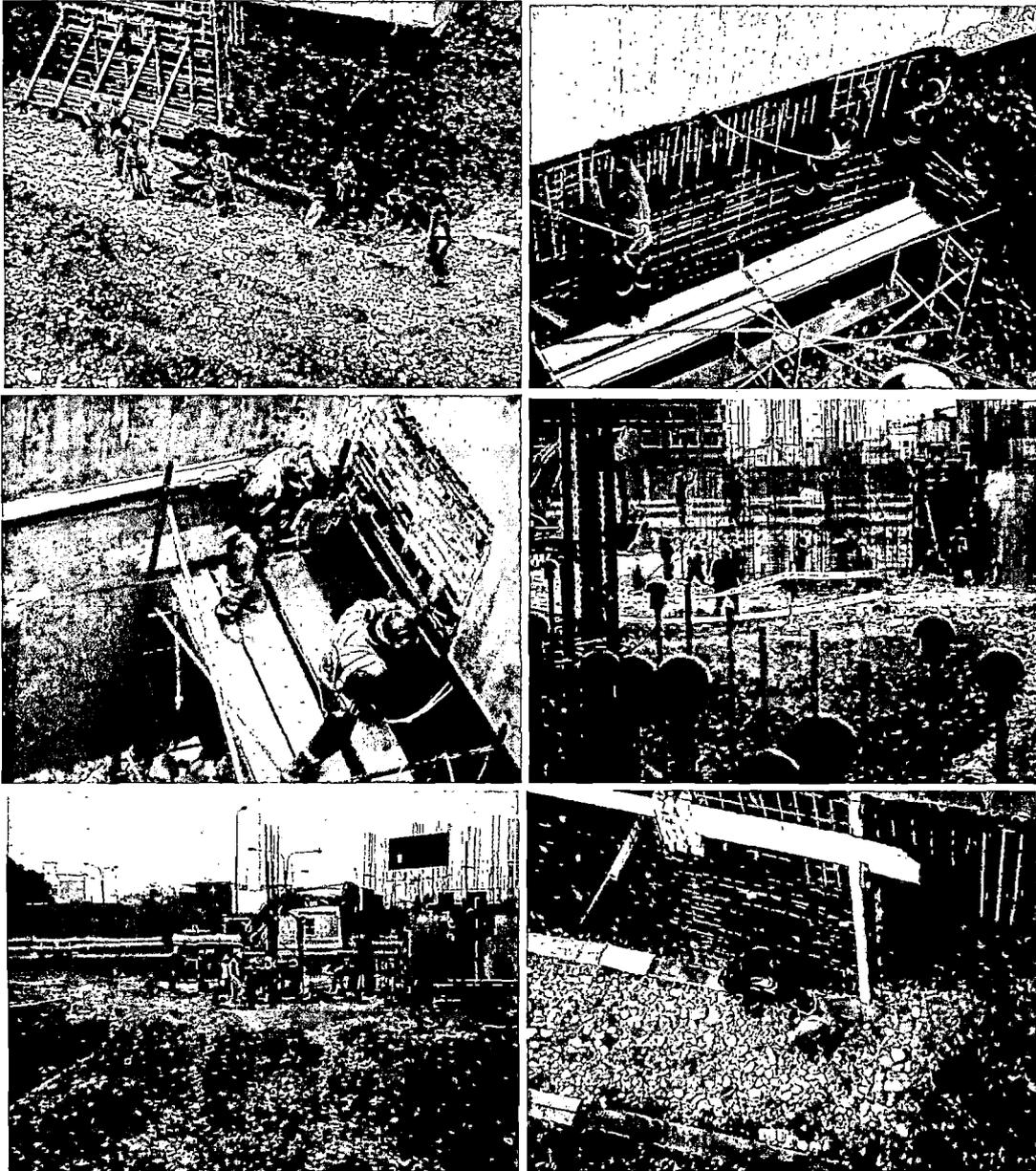
La excavadora entro a hacer trabajos en la placa, y, debido a su tamaño, hizo que las cuadrillas de excavación y encofrado que están haciendo trabajos en la placa 4A y 2B respectivamente, salgan de ahí y esperen a que la excavadora termine de hacer su trabajo, la cuadrilla de acero también tuvo que hacerse a un lado pues los topógrafos estaban tomando algunas mediciones, la cuadrilla de concreto continua eliminando rebabas en la placa 5.

Problema Detectado

- Mal plan de diseño (layout plan) debido a que el equipo obstruye el trabajo a las cuadrillas.
- Mal plan de diseño (layout plan) debido a que las cuadrillas se obstruyen entre si.

– Retrabajos por mala construcción.

Hoja de campo #4



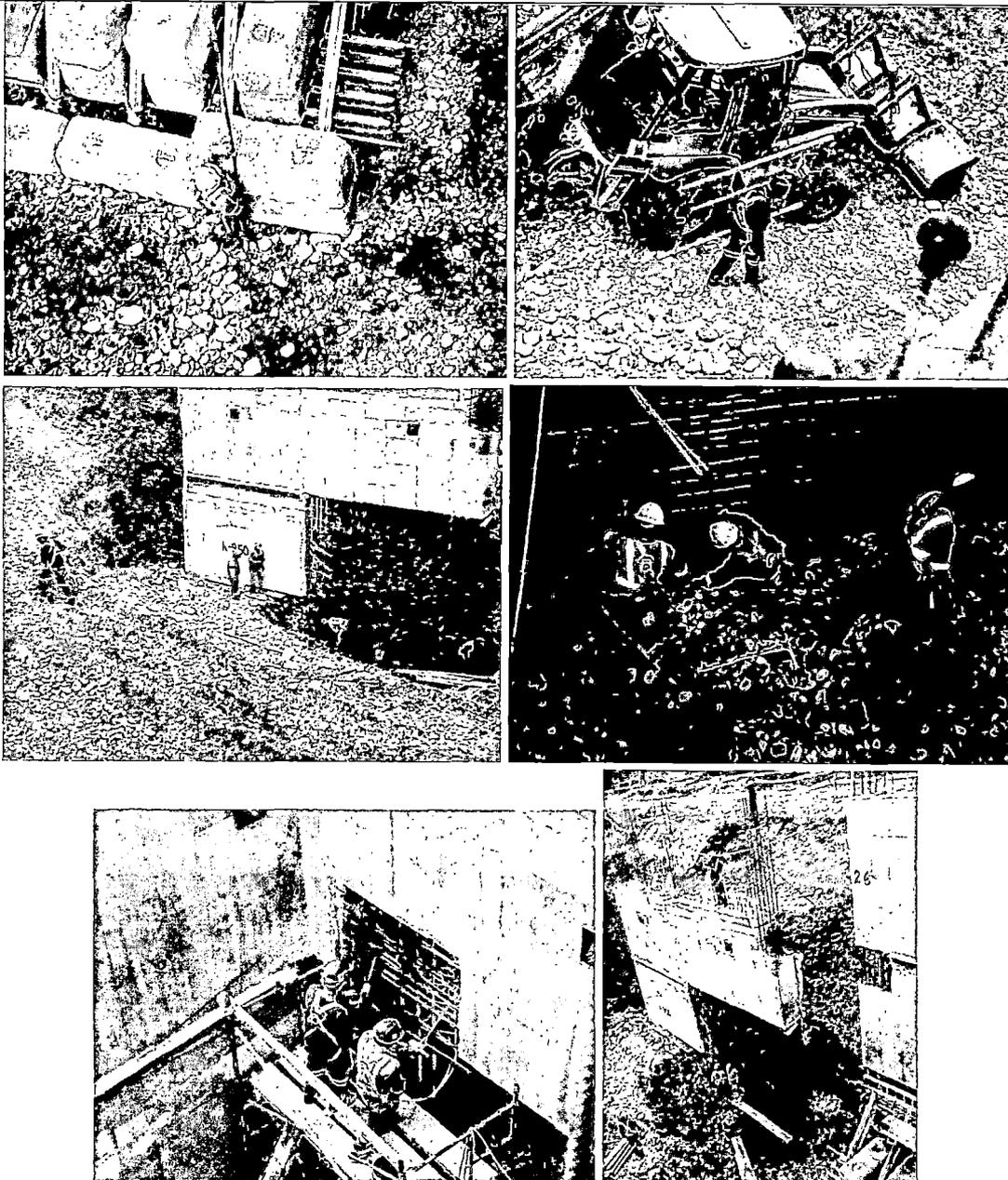
Descripción De La Medición

Se están colocando los bloques de concreto en el modulo de encofrado del muro 2A, el muro 4A está listo para pañetear, la cuadrilla de concreto continua eliminando rebabas y la cuadrilla de encofrado está esperando que se baje el módulo de encofrado del muro 2B.

Problema Detectado

- Retrabajos por mala construcción.
- Esperas de la cuadrilla de encofrado por la demora de la grúa.

Hoja de campo #5



Descripción De La Medición

Un personal de la cuadrilla de excavación y uno de concreto están eliminando rebabas, como los personales de la cuadrilla de excavación ya se fueron, la cuadrilla de encofrado esta que hace el relleno del talud del muro 2C y el resto del personal de la cuadrilla de encofrado está terminado de encofrar el muro 2B, la cuadrilla de acero está colocando las balizas en el muro 4A y los topógrafos están aplomando.

Problema Detectado

- Retrabajos por mala construcción.
- Malas decisiones (hacer que una cuadrilla se vaya cuando aun tienen frente de

trabajo).

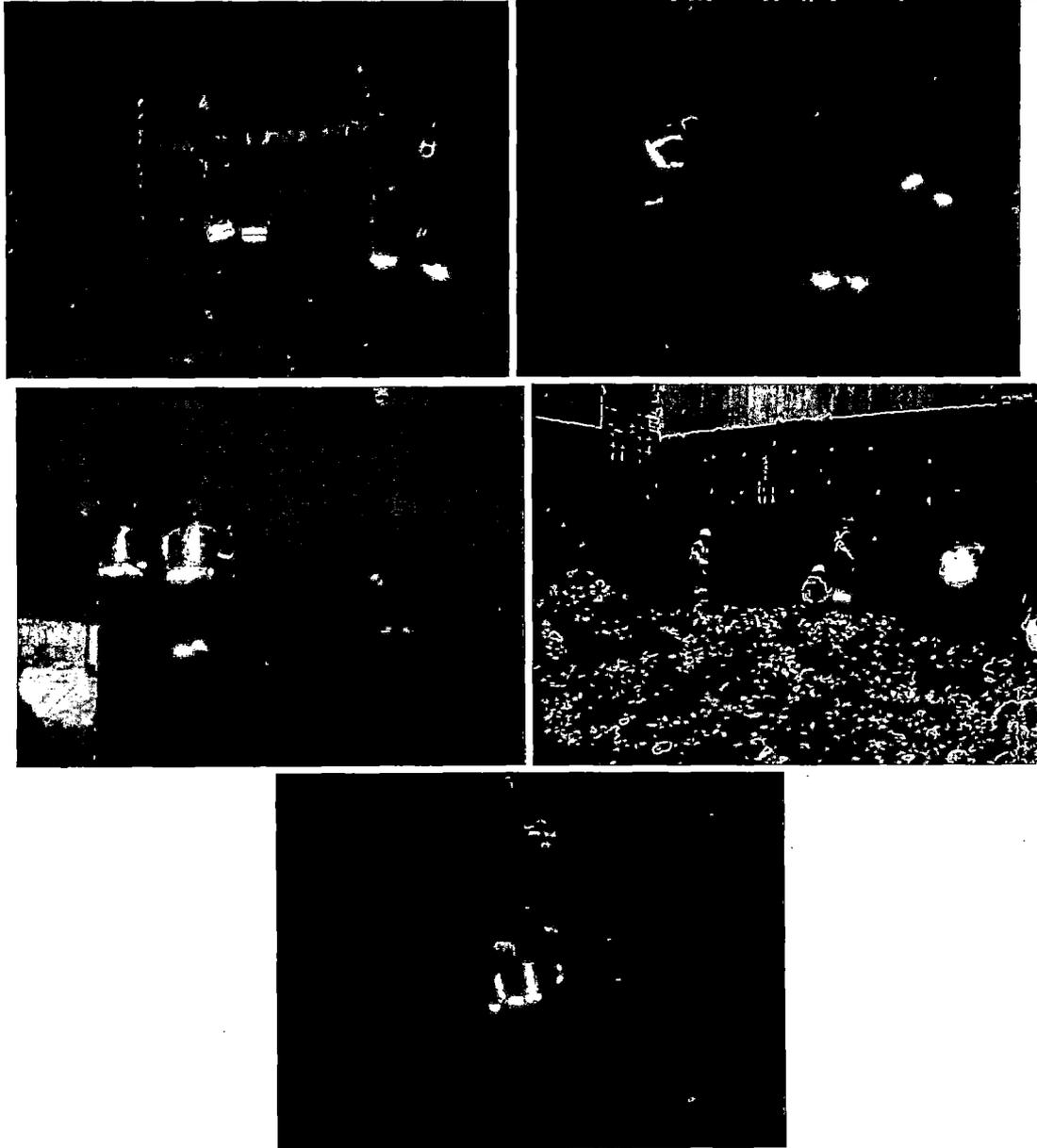
Hoja de campo #6**Descripción De La Medición**

La cuadrilla de encofrado continua rellorando el talud en el muro 2C, un personal de la cuadrilla de excavación y uno de concreto están eliminando rebabas, ya se terminó de encofrar el muro 2B, los topógrafos están aplomando y la cuadrilla de acero esta alistando todo para que se baje la malla del muro 4A.

Problema Detectado

- Retrabajos por mala construcción.
- Malas decisiones (hacer que una cuadrilla se vaya cuando aun tienen frente de trabajo).

Hoja de campo #7



Descripción De La Medición

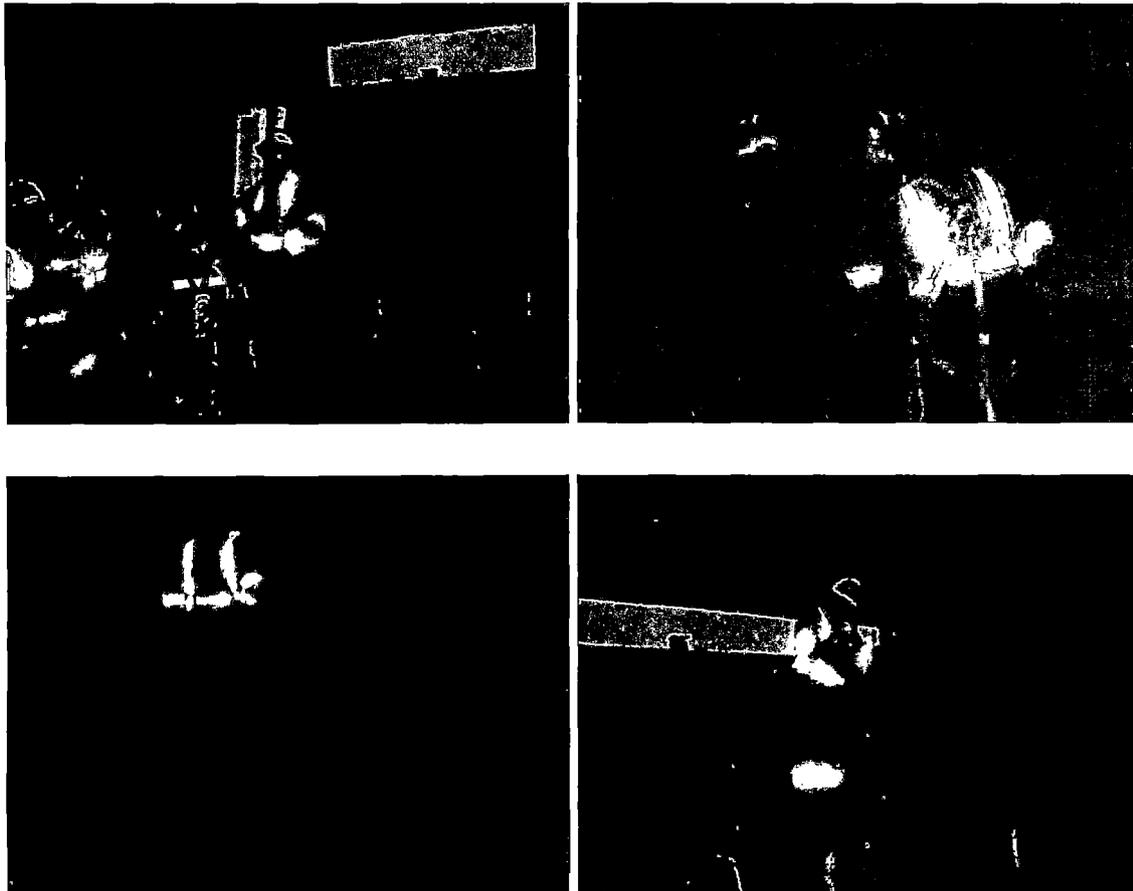
La cuadrilla de encofrado está terminando de encofrar el muro 2B mientras que otros están relleno el talud en 2C, la cuadrilla de acero está esperando que la malla 4A sea bajada con la grúa y el personal de la cuadrilla de concreto y el de excavación continua eliminando rebabas en la placa 15.

Problema Detectado

- La cuadrilla de encofrado no se abastece pues esta haciendo el trabajo de otra cuadrilla también.

- Esperas de la cuadrilla de acero debido a la lentitud del equipo.
- Retrabajos por mala construcción.

Hoja de campo #8



Descripción De La Medición

La cuadrilla de concreto continúa esperando el mixer y la cuadrilla de encofrado está descansando mientras que un personal de seguridad baja los bloques con ayuda de la grúa, un personal de excavación está limpiando un núcleo.

Problema Detectado

- Esperas por el mixer.
- Esperas por el uso de las grúa.

ANEXO 8 HOJAS DE CAMPO DE LA MUESTRA 3

Hoja de campo #1



Descripción De La Medición

La cuadrilla de excavación sigue esperando a que la excavadora termine su trabajo y algunos personales de esta cuadrilla están eliminando rebabas, la cuadrilla de encofrado está desarmando sus módulos, los personales de topografía están haciendo mediciones y la cuadrilla de acero está haciendo trabajos en la placa 4.

Problema Detectado

- Retrabajos por mala construcción.
- Cruce entre los trabajos del equipo y la cuadrilla.

Hoja de campo #2



Descripción De La Medición

La cuadrilla de acero está retirando los andamios de la placa 4 para trasladarlos a el muro 5C, se está bajando con la grúa el modulo de encofrado del muro 4A y la cuadrilla de encofrado está esperando que el modulo baje para empezar a colocarlo, la cuadrilla de excavación está haciendo trabajos en la placa 15.

Problema Detectado

- Esperas de la cuadrilla de encofrado por la grúa.

Hoja de campo #3



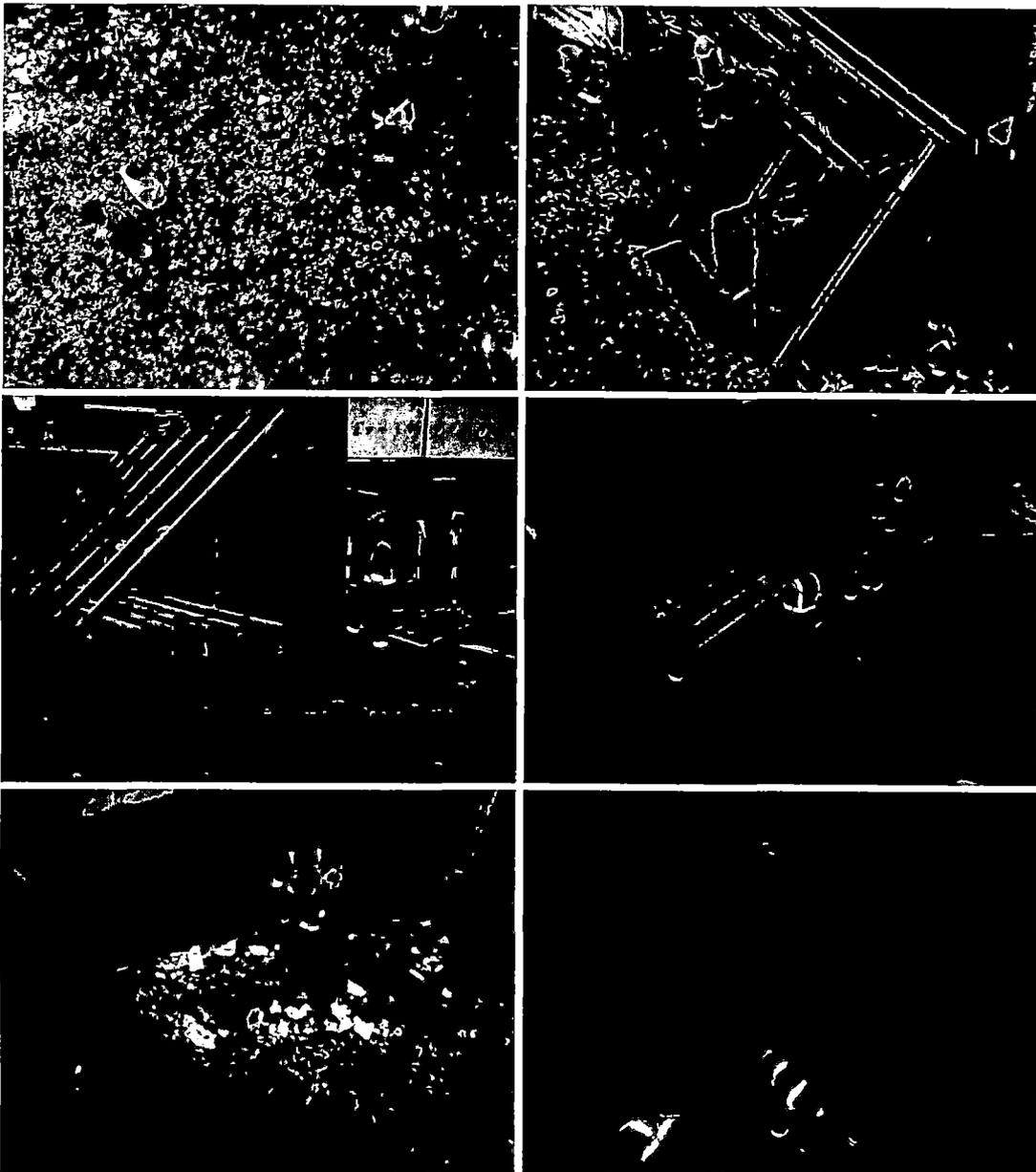
Descripción De La Medición

Se están colocando los bloques de concreto en el muro 4A, y en la placa 4 se siguen colocando los fierros para armar la malla, 2 personales de excavación están en la placa 4 desquinchando un pedazo de terreno que les faltaba desquinchar, el resto del personal de excavación están haciendo trabajos en la placa 15 y eliminando rebabas.

Problema Detectado

- Retrabajos por trabajos no concluidos de la cuadrilla de excavación.
- Retrabajos por mala construcción.

Hoja de campo #4

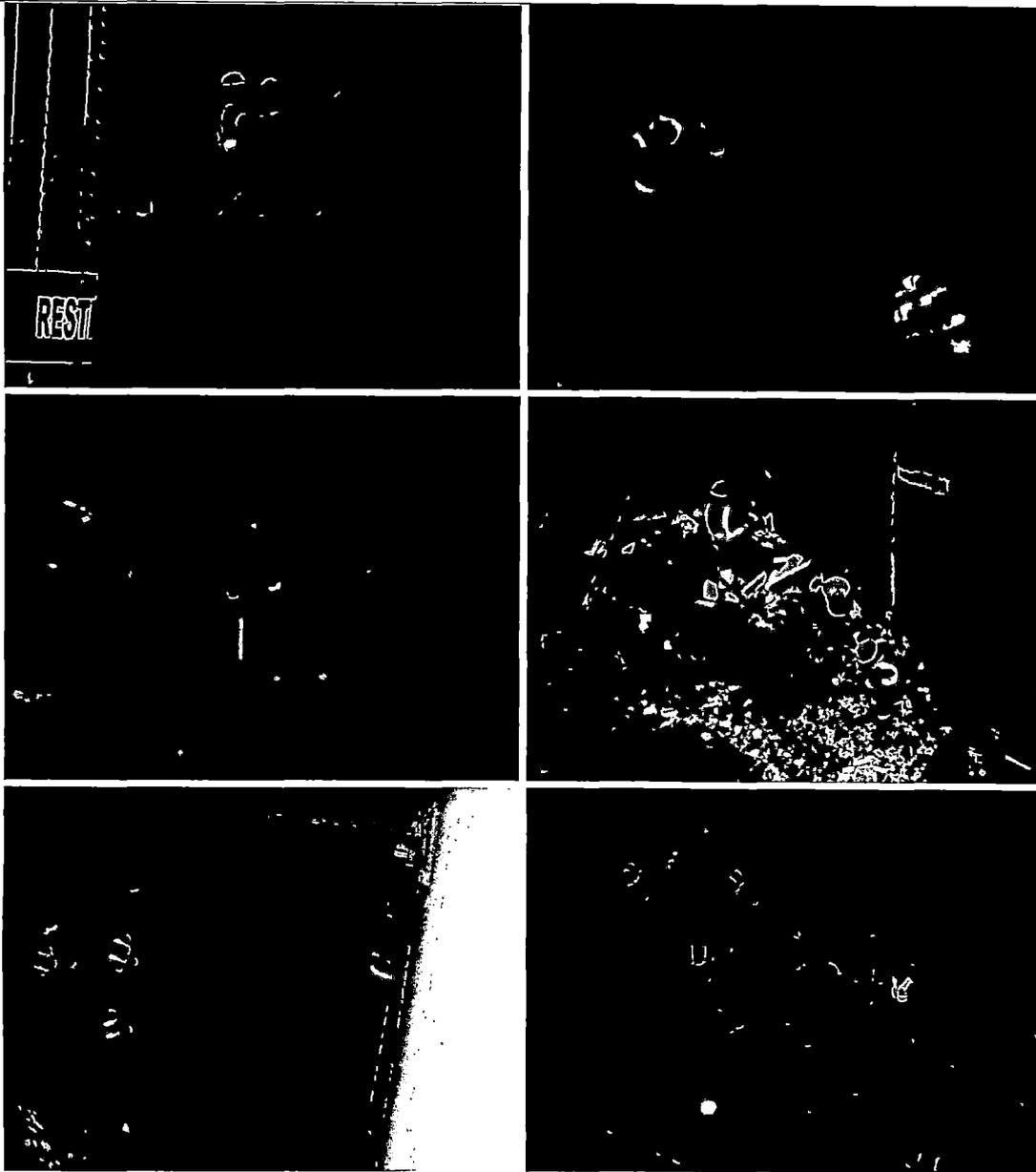


Descripción De La Medición

Algunos personales de la cuadrilla de encofrado está desarmando un modulo en planta y el resto está en campo haciendo trabajos (se añadieron 2 personales más), la cuadrilla de acero continúa colocando la malla en el muro 5C y los otros terminando la malla en la placa 4, la cuadrilla de excavación están perfilando un pedazo del talud en el muro 5C que les faltaba, los personales de topografía están haciendo algunas mediciones.

Problema Detectado

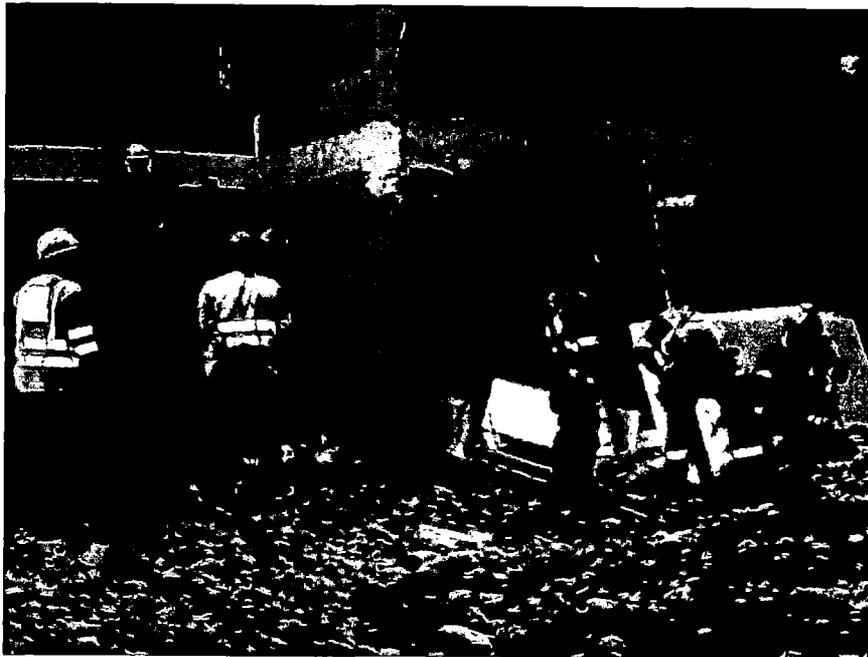
- Mala distribución de las cuadrillas en la cuadrilla de encofrado.
- Retrabajos por la no conclusión de un trabajo que ya tenia que estar echo.

Hoja de campo #5**Descripción De La Medición**

La cuadrilla de excavación ayudó a la cuadrilla de acero a transportar los núcleos que la grúa dejó frente a 1B y que pertenecen al muro pantalla 5C y como el personal de excavación estaba ayudando al personal de acero, el personal de encofrado tuvo que ayudar al personal de excavación para nivelar la placa 4, los personales de encofrado que quedaron estaban terminando de encofrar el muro 4A por los costados y haciendo alguna otra cosa contributiva para el proceso de encofrado, la cuadrilla de topografía estaba realizando algunas mediciones.

Problema Detectado

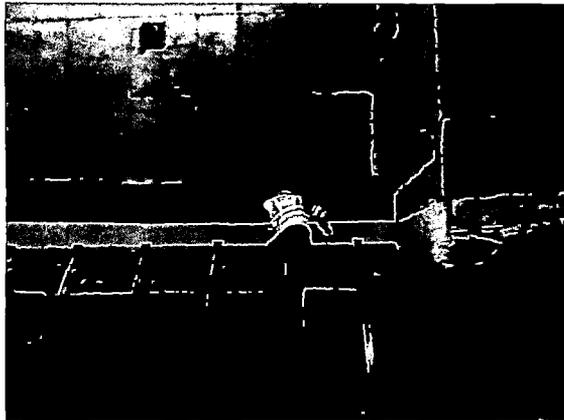
- Reacción en cadena porque la grúa no se abastece.

Hoja de campo #6**Descripción De La Medición**

La cuadrilla de acero está terminando de armar la malla en el muro 5C y la cuadrilla de encofrado está esperando mientras los bloques son bajados con ayuda de la grúa y un personal de seguridad en la placa 4.

Problema Detectado

- Esperas de la cuadrilla de encofrado por el uso de la grúa.

Hoja de campo #7**Descripción De La Medición**

La cuadrilla de encofrado se retiro a comer luego de acabar de encofrar la placa 4, 2 personales de la cuadrilla de excavación siguen eliminando rebabas y la cuadrilla de concreto sigue haciendo otras actividades

Problema Detectado

- Retrabajos en la cuadrilla de excavación.
- Tiempo muerto de la cuadrilla de concreto.

- Demora de la grúa.
- Esperas por el mixer.