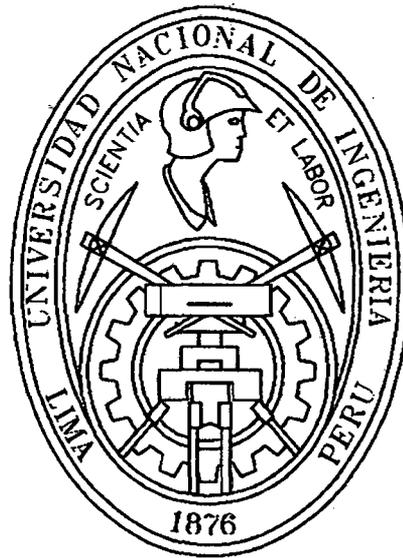


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



**MEJORA DE PROCESOS CONSTRUCTIVOS Y GESTION
DE DESPERDICIOS EN LA CONSTRUCCION DE
EDIFICACIONES**

TESIS

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO: CIVIL

GUILLERMO MAXIMO ARELLANO CASTILLO

Lima, Perú

2010

Digitalizado por:

Consortio Digital del
Conocimiento MebLatam,
Hemisferio y Dalse

A mi padre, por el impulso y la energía que infatigablemente me ha dado siempre; a mi madre, quien me enseñó el valor de la nobleza y la humildad; a mis hermanos Ivette, Elizabeth, Raúl y Edith quienes me llenan de alegría infinita por lo que son; y a Anita, por ser la luz que ilumina mi caminar y mis sueños más hermosos.

INDICE	
RESUMEN	6
LISTA DE TABLAS	8
LISTA DE FIGURAS	9
INTRODUCCION	12
CAPITULO I: CONCEPTOS GENERALES	14
1.1 SOBRE EL CONOCIMIENTO.	16
1.2 GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO	18
1.3 HERRAMIENTAS QUE GESTIONAN EL CONOCIMIENTO	21
1.3.1 Lean Construction	21
1.3.2 Kaisen	24
1.3.3 Herramientas Estadísticas de Control	26
1.3.4 Las Técnicas de la OEE	33
1.4 CAPITAL INTELECTUAL	35
1.5 OTRAS HERRAMIENTAS	42
CAPITULO II: PROCESOS Y DESPERDICIOS EN LA CONSTRUCCIÓN	43
2.1 GESTIÓN DE DESPERDICIOS	43
2.1.1 Incidencia de los Desperdicios	45
2.1.2 Tipos de Desperdicios	47
2.1.3 Principales Perdidas en las Edificaciones	49
A. La Relación del Costo Beneficio en Desperdicios	51
B. Relación Entre Desperdicio y Calidad	53
C. Relación Entre Desperdicios Generados y Productividad en Obra	56
D. Relación Entre Calidad y Desperdicios en Obra	57
2.1.4 Experiencias de Identificación de Pérdidas	57
2.2 PROCESOS CONSTRUCTIVOS	59
2.2.1 Alternativas Planteadas más Comunes	67
2.2.2 Mejora de Procesos Constructivos	76
2.2.3 Estudios Realizados	78
2.2.4 Diagnósticos Investigados en el País	79
2.2.5 Diagnósticos Realizados en el Exterior	86
	90

CAPITULO III: PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	
3.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN	100
3.1.1 Objetivos Generales	103
3.1.2 Objetivos Específicos	103
3.2 MÉTODO PROPUESTO	103
3.2.1 Descripción del Problema	105
3.2.2 Diagrama de Medición Propuesto	107
3.2.3 Fases de Medición Propuestas	108
A. Proceso de Identificación	108
B. Proceso de Medición	109
C. Proceso de Evaluación	110
D. Proceso de Intervención	111
E. Proceso de Consolidación	111
CAPITULO IV: RESULTADOS Y PROPUESTAS DE LA INVESTIGACIÓN	113
4.1 RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN – ENFOQUE	113
4.2 RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN – DATOS	113
4.2.1 Identificación	113
4.2.2 Medición	121
4.2.3 Evaluación	128
4.2.4 Intervención	135
4.2.5 Consolidación	140
4.3 RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN – ESPECTATIVAS	140
4.3.1 Experiencia en el Proyecto Inmobiliario Balta 1070	144
4.3.2 Experiencia en el Proyecto Inmobiliario Golf Millenium	146
4.4 PROPUESTAS Y HERRAMIENTAS GENERADAS	149
4.4.1 Carta Balance Compuesta	149
4.4.2 Sistema de Control de Gestión de Desperdicios	153
4.4.3 Formato de Experiencias e Innovaciones	157
CONCLUSIONES	160
RECOMENDACIONES	162
BIBLIOGRAFÍA	163
ANEXOS	165

RESUMEN

Un estudio realizado en dos proyectos de edificación sobre Mejora de Procesos Constructivos y Gestión de Desperdicios me llevaron a redactar esta tesis que se baso en una necesidad no investigada hasta entonces en el país. Esta investigación (que técnicamente nunca termino debido a las complejas y extensas raíces que se fueron formando en el transcurso) resume algunas observaciones realizadas en el plazo, obteniendo resultados que debido al cuantioso costo que implica la construcción de edificios marca una interesante propuesta de mejora en la pre-industria de la construcción.

Para tal investigación nos basamos en estudios y aplicaciones realizadas en los años 50, filosofías redactadas en los 90's que existieron justo antes del fin de la segunda guerra mundial y que simplifican la visión del complejo sistema constructivo mediante el ordenamiento de los status del conocimiento. Adaptándonos a estos conceptos, entendimos que la filosofía del Lean Construction y del Kaizen son las mas adecuadas para nuestro estudio, razón por la que haremos énfasis en todo el documento.

Para esto planteamos un sistema de adaptación del conocimiento al sistema constructivo en el país, donde decidimos comenzar y terminar con los pasos básicos para un estudio Lean: Identificar, Medir, Evaluar, Intervenir y finalmente Controlar.

Así pudimos identificar a las partidas más incidentes, la adecuada manera de comparar partidas, la estrategia de medir según la partida de estudio, la evaluación desde el punto de vista Lean, las herramientas y enfoques de la intervención a realizar y la técnica y trabajo que implica el controlar todo lo estudiado para así volver al paso inicial de identificación del problema.

Además de insertarnos en estas teorías de la productividad inicialmente generadas en la industria, tuvimos que analizar la importancia de relacionar al trabajador en todo este estudio. Analizamos sus rendimientos e intervenimos cuando afirmamos la relación entre productividad y la satisfacción del obrero implicado, dato que es poco usual, sin embargo nuestra experiencia nos ayudo a

crear nuevamente que si es posible hacer las cosas bien sin perjudicar al hombre, siempre y cuando los involucrados cooperen y crean en estos beneficios.

Al igual, los desperdicios fueron resultados de malas prácticas, materiales perdidos que reflejan una clara necesidad de un problema que se puede mejorar, una oportunidad que en el camino fue influyente para evitar los cuellos de botella y la eliminación masiva de materiales perdidos. Una interesante experiencia del que esperamos sea de su utilidad al terminar de leer este documento.

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Costo de las Categorías Proyectadas en la obra (fuente Oficina Técnica GyM)	117
Tabla 2. Medición Típica de Control de Desperdicios (fuente propia)	123
Tabla 3. Definición de las Subactividades (fuente propia)	126
Tabla 4. medición Diaria de Desperdicio de Obra (fuente propia)	130
Tabla 5. Porcentaje de Material llevado a Campo vs Material Perdido (fuente propia)	136
Tabla 6. Horas ganadas luego de la Intervención (fuente propia)	145
Tabla 7. Desperdicio recuperado del total utilizado (fuente propia)	145
Tabla 8. Desperdicio Recuperado del total Utilizado (fuente propia)	146
Tabla 9. Sectorización según el área de trabajo (fuente propia)	150
Tabla 10. Avance de tarrajeo de Cielo Raso por Operario (fuente propia)	150

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1.1. Innovación Sola segun Kaizen (Masaaki Imai, 1998)	27
Fig. 1.2. Innovación con Kaizen (Masaaki Imai, 1998)	27
Fig. 1.3. Diagrama de Ishikawa (fuente propia)	30
Fig. 1.4. Formato alternativo de Nivel de Actividad (Hitoshi Kume, 2002)	33
Fig. 1.5. Diagrama de Pareto (fuente propia)	34
Fig. 1.6. Formato de OEE, Efectividad total del Equipo (fuente propia)	36
Fig. 1.7. Diagrama del Capital intelectual (Leif Edvinsson-Malone, 2001)	37
Fig. 1.8. Valor del Capital Intelectual (Leif edvinson-Malone, 2001)	39
Fig. 1.9. Ejemplo de una Escala de Likert (fuente propia)	44
Fig. 2.1. Desperdicios medios encontrados en Obra (Flavio Picchi, 1993)	50
Fig. 2.2. Flujo de Rentabilidad del Desperdicio (Balta 1070,2008)	50
Fig. 2.3. Consumo de Materiales vs Avance en Obra	54
Fig. 2.4. Zonas en los Costos Totales de la No Calidad (Ruben Gomez Sanchez, 2008)	57
Fig. 2.5. Procesos y Productividad (Alfredo Serpell, 2002)	62
Fig. 2.6. Tipos de Productividad (Alfredo Serpell, 2002)	63
Fig. 2.7. Ejemplo de Distribución del Trabajo (fuente propia)	64
Fig. 2.8. Principales categorías de pérdidas de productividad (Alfredo Serpell, 2002)	68
Fig. 2.9. Principales causas de pérdida de productividad (Alfredo Serpell, 2002)	70
Fig. 2.10. Ciclo de mejoramiento de la productividad (Alfredo Serpell, 2002)	73
Fig. 2.11. Esquema para la medición de la productividad (Alfredo Serpell, 2002)	74
Fig. 2.12. Mejoramiento de la productividad (Alfredo Serpell, 2002)	75
Fig. 2.13. Resultados Generales de mediciones de ocupación del tiempo de 50 obras en Lima (Virgilio Ghio, 2003)	81
Fig. 2.14. Distribución General de Trabajo (fuente propia)	88
Fig. 2.15. Distribución del tiempo no Contributorio (fuente propia)	89
Fig. 2.16. Distribución del tiempo Contributorio (fuente propia)	89

Fig. 2.17. Distribución General de Categorías de Trabajo (Universidad EAFIT, 2003)	90
Fig. 2.18. Distribución del Tiempo no Contributorio (Universidad EAFIT, 2003)	91
Fig. 2.19. Distribución del Tiempo Contributorio (Universidad EAFIT, 2003)	91
Fig. 3.1. Planta típica de Balta 1070 (fuente propia)	92
Fig. 3.2. Vista de corte de Balta 1070 (fuente propia)	93
Fig. 3.3. Proyecto Balta 1070, agosto del 2008 (fuente propia)	94
Fig. 3.4. Planta general del Proyecto Golf Millenium (fuente propia)	95
Fig. 3.5. Torres del Golf Millenium, setiembre del 2008 (fuente propia)	96
Fig. 3.6. Planta típica general del proyecto Golf Millenium (fuente propia)	97
Fig. 3.7. Planta típica Torre 1 del proyecto Golf Millenium (fuente propia)	98
Fig. 3.8. Planta típica Torre 2 del proyecto Golf Millenium (fuente propia)	99
Fig. 3.9. Planta típica Torre 3 del proyecto Golf Millenium (fuente propia)	100
Fig. 3.10. Planta típica Torre 4 del proyecto Golf Millenium (fuente propia)	101
Fig. 3.11. Desperdicio en mano de obra (Balta 1070, febrero 2008), (fuente propia)	102
Fig 3.12. Desperdicio en equipos (Balta 1070, marzo 2008) (fuente propia)	103
Fig 3.13. Desperdicio en materiales (Balta 1070, setiembre 2008) (fuente propia)	104
Fig 3.14. Diagrama de análisis del estudio (fuente propia)	106
Fig 3.15. Mejora de procesos Lean Construction (fuente: Jaime Cornejo, 2008)	109
Fig. 4.1: Diagrama de Pareto de los costos de Materiales (fuente: propia)	116
Fig. 4.2. Cartilla elaborada para la obtención de observaciones (fuente: propia)	120
Fig. 4.3. Diagrama de Ishikawa elaborado para la cuadrilla de cielo raso (fuente propia)	121
Fig. 4.4. Desperdicios medidos en obra (fuente propia)	122
Fig. 4.5. Desperdicios acumulados medidos en obra (fuente propia)	122
Fig. 4.6. Nivel de Actividad del trabajo no contributorio (fuente propia)	124
Fig. 4.7. Cuadro de medición Nivel de Actividad (fuente propia)	128
Fig. 4.8. Nivel de Actividad al inicio - 08/08 (fuente propia)	129
Fig. 4.9. Diagrama de Pareto del trabajo contributorio de la cuadrilla (fuente propia)	131

Fig. 4.10. Variación de la Productividad Media por Duración de Jornada (fuente Bassam T. K. Talhouni, BSc (Hon), MSc)	134
Fig. 4.11. Grado de dificultad por Sub actividad - Escala de Likert (fuente propia)	135
Fig. 4.12. Grado de dificultad por jornada (fuente propia)	135
Fig. 4.13. Material recuperado en las bolsas (fuente propia)	137
Fig. 4.14. Grado de Dificultad por Duración de jornada - Inicio (fuente propia)	138
Fig. 4.15. Cambio realizado en el proceso (fuente propia)	139
Fig. 4.16. Grado de Dificultad por duración de jornada al cambio (fuente propia)	140
Fig. 4.17. Desperdicio generado antes de la intervención (fuente propia)	141
Fig. 4.18. Reutilización para la fabricación de cajas de tuberías (fuente propia)	142
Fig. 4.19. Desperdicios en proceso de recuperación (fuente propia)	142
Fig. 4.20. Niveles de Actividad, Al Inicio, en el Transcurso y al Final (fuente: propia)	144
Fig. 4.21. PPC de Octubre del 2007 a Diciembre del 2008, Balta 1070 (fuente oficina técnica)	147
Fig. 4.22. Expectativas del Proyecto a los dos meses de iniciada la obra (fuente propia)	147
Fig. 4.23. Expectativas del Proyecto al final de la obra (fuente propia)	148
Fig. 4.24: Diseño de Sectorización para el tarrajeo del cielo raso, Torre 1	149
Fig. 4.25. Plantilla propuesta como Carta Balance Compuesta (fuente propia)	152
Fig. 4.26. Hoja N1 de Resultados de la CBC (fuente Propia)	154
Fig. 4.27. Hoja de Resultados de la CBC (fuente Propia)	155
Fig. 4.28. Cuadro de Control de Materiales (fuente propia)	157
Fig. 4.29. m2 Avance / Bls. Consumidas (fuente propia)	158
Fig. 4.30. Porcentaje de Desperdicio Semanal (fuente propia)	159
Fig. 4.31. Formato de Identificación de Nuevas Tecnologías, caso 1 (fuente propia)	160
Fig. 4.32. Formato de Identificación de Nuevas Tecnologías, caso 2 (fuente propia)	161

INTRODUCCIÓN

La decisión de investigar los procesos constructivos nace de una necesidad poco analizada por los profesionales relacionados a la construcción. Inclusive, las investigaciones en el Perú son realmente escasas, salvo un par de documentos que datan estudios y se muestran vacías ante la necesidad de propuestas en el tema.

La mejora de procesos es la necesidad de plantear alternativas que nos aseguren los flujos continuos en las actividades que se presenten en la construcción, junto con la producción en condiciones de entrega de un producto con la calidad requerida por el cliente. Siendo este el punto de partida, la mejora de procesos en esta investigación se presenta como una de las prioridades del que detallaremos en el transcurso.

De la misma manera, los desperdicios generados en obra son parte de las malas prácticas, razón por la que investigaciones fuera del país detallan las grandes pérdidas económicas generadas por ella. De igual forma, los desperdicios generados en el mundo de la construcción afectan a los procesos y a otros espacios indirectos (como a los vecinos, al medio ambiente, etc.) del que son afectados y raras veces tomados en cuenta en el análisis de los procesos.

La gestión de desperdicios es un sistema del que en esta investigación buscamos establecer como parte del objetivo de las empresas constructoras, demostrando las posibilidades de beneficiarse económicamente con las buenas prácticas a pesar que muchas veces se asuma lo contrario.

Con el fin de cumplir con los objetivos planteados en la investigación y desvanecer las dudas mostradas en la hipótesis desarrollamos este documento que consta de cuatro capítulos de las cuales, el primer capítulo describe detalladamente la base teórica de la investigación, basados en los conceptos de la filosofía japonesa del lean Construcción (Construcción sin pérdidas) y del Kaizen, además de las herramientas estadísticas que utilizamos para medir adecuadamente las ocurrencias en campo.

En el segundo capítulo aclaramos los conceptos de Procesos en la construcción y Desperdicios, haciendo referencia de las investigaciones realizadas en otros países y describiendo relaciones entre la calidad, los desperdicios, los costos y productividad. Además, complementamos el capítulo con los antecedentes mostrados por otros autores en el país y en el extranjero con los temas de investigación planteadas.

En el tercer capítulo describimos el planteamiento de la investigación, basándonos en la Filosofía del Lean Construction, complementada con el enfoque dado por el autor según las características determinadas en el transcurso. De esta manera además describimos el diagrama de medición propuesto para la investigación y los procesos a seguir para llegar a nuestros objetivos.

Finalmente en el cuarto capítulo mostramos los resultados obtenidos en el transcurso de la investigación, los pasos seguidos para lograrlo y las propuestas y herramientas generadas en el tiempo de trabajo, aporte del que esperamos llegue al lector con el objetivo de compartir este conocimiento que nos significó mucho esfuerzo pero más satisfacciones al final.

CAPITULO I: CONCEPTOS GENERALES

Cuando un automóvil sale de una de sus plantas, Toyota tiene la certeza de que ha fabricado un producto de altísima calidad, con menos defectos que los automóviles de cualquier otra marca, en menos tiempo y con menos trabajadores, y con la mitad del espacio que necesita la competencia. Dicha certeza deriva de las virtudes propias del Estilo Toyota. Se trata de más que un conjunto de técnicas e instrumentos de fabricación: es toda una filosofía de vida que determina todos los procesos llevados a cabo no sólo en las plantas de Toyota, sino también en las oficinas gerenciales.

Esta filosofía es la que ha convertido a Toyota en una de las empresas japonesas más rentables y con más éxito de la historia. Es una sumatoria de principios e ideas, que ha dado forma a una cultura y a un estilo de trabajo que la ha llevado a transformarse en el principal productor de vehículos a nivel mundial, y la sexta empresa más grande del mundo.

En la historia de la corporación moderna, la marcha de Toyota hacia la cumbre desde sus comienzos como un fabricante de maquinaria textil en la ciudad industrial de Koromo hasta lo que es hoy, una de las empresas más valoradas y respetadas a nivel mundial; es uno de los ejemplos más notables que existe de cómo, en base a valores profundos y una filosofía de vida, se debe gestionar una organización en el largo plazo.

Los japoneses presentan características individuales, propias de su *tradición*, que condicionan el desarrollo organizacional de cualquier empresa: la necesidad de crear confianza a nivel personal, la seriedad y honradez en los tratos, la exigencia respecto a la calidad, la importancia el trabajo en equipo y deseo de superación personal, la convicción de que las decisiones deben tomarse en consenso, nunca a nivel individual, la austeridad, el cumplimiento estricto de las responsabilidades individuales, y el profundo respeto por el orden, la disciplina y la jerarquía. Una cultura con estos valores asociados y pautas que guían el comportamiento definen la identidad de la institución y determinan su modo de ser, su forma de pensar y su manera de actuar que influye definitivamente en la operación y los resultados de la empresa.

Esta cultura contiene un conjunto de elementos materiales e inmateriales que caracterizan a la institución y la distinguen de otros grupos humanos. Entre estos elementos se encuentran la misión y los valores, la filosofía y los conceptos, las actitudes y los comportamientos que han sido socialmente asimilados, compartidos y transmitidos por los miembros que integran la organización.

El Estilo Toyota de administración se ha transformado en una filosofía de vida para todos los que allí trabajan; no son solo pautas de comportamiento, sino que también fundamentos para el desarrollo del ser íntegro. Son dos conceptos que rigen el Estilo Toyota, los cuales han estado presentes no solo en la empresa automotriz más grande del mundo, sino también en el desarrollo empresarial japones: El Kanban y El Kaizen.

El Kanban japonés es una etiqueta de instrucción. Su principal función es ser una orden de trabajo, es decir, un dispositivo de dirección automático que nos da información acerca de qué se va a producir, en qué cantidad, mediante qué medios y cómo transportarlo.

Kanban cuenta con dos funciones principales: control de la producción y mejora de procesos. Por control de la producción se entiende la integración de los diferentes procesos y el desarrollo de un sistema JIT. La función de mejora continua de los procesos se entiende por la facilitación de mejora en las diferentes actividades, así como la eliminación del desperdicio, reducción de set-up, organización del área de trabajo, mantenimiento preventivo y productivo, entre otros. El Kaizen proviene de la unión de dos vocablos japoneses: KAI que significa cambio y ZEN que quiere decir bondad. Kaizen significa mejoramiento progresivo, continuo, que involucra a todos en la organización. La filosofía Kaizen tiene un trasfondo humanista, supone que la forma de vida –sea vida en el trabajo, vida social o vida familiar– merece ser mejorada de manera constante.

Para Toyota el mejoramiento continuo está compuesto por tres elementos:

- **Desafío:** Toyota ha formulado una visión en el largo plazo, enfrentando los desafíos con el valor y la creatividad necesaria para realizar sus sueños.

- **Kaizen:** “Mejoramiento continuo”. Toyota mejora continuamente sus operaciones de negocios, siempre buscando innovación y evolución.
- **Genchi Genbutsu:** “Vaya y véalo usted mismo” Los trabajadores de Toyota van a la fuente de los problemas para encontrar los hechos que los han provocado, el objetivo es poder tomar las decisiones correctas producto del consenso y así poder cumplir las metas propuestas.

El respeto por las personas está compuesto por dos elementos:

- **Respeto:** En Toyota se respeta a las personas, se realizan todos los esfuerzos para que todos se comprendan, asumiendo la responsabilidad por todas las acciones acometidas, y hacen lo mejor posible para construir confianza mutua.
- **Trabajo en equipo:** Se estimula el crecimiento personal y profesional de los trabajadores; se comparten las oportunidades para el desarrollo y se busca maximizar el rendimiento individual y de los equipos que en su interior se conforman.

Antes de terminar con esta entrada y comenzar con los conceptos básicos de la investigación hay algo que *Fujio Cho* menciona y que sin duda marca como mira natural del ingeniero civil que este abierto a entender esta filosofía: “nos hemos adherido a un principio central: contribuir a la sociedad a través de la realización de productos y servicios de alta calidad. Este principio, fundado en valores, creencias y sistemas de gestión, ha sido el eje de nuestras actividades y prácticas de negocio a través de los años y fuente de nuestra ventaja competitiva. Son valores y sistemas de administración conocidos por todos como el Estilo Toyota”.

1.1 SOBRE EL CONOCIMIENTO

Kogut y Zander mencionan que 'Una empresa debe ser entendida como una comunidad especializada en la creación y transferencia de conocimiento en forma rápida y eficiente'. Estas importantes características observadas dan fe de la importancia que implica a las organizaciones el de crear y compartir los conocimientos adquiridos como experiencia y disolver la característica común de manejarla de manera tacita (conocimiento tácito) a un conocimiento implícito.

Más aun, con las características actuales de la sociedad del conocimiento, donde las innovaciones tecnológicas y las crisis estructurales 'complican' nuestras labores, adaptarnos a estos cambios son los que nos mantendrán en la vanguardia del conocimiento y de la competencia.

A partir de lo mencionado se aclara lo vital que es el conocimiento en la industria de la construcción, fundamento principal de esta investigación que busca simplificar los métodos ya existentes y conocer de manera verídica las razones de los bajos rendimientos y de aquellos desperdicios que son fruto de las malas prácticas en la ingeniería.

Para Davenport y Prusak (1999) el conocimiento es una mezcla de experiencia, valores, información y "saber hacer" que sirve como marco para la incorporación de nuevas experiencias e información, y es útil para la acción. Se origina y aplica en la mente de los conocedores. En las organizaciones con frecuencia no sólo se encuentra dentro de documentos o almacenes de datos, sino que también está en rutinas organizativas, procesos, prácticas, y normas.

Lo que inmediatamente deja claro la definición es que ese conocimiento no es simple. Es una mezcla de varios elementos; es un flujo al mismo tiempo que tiene una estructura formalizada; es intuitivo y difícil de captar en palabras o de entender plenamente de forma lógica. El conocimiento existe dentro de las personas, como parte de la complejidad y capacidad de ser tan impredecibles.

Aunque se suele pensar en activos definibles y concretos, los activos de conocimiento son mucho más difíciles de manejar. El conocimiento puede ser visto como un proceso (flujo) o como un stock.

El conocimiento se deriva de la información, así como la información se deriva de los datos. Para que la información se convierta en conocimiento, las personas deben hacer prácticamente todo el trabajo. Esta transformación se produce gracias a:

- Comparación.
- Consecuencias.
- Conexiones.

- Conversación.

Estas actividades de creación de conocimiento tienen lugar dentro y entre personas. Al igual que se encuentran datos en registros, e información en mensajes, se puede obtener conocimiento de individuos, grupos de conocimiento, o incluso en rutinas organizativas.

1.2 GESTION DEL CONOCIMIENTO

La gestión del conocimiento es una herramienta bastante utilizada en la industria automovilística y ordenada bajo ciertos parámetros como conocimiento en el Japón.

Según la información obtenida de la web *gestiondelconocimiento.com*, la gestión del conocimiento es “el conjunto de procesos y sistemas que permiten que el Capital Intelectual de una organización aumente de forma significativa, mediante la gestión de sus capacidades de resolución de problemas de forma eficiente (en el menor espacio de tiempo posible), con el objetivo final de generar ventajas competitivas sostenibles en el tiempo”. Sin gestionar todo los activos intangibles en una organización que generan valor lo seguro es que no se tendrán experiencias archivadas que luego de repetir los procesos se planteen mejoras para mejorar la producción. Tan importante es convertir al conocimiento tácito actualmente pero que sin embargo la industria de la construcción aun viene descubriendo sus ventajas en el país.

Otra manera de definir la gestión del conocimiento, según Juan Amor Ferrando tomada de su exposición denominada “La Gestión del Conocimiento” sería como “El conjunto de metodologías, sistemas y herramientas informáticas que ayudan a las empresas, en relación con los conocimientos que son clave para su actividad, a:

- Gestionar su Capital Intelectual
- Gestionar sus necesidades actuales y futuras y prevenir y evitar los riesgos de descapitalización
- Gestionar carencias estructurales y coyunturales

- Acumular su base de conocimientos en cada evento de trabajo creativo individual o grupal
- Proponer la comunicación e intercambio de ideas y experiencia entre empleados
- Rentabilizar su base de conocimientos”

Luego de estas definiciones subrayadas podemos entender claramente lo importante que es establecer un sistema de gestión del conocimiento en nuestra empresa, sistema que actualmente es vital en cualquier tipo de institución, quizás más aun en la industria de la construcción, ya que es el sector que poco a poco va tomando importancia al conocimiento adquirido en campo y definiendo su control usualmente en la oficina técnica. Para esto se van definiendo de mejor manera las áreas de control, como el control en campo, control de procesos, control en la mano de obra, control general del proyecto, control semanal, reporte mensual, etc., razones claras para confirmar lo mencionado anteriormente.

Ante lo mencionado es natural que se establezcan herramientas para la gestión del conocimiento bajo diferentes perspectivas en los diferentes rubros, además de otros tantos adaptadas y diferenciándose según el área de aplicación. A continuación mostraremos algunas herramientas.

Revoluciones Tecnológicas y Crisis Estructurales

Shumpeter sostenía que cuando una innovación era capaz de transformar todo sistema productivo se podría hablar de revolución tecnológica.

Al igual, el economista austriaco distingue entre invención, innovación y difusión. La invención se refiere al descubrimiento realizado en el terreno científico-técnico. Este puede permanecer durante un largo tiempo o para siempre en esta esfera sin trascender a la esfera económica. La innovación se produce cuando una invención es introducida a la esfera económica. Esta puede dar resultados en la esfera comercial o fracasar. Lo interesante de esto es que una innovación tecnológica puede encontrar resistencia en la sociedad para difundirse, directamente dependiente de los medios y repercusiones sociales que genere

(como por ejemplo la repercusión social que ocasiono la creación de la imprenta, donde al inicio de la sociedad industrial muchas personas perdieron su trabajo). En este ejemplo se entiende claramente que se generaron muchas resistencias en la sociedad para difundirse, debido a la clara oposición de la sociedad a su utilización.

Las revoluciones tecnológicas se producen entonces cuando un producto o proceso radicalmente nuevo produce una ruptura y es capaz de iniciar un proceso tecnológico nuevo.

En la práctica fueron estas revoluciones tecnológicas quienes generaron tales auges en la economía mundial tanto como los periodos en crisis, como lo explica la investigadora venezolana Kondratieff.

Esta recopilación nos demuestra que en el tiempo es el conocimiento quien va tomando importancia para el desarrollo en las diferentes presentaciones intangibles que se presentan. Naturalmente en la sociedad del conocimiento y debido a la saturación en el mercado es que son los valores intangibles quienes toman fuerza y quienes marcan diferencia entre toda aquella cadena de industrias que existan. Ante la crisis el que mejor gestiona sus activos intangibles será quien sobreviva ante los cambios que se generen en la sociedad.

También, Alvin Toffler menciona sobre las revoluciones tecnológicas y crisis estructurales en su libro *La Tercera Ola*, donde detalla que en cada crisis estructural hay de por medio grandes revoluciones tecnológicas que cambian importantes parámetros de la vida cotidiana. Para esto explicaremos un sencillo ejemplo: A inicios de los noventa el internet fue incrustándose en nuestras vidas como una herramienta de búsqueda de información con ciertas limitaciones técnicas de las que en el tiempo fueron simplificándose y haciéndose mas amigables. Esta misma revolución tecnológica (que en principio fue creada como herramienta de comunicación en plena segunda guerra mundial) actualmente está desarrollada de diversas formas virtuales, con inmensas cantidades de información del tipo que escojamos, donde nos apertura una oportunidad para compartir con la persona más lejana de la tierra en un solo clic, condición que es casi como un viaje sobre el tiempo y que viola cualquier ley de la física que nos

impide viajar a tal velocidad. De esta manera es que a partir de este medio es que se han generado millones de nuevos empleos, se han perdido otros tantos millones más pero lo que sí ha abierto es una interesante alternativa para competir entre la inmensa masa de seres virtuales, tanto como compartir conocimiento.

Dejando claro las características de este conocimiento es obvio que la “industria” de la construcción es un inmenso mercado que debe aprovechar aquella puerta cognoscitiva y herramienta adecuadamente como una estructura que aporta el duro flujo de conocimiento de esta bella profesión.

1.3 HERRAMIENTAS QUE GESTIONAN EL CONOCIMIENTO

El mercado de la construcción en el transcurso del tiempo ha adaptado y adoptado sistemas de gestión que en realidad provienen de sistemas industriales y/o manufactureros. Inclusive entre las más reconocidas existe el sistema del Lean Construction, que proviene del sistema formado en la Toyota bajo su modelo de optimización de procesos que tiene como objetivo generar “cero” pérdidas en los procesos. De igual manera el Kaizen y otra cadena de filosofías, bases teóricas, aplicaciones fueron adaptándose en la “industria de la construcción” (termino adaptado que implican procesos semejantes a los industriales y que técnicamente aun son lejanas en la construcción por su inmensa variabilidad que tiene).

Si bien es cierto existen muchísimas herramientas que gestionan el conocimiento, en este resumen mostraremos las características de algunas herramientas que tienen el común denominador de ser adaptadas en la industria de la construcción.

1.3.1 Lean Construction

Lean Construction no es más que una filosofía de producción manufacturera desarrollada por la Toyota en la década del 50 entre los japoneses y que tiene como objetivo mejorar continuamente el desempeño productivo, tanto como la producción en lotes pequeños y el control de la calidad (Edward Deming y

Juran). Esta filosofía ha servido de base para la elaboración de diferentes teorías actualmente utilizadas en muchas industrias, como de las cadenas críticas, teoría de las restricciones y mejoramiento continuo que detalla en la bibliografía de Eliyahu Goldratt, en su libro "La Meta" y que ha marcado una importancia en la teoría de los negocios y la administración de empresas.

Esta filosofía se basa en el siguiente concepto:

$$\text{Precio} - \text{Costo} = \text{Beneficio}$$

Donde el precio, variable establecida usualmente por el mercado, menos el costo es lo que finalmente termina siendo nuestro beneficio. Para esto el precio resulta un valor que depende de factores externos, lo que le hace difícil de controlar en nuestra producción. Sin embargo el Costo si depende de nuestra gestión de la producción: A menor costo de producción naturalmente mayor beneficio.

Es por esta razón que tomamos en nuestra base teórica al Lean Construction, ya que nuestra búsqueda por mejorar los procesos no es más que la búsqueda por reducir nuestros costos de producción con el fin de obtener mayores beneficios.

Las características tomadas de esta filosofía en la industria de la construcción son las siguientes:

- La Productividad, que consiste en una división que te ayuda a controlar, según un número estándar, el avance de un proceso. En el caso directo de la construcción es denominada como Ratios que es la comparación entre horas hombre versus el metrado avanzado. Con este valor se puede hacer un seguimiento continuo de la productividad en obra, haciendo así un sistema de control en función del tiempo y del avance en obra.
- La Calidad que es una relación entre los defectos encontrados según el nivel de avance. De esta manera se pueden obtener ratios de control y de seguimiento semanal, mensual o según sea establecido por el grupo de control.

De igual manera, las características del Lean Construction son las siguientes:

- a. Trabajo en equipo
- b. Comunicación permanente
- c. Eficiente uso de recursos
- d. Mejoramiento continuo (Kaizen)
- e. Constructabilidad
- f. Mejoramiento de la productividad apoyándose en la ingeniería de métodos como las cartas balance
- g. Reducción de los trabajos no contributivos (tiempos muertos), aumento del trabajo productivo y un manejo racional de los trabajos contributivos
- h. Utilización del diagrama de causa-efecto de Ishikawa (espina de pescado).
- i. Reducción de los costos de equipos, materiales y servicios.
- j. Reducción de los costos de construcción
- k. Reducción de la duración de la obra
- l. Las actividades base son críticas y toda holgura es pérdida de costo y tiempo.

Además de estas, Lean Construction es un umbral de conocimiento abierto a nuevas propuestas que se enfoquen en cada característica especificada anteriormente, al igual que interactuar entre varias alternativas.

Existen, por ejemplo, la filosofía del justo a Tiempo (JAT), Reingeniería, Calidad Total (CT), Mejoramiento Continuo, Competición basada en el tiempo, Producción sin Pérdidas, Ingeniería concurrente, el muy mencionado Benchmarking e inclusive la Manufactura de clase mundial.

Para enfocarnos de manera específica en ciertos alcances de la investigación tomaremos como esquema inicial las características del Lean Construction.

Para finalizar la introducción de esta filosofía le mostramos los 11 principios del Lean Construction (Koskela I., 1992) de las que se rigen las demás raíces. Estas son las siguientes:

1. Reducir la parte de las actividades que no agregan valor. (También llamada pérdidas).
2. Incrementar el valor del producto a través de la consideración de las necesidades del cliente.
3. Reducir la variabilidad.
4. Reducir el tiempo de los ciclos.
5. Simplificar mediante la reducción del número de pasos, partes y relaciones.
6. Incrementar la flexibilidad de las salidas (producto terminado).
7. Incrementar la transparencia de los procesos.
8. Focalizar el control en los procesos globales o completos.
9. Introducir la mejora continua en los procesos.
10. Mantener el equilibrio entre mejoras en los flujos y en las conversiones.
11. Hacer benchmarking.

1.3.2 Kaizen

Según Massaki Imai, Kaizen significa mejoramiento progresivo que involucra a todos, incluyendo tanto a gerentes como a trabajadores. Esta filosofía supone que nuestra forma de vida merece ser mejorada de manera constante.

También incluye una perspectiva muy interesante: Mejorar los estándares significa establecer estándares más altos. El mejoramiento duradero solo se logra cuando la gente trabaja para estándares más altos. Ante esto se estableció una sencilla ecuación que, semejante al Lean Construction, resume de manera adecuada el concepto. Esta se presenta de la siguiente manera:

$$\text{Mejoramiento} = \text{Kaizen} + \text{Innovación}$$

Y es que, luego de las innovaciones que son muy necesarias en estos tiempos de cambio, el Kaizen representaría en sí aquellos pequeños, pero significativos, cambios de mejora continua ante estas innovaciones. Esto debido a que es bastante usual disfrutar de la 'bonanza de la innovación' por el tiempo de su existencia, hasta que esta descienda de sus beneficios hasta establecerse en un nivel alto pero no necesariamente óptimo. Estas nuevas tecnologías necesitan

de una inyección que siembre mejoras hasta establecer el mejor estándar posible al que pueda llegar. Sencillamente esto es lo que se busca al establecer la filosofía del Kaizen en nuestra empresa: Mejoras pequeñas realizadas en el statu quo como resultado de los esfuerzos progresivos. La innovación implica una mejora drástica en es statu quo como resultado de una inversión más grande en nueva tecnología y/o equipo.

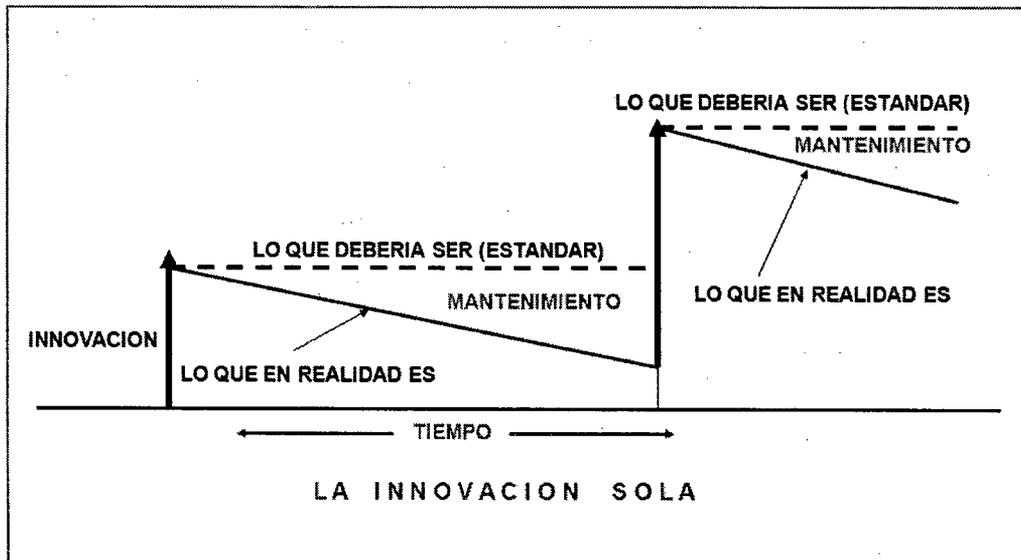


Fig. 1.1. Innovación Sola según Kaizen

Fuente: Masaaki Imai, 1998

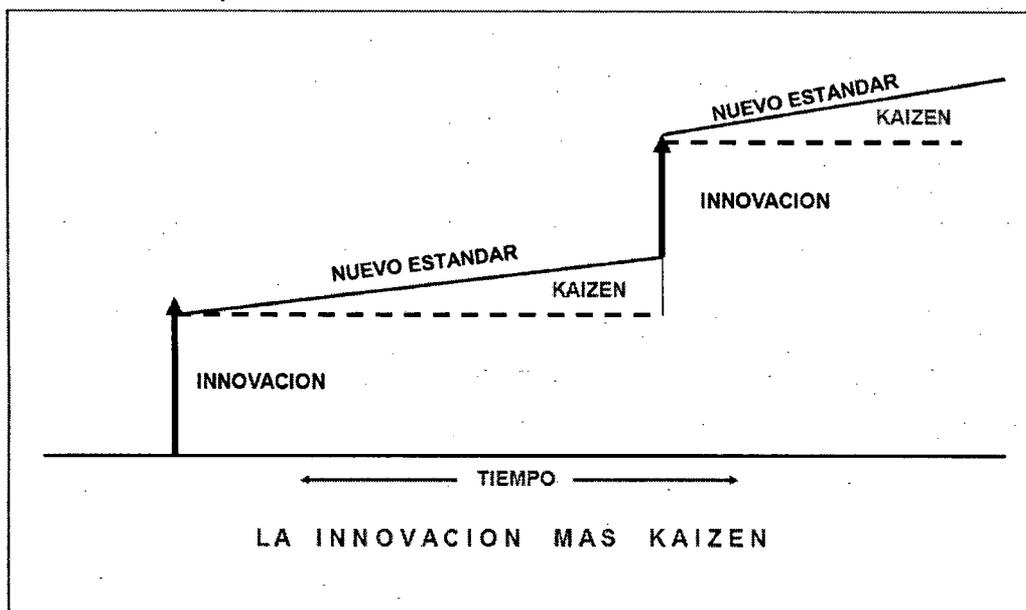


Fig. 1.2. Innovación con Kaizen

Fuente: Masaaki Imai, 1998

Para dar una muestra clara de las características de la innovación más el Kaizen se muestra las Figuras 1.1 y 1.2. En estas, que se encuentran en función del tiempo, se resalta la usual característica de una innovación. Si a esta innovación con el tiempo no se le hace un seguimiento lo más seguro es que descienda su nivel de impacto, pero, si le aplicamos una dosis del Kaizen y mantenemos un estándar más alto al establecido seguramente el comportamiento será como lo mostrado en la Figura 1.2. Sencillamente de esto se trata.

Cabe resaltar que el objetivo de mostrar esta filosofía no es más que confirmar la importancia de establecer siempre mejoras ante las innovaciones existentes en la industria de la construcción. Estas serán mejores no solo haciéndole un seguimiento temporal hasta conseguir una adaptación a esta nueva tecnología, sino cuando además de esta se establece un sistema de Mejora Continua con el fin de manejar estándares mucho más altos a los comunes. Solo de esta manera se puede mantener la existencia ante los cambios y marcar la diferencia ante las competencias.

1.3.3 Herramientas Estadísticas de Control

Si bien es cierto todas estas filosofías mencionadas anteriormente nos ayudan a entender de mejor manera las maneras de encontrar 'oportunidades' ante los diversos problemas que se puedan generar en un proyecto. Mientras todos los conceptos anteriores se presentan como herramientas de gestión, teorías que se adaptaran según las diversas características de cada proyecto son, matemáticamente hablando, las herramientas estadísticas quienes nos mostrarán de qué manera se va comportando nuestro proyecto, tanto si es productivo, si nos brindan mejor calidad, si nos generan ratios sugestivos a una buena labor y muchas alternativas más que las estadísticas nos pueden brindar y ayudar a mejorar en cada nivel solicitado. Una firme razón para confirmar que las ciencias exactas nos son de ayuda en la realidad.

De las diversas herramientas estadísticas que existen, y las que usualmente son utilizadas en las industrias, mencionaremos las que consideramos de mayor importancia y utilidad en la industria de la construcción.

Las herramientas más utilizadas en el mundo de la construcción son las siguientes:

- El Diagrama de Causa Efecto
- El Diagrama de Pareto
- La Estratificación

Haremos un resumen de las herramientas mencionadas a continuación:

Diagrama de Causa Efecto

Son graficas de control que nos sirven para observar el comportamiento de un proceso elegido y según su grado de variabilidad. Para esto es vital comenzar con identificar sus 'causas' obviamente con el fin de efectuar una acción correctiva. Esta técnica fue desarrollada por el profesor Kaoru Ishikawa en 1943, definiéndolo entonces como "un diagrama que muestra la relación sistemática entre un resultado fijo y causas relacionadas". Para esto lo que se hace es primero definir o identificar un problema (como efecto), para posteriormente determinar aquellos factores que contribuyen al efecto (las causas).

Finalmente esta tiende a dar forma de una espina de pescado, el cual se debe a las raíces que nacen de las diferentes causas identificadas mediante un detallado análisis. Inclusive existen métodos para determinar adecuadamente estas causas, como el de los *5 porque's* (el que en esta investigación utilizaremos) y que consiste sencillamente en preguntarnos cinco veces porque es que ocurrió el problema y así llegar a lo mas disgregado posible. En el Grafico 03 se puede detallar las características de este diagrama a continuación:

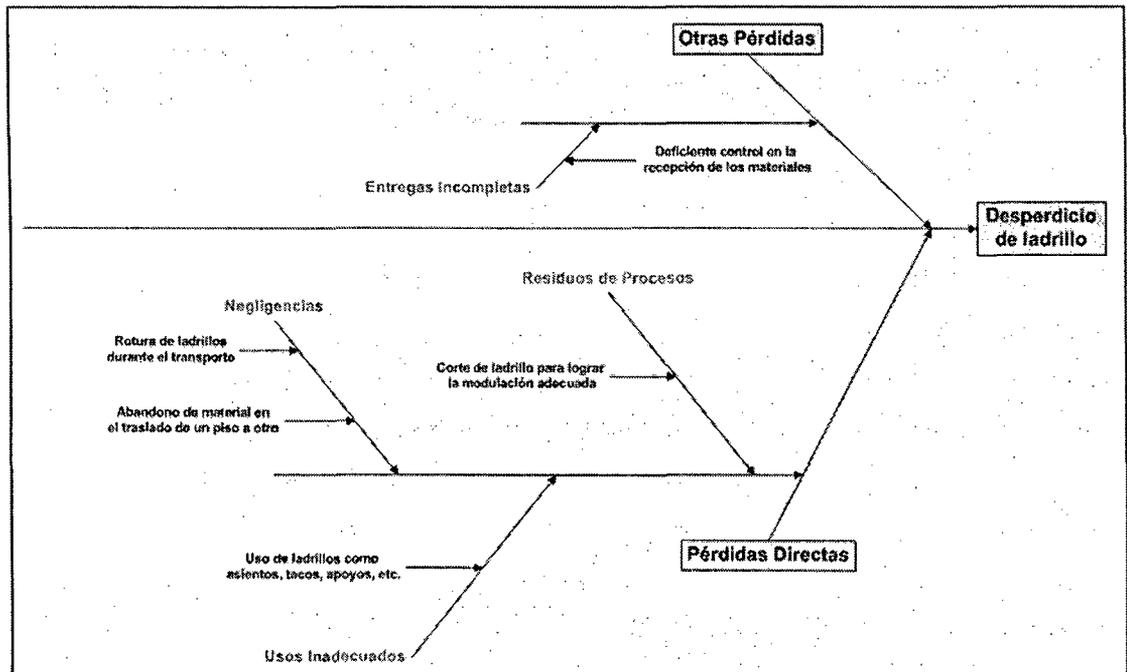


Fig. 1.3. Diagrama de Ishikawa

Fuente: Propia.

Aunque técnicamente este gráfico no está bien elaborado es un buen ejemplo como para entender a que nos referimos.

Se recomienda agrupar los factores causales bajo los siguientes rubros (conocidos como las 'causas universales'):

- Mano de obra (operarios, obreros, etc.)
- Materia prima (materiales)
- Maquinaria
- Métodos de trabajo (procesos)
- Medio ambiente (condiciones climatológicas y de trabajo)

Con la definición de esta herramienta les daremos los siguientes pasos que son recomendados para construir el diagrama de causa efecto:

- El problema debe ser definido de un modo claro, para evitar malentendidos, a la vez que sirve para focalizar la discusión.
- Se recomienda considerar en primera instancia las 5 causas universales para obtener así la estructura fundamental del diagrama.
- El equipo de trabajo sesionara para reconocer las sub-causas que contribuyen al problema y estas deben registrarse en el diagrama. Es

importante señalar que solo se anotan las causas y no las soluciones del problema.

- Debemos dejar pasar un tiempo para ponderar las causas antes de evaluarlas.

Algunas de las cuestiones a considerar en este último punto son las siguientes:

¿Es esta causa una variable o un atributo?

¿Ha sido la causa definida operacionalmente?

¿Existe una grafica de control o un registro para esta causa?

- De la lista de causas probables que afectan al proceso encierre en un circulo aquellas que se considere tienen más impacto sobre el problema.
- La causa más probable debe ser analizada, recolectando datos para ver si el impacto sobre el problema es significativo. En caso negativo se hace lo mismo con las otras.

Esta tiene las siguientes ventajas:

- Puede ser utilizado para un análisis de cualquier problema, ya que sirve tanto para identificar los diversos factores que afectan un resultado, como para clasificarlos y relacionarlos entre sí.
- El análisis supone la elaboración del diagrama y ayuda también a determinar el tipo de datos a obtener con el fin de confirmar si los factores seleccionados fueron realmente las causas del problema.
- El diagrama se puede emplear para prevenir problemas, pues proporciona una visión de conjunto, bien sea de los factores de una determinada característica de calidad o bien de las fases que integran el proceso. Cuando se detectan causas potenciales de un problema de calidad estas pueden prevenirse si se adoptan controles apropiados.
- Finalmente este diagrama muestra la habilidad profesional que posee el personal encargado del proceso; entre más alto sea el nivel de los trabajadores mejor será el diagrama resultante.

El Diagrama de Pareto

Es una grafica que representa en forma ordenada el grado de importancia que tienen las diferentes causas en un determinado problema, tomando en consideración la frecuencia con que ocurre cada una de dichas causas.

Fue el economista italiano Vilfredo Pareto quien bajo el concepto de “pocos vitales y muchos triviales” ordeno los resultados gráficos de una toma de datos para analizar coherentemente según el grado de importancia. Sobre esto y complementando a la herramienta Joseph Juran y Alan Lakelin formularon la famosa regla del 80-20, el cual nos dice que aproximadamente el 80% de un valor o de un costo se debe al 20% de los elementos causantes de este.

Esta interesante herramienta tiene el siguiente procedimiento de elaboración:

- Se elabora una lista de los factores o causas potenciales del problema, considerando características fuera de especificación, tipos de defectos, partes o piezas dañadas, etc.
- Se establece el periodo de tiempo dentro del cual se recolectaran los datos. El periodo de tiempo a ser estudiado dependerá de la situación que se esté analizando.

Para este paso ha de considerar:

- La selección de una unidad de tiempo conveniente, tal como una semana, un mes, un trimestre, una hora, etc.
 - La selección de un periodo de tiempo que sea constante para todos los diagramas relacionados con este para propósitos de comparación y;
 - La selección de un periodo de tiempo que sea relevante al análisis, tal como una estación del año especifica en el caso de un producto estacional.
- Obtenidos los datos sobre la frecuencia con que ocurre cada causa o tipo de defecto dentro del periodo fijado, se transcriben dichos datos en una hoja de registro; especificando el número total de piezas o casos inspeccionados.

- Con base en los datos de la hoja de registro, se ordenan las distintas causas que influyen en el problema conforme al número de veces que ocurren, comenzando con la que se da con mayor frecuencia y terminando con la que menos se presenta. Se registra, además, el número de casos de cada causa, n_i ($i=1, 2, \dots, m$), siendo m el número total de causas distintas en la lista tal que: $n_1 + n_2 + \dots + n_m = d$
- Se calcula el porcentaje absoluto de artículos defectuosos con respecto al número total de artículos inspeccionados (N), para cada factor o causa identificada: $a_i\% = n_i \times 100/N$. Cada $a_i\%$ nos indica el incremento en porcentaje que se tendría en la producción si se corrige el defecto i , es decir, con esta información se puede saber el grado de mejoramiento que se lograría en la producción si se tomaran acciones correctivas para eliminar algún tipo de defecto.
- Se obtiene el porcentaje relativo de productos defectuosos atribuibles a cada causa, con respecto al número total de casos defectuosos d : $r_i\% = n_i \times 100/d$, donde $i = 1, 2, \dots, m$ tal que $r_1 + r_2 + \dots + r_m = 100\%$
- Se calcula el porcentaje relativo que se va acumulando ($R_i\%$), sumando el porcentaje de cada causa. Con esta información se comprende que porcentaje de productos defectuosos se eliminaría si se emprendiesen acciones efectivas que supriman las causas principales de los productos defectuosos.
- La información obtenida hasta este paso se presenta en la tabla 01 como la que sigue:

Causas del problema	Frecuencia de ocurrencia n_i	%absoluto $a_i = n_i \times 100/N$	%relativo $r_i\% = n_i \times 100/d$	%relativo acumulado
1				
2				
...				
m				$R_m = 100\%$
	$\Sigma n_i = d$		$\Sigma r_i\% = 100\%$	

Fig. 1.4. Formato alternativo de Nivel de Actividad

Fuente: Hitoshi Kume, 2002

- Construir el diagrama de Pareto. Se trazan un eje horizontal y dos ejes verticales, uno en cada extremo. En el gráfico 04 observamos el desarrollo del diagrama de Pareto:

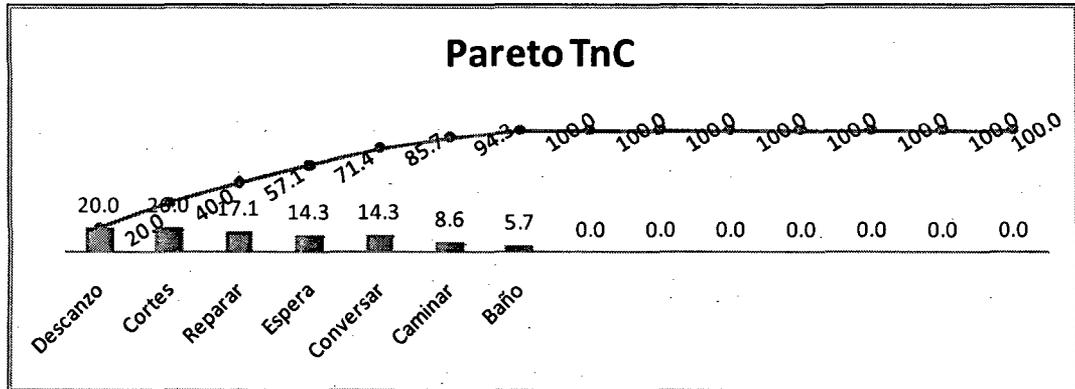


Fig. 1.5. Diagrama de Pareto

Fuente: Propia.

Finalmente se toma el 20% de los más representativos y se analizan, considerando que estas representan, en teoría, el 80% de su costo.

En fin, mas adelante y con ejemplos claros mostraremos el método aplicado del diagrama de Pareto.

La Estratificación

Es una herramienta estadística que es utilizada para mejorar la calidad de un producto. Consiste en una clasificación de los elementos de una población que tienen afinidad para analizarlos y así determinar más fácilmente las causas del comportamiento de alguna característica. A cada una de las partes de esta clasificación se le llama estrato y el análisis puede ampliarse, posteriormente, por medio del diagrama de Pareto o el diagrama de Ishikawa.

Los valores observados están siempre acompañados por alguna variación. Por ello, cuando los datos son estratificados de acuerdo a los factores que se piensa causan la variación, las causas de esta variación son más fácilmente detectadas.

El propósito de la estratificación es describir una población de datos o un proceso en términos de una clasificación, para obtener una comprensión detallada de su estructura. Tal conocimiento permitirá identificar las causas del problema y llevar a cabo las acciones correctivas convenientes.

Por otro lado permitirá examinar la diferencia en los valores promedios y la variación entre diferentes estratos y tomar medidas contra la diferencia, si existe alguna. Si es posible tomar medidas al instante es necesario llevar el control del proceso usando cartas de control estratificadas.

En esta investigación la denominamos carta Balance y de esta generamos una variable pero productiva herramienta que será detallada posteriormente.

1.3.4 Las Técnicas de la OEE

Considerando que esta técnica ha sido creada en la sociedad industrial y exitosamente mejorada en la gestión del conocimiento para las industrias, cabe mencionar que las máquinas de producción son diseñadas desde la base de una cierta capacidad de producción. En la práctica, y por diferentes motivos, la producción siempre se queda muy por detrás de la capacidad que fue instalada. Además, parece que las mejoras implantadas tienen poco efecto en la productividad; A mayor velocidad de producción, más productos se rechazan, y cuando nos centramos más en calidad, la técnica no funciona como debería.

A menudo, no sabemos cómo hacer una mejor producción; las cosas son como son y hemos aprendido a vivir con ello. Sin embargo las técnicas de la OEE (*Efectividad Total del Equipo*) han planteado un innovador método para relacionar adecuadamente la Disponibilidad, el Rendimiento y la Calidad como partida de una mejora continua.

Siendo más claros es el producto de la disponibilidad de tu maquina o equipo respecto al tiempo de funcionamiento optimo, multiplicado por el rendimiento durante el tiempo de funcionamiento del sistema en un ciclo ideal y la calidad en cuanto al(los) producto(s).

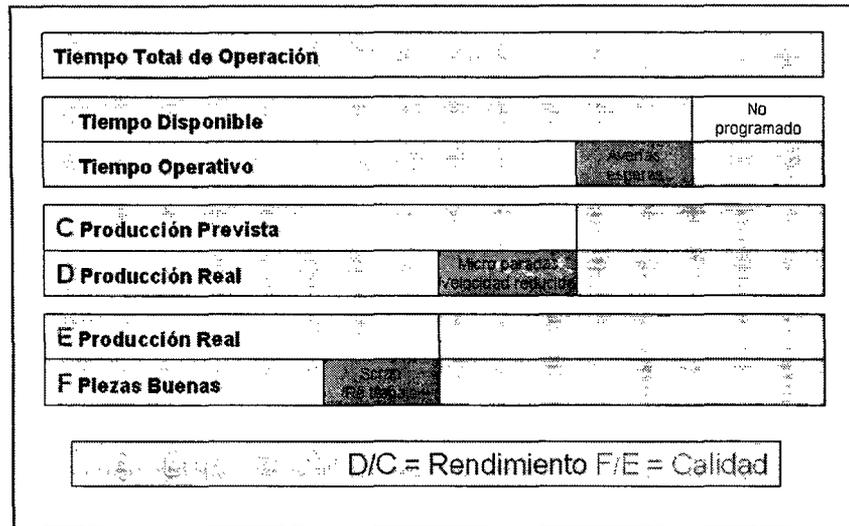


Fig. 1.6. Formato de OEE (Efectividad Total del Equipo)

Fuente: Propia.

La OEE indica como de efectivamente sus maquinas están siendo utilizadas comparando con una ideal (OEE = 100%). En el cuadro anterior se observa claramente la metodología de medición.

Naturalmente hablamos de un sistema que viene aplicándose a la producción industrial actualmente, inclusive tenemos varias empresas peruanas que están utilizando estas técnicas para controlar su productividad de manera mas precisa, relacionándonos así un sencillo ratio que nos muestra de manera general como se va comportando la producción. Es esta misma herramienta post-industrial que mencionamos en esta investigación ya que ha de plantear una adecuada alternativa de aplicación de la misma en la industria de la construcción. Una interesante tarea.

La gestión del conocimiento es todo un cúmulo de planteamientos sistemáticos que vio sus mejores frutos en la sociedad industrial, pesar que se fue perfilando adecuadamente estas últimas décadas debido a las características que el mercado permite ofrecernos. Dentro de este sistema encontramos diversas teorías que, siendo más prácticos en el uso en la ingeniería civil, sin duda no son tan aplicadas en cuando a la producción en la construcción, y esto tiene una respuesta bastante lógica: cada proceso generado en la construcción, cualquiera que sea, tiene una característica absolutamente diferente a las demás, por más que se repitan los módulos o se apliquen en obras semejantes, los procesos son además definidos por las personas que las conforman, su área geométrica, su

seguridad, sus proveedores, etc. Por esto es que la productividad en la construcción se debe tratar con bastante detenimiento, lo cual se mostrará en esta tesis.

1.4 CAPITAL INTELECTUAL

El concepto de Capital Intelectual se ha incorporado en los últimos años tanto al mundo académico como empresarial para definir el conjunto de aportaciones no materiales que en la era de la información se entienden como el principal activo de las empresas del tercer milenio.

En realidad el capital intelectual no es nada nuevo, sino que ha estado presente desde el momento en que el primer vendedor estableció una buena relación con un cliente. Sin embargo esta teoría no tiene mucho de haberse mostrado en su formato, como en el caso de El Capital Intelectual, de Leif Edvinsson-Malone, algo exquisitamente mostrado desde el punto de vista contable sobre un método de medición que sin duda da que hablar en el medio emprendedor. Aun así este concepto divaga en el ambiente constructor debido a la complejidad de ambos extremos, tanto para esta industria como para esta teoría.

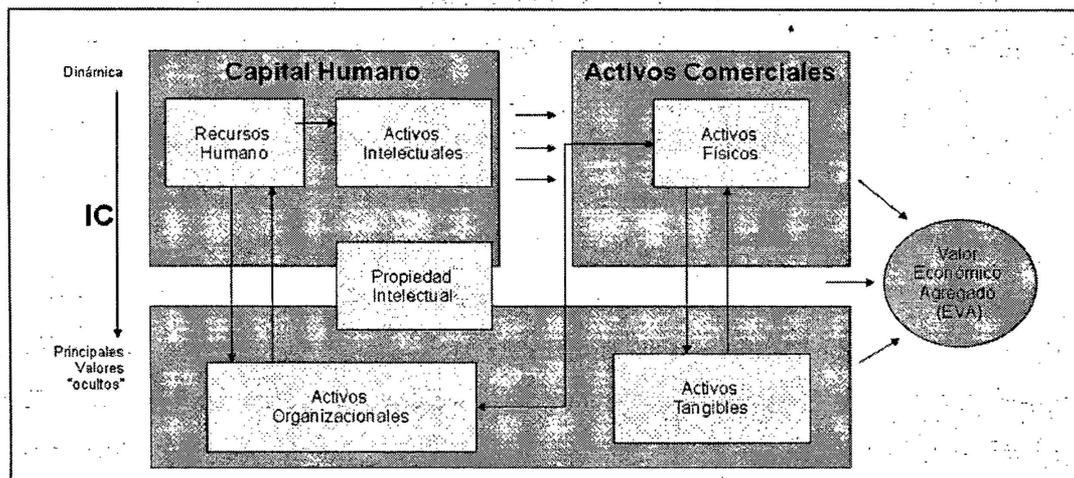


Fig. 1.7. Diagrama del Capital Intelectual

Fuente: Leif Edvinsson – Malone, 2001

Los pioneros en el desarrollo moderno del capital intelectual fueron Brookings (1996), Sveiby (1997), Edvinsson y Malone (1997) Steward (1998). También son numerosos los trabajos empíricos sobre activos intangibles, entre otros es

importante señalar el que realizó Skandia, empresa sueca líder en el mercado de seguros, quien publicó en 1994 el informe Visualizando el capital intelectual, que contiene esquemas de medición en los que se registra regularmente el gasto en desarrollo de la competitividad por empleado, el índice de empleados satisfechos, el gasto en horas de entrenamiento y en desarrollo, el gasto en horas de entrenamiento y en desarrollo, el gasto en entrenamiento por empleado menores de 40 años y la proporción de los recursos en investigación y en desarrollo como parte de los recursos totales, entre otros.

En 1996 Skandia estandarizó un modelo de capital intelectual, denominado Procesos Creadores de Valor, centrando su atención en el crecimiento del capital organizacional. En cinco años esta empresa cumplió con las seis fases de su modelo de capital intelectual: misionera, medición, liderazgo, informática, capitalización y futurización. Asimismo, abrió el primer centro del futuro (Skandia Future Center) en el archipiélago sueco, ubicado al norte de Estocolmo, el cual estaba destinado a multiplicar tanto la inteligencia colectiva de sus especialistas como la de expertos externos, desarrollando y compartiendo conocimientos, creando nuevas aplicaciones y competencias con sistemas de comunicación para difundirlos en toda la organización.

Raíces Ocultas del valor

Vivimos en la era de la informática, desde luego, aun cuando es notable que muy pocas personas hayan podido ponerse a tono con esta realidad.

La inteligencia humana y los recursos intelectuales son hoy los más valiosos activos de cualquier compañía.

El economista que invente una nueva manera de medir el valor central tendrá que contabilizar los nuevos valores intangibles que van hoy en ascenso.

Estamos no frente a una aberración temporal sino a una falla sistémica en la manera como medimos el valor, una discrepancia fundamental entre la historia que cuenta el balance general y la verdadera que viven a diario las organizaciones mismas.

Se ha hecho obvio que el valor real de estas empresas no se puede determinar solamente por las medidas contables tradicionales.

El valor de Intel o de Microsoft no está en ladrillos y mortero, ni siquiera en sus existencias, sino en otros activos que son intangibles: su capital intelectual.

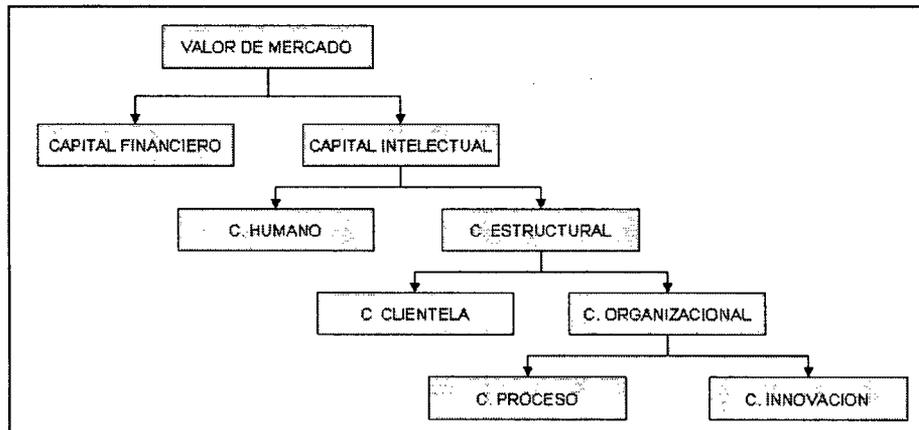


Fig. 1.8. Valor del Capital Intelectual

Fuente: Leif Edvinsson – Malone, 2001

En su influyente libro *The Twilight of Sovereignty*, Walter Wriston escribe: “En efecto, la nueva fuente de riqueza no es material; es la información, el conocimiento aplicado a trabajo para crear valor”.

Y si bien el aroma de la fruta y el color de las hojas dan testimonio de la salud del árbol en ese momento, entender lo que está ocurriendo en las raíces es una manera mucho más eficaz de calcular cual será el estado de salud del árbol en los próximos años. Un hongo o un parásito que apenas aparece diez metros bajo tierra bien pueden matar ese árbol que hoy parece tan lleno de salud.

Esto es lo que hace tan valioso el capital intelectual: el estudio de las raíces de valor de una compañía, la medida de los factores dinámicos ocultos bajo los edificios y productos visibles de aquella.

¿Cuáles son los factores? Según investigaciones llevadas a cabo por Skandia, compañía sueca de seguros y servicios financieros, esos factores son típicamente de dos clases:

Capital Humano
Capital estructural

$$\text{Capital Humano} + \text{Capital Estructural} = \text{Capital Intelectual}$$

Es fácil ver por qué el capital intelectual no se puede acomodar dentro de los modelos tradicionales de contabilidad. En particular, el capital intelectual valora actividades tales como lealtad del cliente o competencia del empleado, que tal vez no afecten el balance de utilidades de una compañía durante años.

El capital intelectual puede ser una teoría nueva pero en la práctica ha existido desde hace años como cuestión de sentido común.

La esencia de la llamada economía del conocimiento es, enormes flujos de inversión para capital humano lo mismo que para tecnología informática. Y es sorprendente que nada de esto aparezca como valores positivos en la contabilidad tradicional. Más bien, a menudo ocurre todo lo contrario. Y sin embargo esas inversiones son las herramientas claves en la creación de nuevo valor.

El reconocimiento de esta nueva realidad obliga a producir un nuevo balance en el cual el pasado es equilibrado por el futuro y lo financiero por lo no financiero – el capital intelectual (IC).

Algunas de las teorías más recientes hasta sugieren que el capital intelectual se relaciona con la teoría del caos o complejos sistemas adaptables, es decir, vivos. Estamos en un enorme peligro de perder la dirección y volar directamente a tierra sin siquiera darnos cuenta de que vamos al desastre. Esto por si solo es suficiente para helar la sangre en las venas de todo inversionista, gerente o político y debiera ser mas incentivo para buscar maneras eficaces de medir y cultivar el capital intelectual.

El Modelo Skandia lo que busca alcanzar es definir este “valor monetario” en este campo. Debido a que el valor en los libros contables de cualquier empresa

no refleja certeramente el valor de la misma, el planteamiento mostrado sería el más próximo o adecuado para valorizar.

El Modelo está formado por los siguientes Capitales:

Capital Financiero

Este Capital define literalmente lo que los libros contables muestran. Es el valor que implica la compra de materiales, de equipos, del pago de obreros, mano de obra y todo lo referente a gastos directos registrados normalmente en los libros contables de la empresa.

Capital Intelectual

Leif Edvinson lo define como "todo conocimiento que genera valor". Ciertamente es la definición más adecuada para delimitar al Capital Intelectual, puntualizando además que este valor no es mostrado en los libros contables ni en algún otro espacio visible en la empresa. Ciertamente sabemos de su existencia, entendemos claramente que "vale dinero" pero que es también asimilable que no se puede definir adecuadamente. La tarea es lograr este objetivo. Finalmente podemos observar que este está formado por el Capital Humano y Capital Estructural, comenzaremos a definir a cada uno.

Capital Humano.

Sencillamente está conformado por todas las personas que, directa e indirectamente, benefician a la empresa en su objetivo. Son todas aquellas personas que contribuyen con su conocimiento en las metas o tareas definidas en la empresa. Sin duda es el valor más importante porque si en caso contrario no se contara con las personas más adecuadas en la empresa, con el conocimiento y las destrezas útiles según lo requerido, obviamente el crecimiento de la misma no sería y quizás no lograría una eficiencia adecuada para mostrar crecimiento económico que toda empresa esperaría obtener. Sin duda si contamos con las personas más adecuadas en nuestra empresa, con el debido conocimiento de su área de desenvolvimiento y con la adecuada experiencia en la misma, tanto como sus actitudes personales para asumir e innovar, entonces es de entender que partiendo así se pueden lograr buenas cosas, mas no necesariamente lo idóneo, ya que el siguiente paso sería tener la

estructura adecuada para dar cabida al mejor desenvolvimiento de estos individuos.

Capital Estructural

Según lo mencionado en la última parte, es precisamente la estructura, o el Capital Estructural, lo que de alguna manera ayudaría al adecuado y cómodo desenvolvimiento de sus conocimientos individuales y en conjunto, según lo requerido. Lo que hace el Capital Estructural no es más que plantear, buscar y tangibilizar los medios adecuados para que el flujo del conocimiento del Capital Humano sea el más eficiente posible. Es por eso que en su conjunto el Capital Intelectual nos muestra un esquema adecuado para medir las características y necesidades que una empresa requiere en su sector intangible, sin duda el más importante.

Este Capital está subdividido en otros dos capitales: el Capital Clientela y el Capital Organizacional.

Capital Clientela

Es el capital que muestra como un sector importante a los clientes de la empresa. Cabe resaltar que este Capital es absolutamente variable, dependiendo del rubro y de las características de la empresa en sí, es sin duda un Capital que es necesario cuidar.

Existe un sin fin de información en los libros e internet donde nos muestran lo cuán frágil que es este sector en las empresas, sencillamente si el cliente de la empresa, del rubro que sea, no se encuentra satisfecho de su servicio brindado, sencillamente busca otra empresa. Esta es la franja que muchos de los estudiosos e investigadores del marketing y de la mercadotecnia hacen hincapié al momento de analizarlas, pero sin duda es el Capital que menos le interesa, luego de su posicionamiento, al sector de la construcción. En nuestro estudio no será tomado en cuenta por los motivos especificados.

Capital Organizacional

Este Capital está subdividido en los procesos que se plantean en la empresa, tanto como las innovaciones que se logren en el transcurso y que directamente benefician a la empresa. Esta se subdivide específicamente en el Capital Proceso y el capital Innovación.

Capital Proceso

Se refiere a todos los procesos que contribuyen directa o indirectamente al flujo del conocimiento en la empresa. Si se tiene a las personas más idóneas en tu empresa, la manera de como se les organice y cuide influirá proporcionalmente en su rendimiento. Si es así es necesario definir adecuadamente los procesos que aporten, como bien se menciono, directa o indirectamente a los trabajadores del conocimiento.

Capital Innovación

Finalmente si una empresa no se encuentra a la vanguardia de los cambios y las revoluciones tecnológicas es bastante probable que la misma no triunfe en el camino. En una sociedad donde el mercado se encuentra literalmente saturado de competidores directos, la innovación es lo que sin duda muestra diferencias influyentes en el mercado. Si no hay innovación en la empresa, no existe lo que denominamos Mejora Continua y obviamente necesaria en un espacio competitivo.

Luego de identificados estos capitales que muestra el modelo Skandia, podemos visionar sobre las características de una empresa con mayor precisión. Podemos observar en que sectores es donde probablemente tenemos problemas y deficiencias y, naturalmente, en que partes es que debo tomar en cuenta concentrarme para mejorarlas.

Sin duda existen un sin fin de estudios que terminan siendo como recetas para mejorar el desenvolvimiento de nuestra empresa, sin embargo un esquema que lo organice como estructura en si es algo difícil de encontrar. Es por eso que este planteamiento elaborado por Leif Edvinson es la base de nuestro estudio en este tema de investigación.

1.5 OTRAS HERRAMIENTAS

Escala de Likert

Es una escala psicométrica comúnmente utilizada en cuestionarios, y es la escala de uso más amplio en encuestas para la investigación. Cuando respondemos a un elemento de un cuestionario elaborado con la técnica de Likert, lo hacemos especificando el nivel de acuerdo o desacuerdo con una declaración (elemento, ítem o reactivo). La elaboración sería de la siguiente manera:

- Elaboramos una serie de enunciados afirmativos y negativos sobre el tema o actitud que se pretende medir.
- Se le solicita a los sujetos que expresen su acuerdo o desacuerdo frente a cada ítem mediante una *escala*.
- Asignación de puntajes a los ítems; se le asigna un puntaje a cada ítem a fin de clasificarlos según reflejen actitudes positivas o negativas.
- Asignación de puntuaciones a los sujetos; la puntuación de cada sujeto se obtiene mediante la suma de las puntuaciones de los distintos ítems.

Escala de Likert	Tratamiento #1 n=48				Tratamiento #2 n=54			
	Antes		Despues		Antes		Despues	
	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%
Sin Color	-	-	19	39.6	-	-	24	44.4
Leve	2	6.3	17	35.4	1	1.8	20	37
Molesto	25	52.1	6	12.5	27	50	7	13
Intenso	15	31.3	5	10.4	23	42.6	2	3.7
Fuerte	6	10.4	1	2.1	3	5.6	1	1.9
Insoporable	-	-	-	-	-	-	-	-
P=0.936								

Fig. 1.9. Ejemplo de una Escala de Likert

Fuente: Propia.

De esta manera podemos elaborar un cuadro de Escala de Likert del que casi siempre goza de una inmensa variabilidad que hace más dinámica la medición.

CAPITULO II: PROCESOS Y DESPERDICIOS EN LA CONSTRUCCION

2.1 GESTION DE DESPERDICIOS

Los trabajos sobre desperdicios en la construcción han tenido diferentes enfoques. Los hay quienes enfatizan en el daño ambiental, otros en el agotamiento de los materiales y energía, así como en el uso innecesario del transporte y, raras veces, por cuestiones monetarias. También hay propuestas para emplear el desperdicio en su origen, reduciendo las áreas de disposición final. Igualmente, propuestas para dar cumplimiento a las políticas y regulaciones ambientales. Hay también estudios que proponen medidas preventivas, especialmente en la parte de almacenamiento y manipulación de materiales. También hay estudios que enfocan la atención en deficiencias del sistema de gestión. Finalmente, se considera que los desperdicios obedecen a una combinación de causas, no solo a un factor aislado.

Se llama desperdicio a cualquier ineficiencia en el uso de equipo, material, trabajo, o capital en cantidades que son consideradas como necesarias en la producción de una construcción. Incluye tanto la incidencia de material perdido y la ejecución de trabajo innecesario, lo que origina costos adicionales y no agrega valor al producto. El originar costos y no generar valor, es la base del concepto de desperdicio.

Se distingue un desperdicio inevitable como aquel en que la inversión para evitarlo es mayor que la economía que produce. Un desperdicio evitable cuando el costo del desperdicio es más alto que el costo para prevenirlo. La proporción de estos desperdicios depende de la empresa y de la obra en particular, y está asociado al desarrollo tecnológico.

En realidad existen cuantiosos estudios relacionados a la gestión de desperdicios, estudios que se enfocan de diversas maneras, diferentes perspectivas, con mayor énfasis por las universidades que por el sector privado, la gestión de desperdicios es una manera poco usual de controlar los insumos o, según la visión del investigador, todo conocimiento perdido. Así, en muchos

países se han investigado en diversas escalas, involucrando a profesionales y estudiantes universitarios.

Antes de seguir con la definición de estos conceptos describiremos a las pérdidas y desperdicios:

Pérdidas

Es aquel que genera costo pero no es trabajo productivo.

Para este caso un ejemplo claro sería las horas hombre perdidas por retraso de abastecimiento de materiales, como también el tarrajeo de cielo raso que se pierde en el proceso de pañeteo de la mezcla, e inclusive la pérdida de conocimiento generada por la mala logística de equipos para el staff de profesionales, como el simple enfoque de la utilización del Autocad, ya que si no fuera por esta herramienta la elaboración de planos sería una tarea bastante complicada e imprecisa como lo fue antes, esta herramienta ayuda a simplificar la tarea del profesional y ayuda a analizar y modificar según las observaciones en el proceso. Estas pérdidas tienen la característica de poder reducirse o eliminarse (procesos óptimos) según el cambio que requiera y sea adecuadamente considerado.

Desperdicios

Es aquel que se encuentra en el sistema y no agrega valor.

Lo llamamos así a cualquier ineficiencia en el uso de equipos, materiales, trabajos o capitales en cantidades que son consideradas como necesarias en la producción de un proyecto. Esta incluye tanto a la incidencia del material perdido y la ejecución del trabajo innecesario, lo que origina costos adicionales y no agrega valor al producto.

2.1.1 Incidencia de los Desperdicios

En Brasil, se han analizado las principales causas de los desperdicios a partir del seguimiento en cinco diferentes obras durante un período de cinco a seis meses. Debido a este interesante experimento, un ambicioso programa reciente involucró el trabajo de quince universidades y más de cien construcciones, siguiendo los desperdicios de dieciocho materiales distintos. Los resultados indican:

- Que los costos por desperdicios son mucho más altos que los consignados por las empresas.
- Que los resultados son muy variados, aún en obras aparentemente similares.
- No hay una política de gestión para desperdicios ni control del material usado.
- La carencia de conocimiento es una causa importante. Simplemente, no se conoce lo que se desperdicia.
- La mayoría de las causas están relacionadas con fallas en la gestión, y poco que ver con la calificación y motivación de los trabajadores.
- Una porción importante de desperdicio ocurre por problemas en etapas previas a la construcción, como en el diseño, planeación, suministro de material y otros.

Respecto al sentido de los estudios.

- La mayoría asocia materiales perdidos como sinónimo de desperdicio, sin considerar los otros recursos involucrados.
- La recolección de datos es muy costosa e involucra a personas no familiarizados con tareas de monitoreo, y los procedimientos usados en los estudios no se ajustan a los tiempos reales de control de producción.
- Usualmente el uso de los resultados de los estudios son tardíos no reutilizables porque se presentan con posterioridad a la culminación de la obra de referencia.

- El personal del estudio usualmente es externo y no involucra a los propios interesados, así el proceso de aprendizaje es limitado.

Este estudio sigue las siguientes líneas: (a) control en ciclos de producciones cortas; (b) amplio concepto de desperdicio; (c) involucrar a las empresas en el proceso de aprendizaje. Sin duda un estudio que nos brindo un valor agregado importante en la investigación.

Sin embargo no es la única investigación de renombrada importancia. Como mencione en anteriores paginas, quien hizo un análisis más profundo sobre la incidencia de los desperdicios generados en obra es el Dr. Flavio Picchi, un investigador de origen brasileño que dedico un buen tiempo a la investigación de los desperdicios generados en obras como edificaciones en obra. Además hace mención sobre la importancia de la calidad en las construcciones.

En la tesis doctoral de este investigador hace la mención de que en una construcción (como por ejemplo una edificación para departamentos familiares), la incidencia de los desperdicios alcanza aproximadamente al 30% del costo total del proyecto. Sin duda un número importante para analizar e investigar.

La incidencia de este 30% mencionado es la siguiente:

Item	Contenido	%
Desmante	Restos de mortero	5
	Restos de ladrillo	
	Restos de madera	
	Limpieza	
	Retirada de material	
Espesores adicionales de	Tarrajeo de techos	5

mortero	Tarrajeo de paredes internas	
	Tarrajeo de paredes externas	
	Contrapiso	
Dosificaciones no optimizadas	Concreto	2
	Mortero de tarrajeo de techos	
	Mortero de tarrajeo de paredes	
	Mortero de contrapisos	
	Mortero de revestimiento	
Reparaciones y retrabajos no computados en el desmante	Repintado	2
	Retoques	
	Correccion de otros servicios	
Proyectos no optimizados	Arquitectura	6
	Estructuras	
	Instalaciones Sanitarias	
	Instalaciones Electricas	
Pérdidas de productividad debido a problemas de calidad	Paradas y Operaciones por falta de calidad en los materiales y servicios anteriores	3.5
Costos debidos a atrasos	Pérdidas financieras por atrasos de las obras y costos adicionales de administración, equipos y	1.5

	multas	
Costos en obras entregadas	Reparo de patologías ocurridas después de la entrega de la obra	5
TOTAL		30

Fig 2.1. Desperdicios Medios encontrados en Obra

Fuente: Flavio Picchi, 1993

Según este cuadro mostrado en la tesis doctoral del Dr. Flavio Picchi (1993) se pueden observar los diferentes puntos donde se generan los desperdicios usualmente en edificaciones, donde también parte nuestro punto de estudio.

2.1.2 Tipos de Desperdicios

Según lo observado y propuesto por algunos ingenieros residentes en obra, mientras se llevaba a cabo el primer proyecto de gestión de desperdicios. Para esto se vio adecuado especificar a los desperdicios en dos tipos:

a. Desperdicios Inevitables. Son aquellos desperdicios que según los costos se estiman cuando el valor monetario al eliminarlo sea mayor a costo/beneficio, relación que es de entender de manera sencilla.

b. Desperdicios Evitables. Son aquellos donde el costo de eliminación de los desperdicios son menores al costo/beneficio, por tal motivo es de aquí donde arranca con fuerza el concepto y estudio de Gestión de Desperdicios en la construcción.

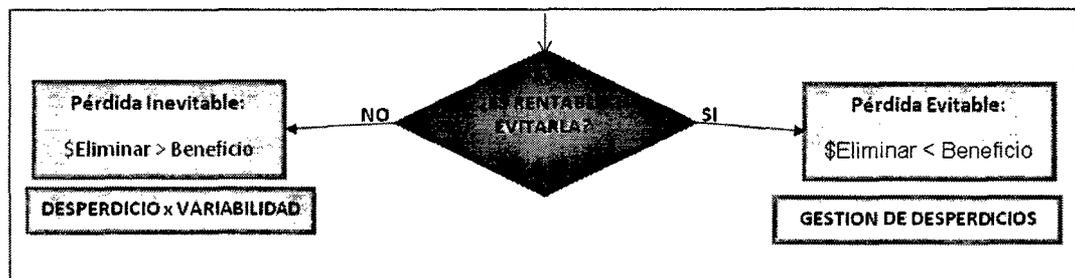


Fig 2.2. Flujo de Rentabilidad del Desperdicio

Fuente: Balta 1070, 2008

2.1.3 Principales Pérdidas en Edificaciones

La teoría del Just in Time, estudiada por Kenishi Ohno, nos detalla las principales pérdidas en edificaciones, las cuales son las siguientes:

Pérdidas en movimientos, que se refiere a la baja productividad generada por exceso de movimientos físicos de los obreros o de los malos movimientos que generan pérdidas.

Para el caso de pérdidas de transportes, se deben a la falta de planeamiento en el traslado de materiales (salvo casos que nos obligan a no tener otra opción).

Las pérdidas por superproducción son generadas por producir más de lo demandado, generando así fuertes costes financieros y de control y mantenimiento de obra, un tema que abre una vulnerabilidad a las pérdidas con el tiempo.

Pérdidas de procesamiento son generados cuando se identifican errores en materia de diseño, tanto en obra como en procesos que generan fuertes costos de producto del desarrollo de actividades sin valor agregado, provocando despilfarros y desperdicios de materiales tanto como los de horas hombre.

Pérdidas por espera, que se deben a imperfectos en la programación, coordinación, falta de materiales, factores climáticos y paras que perjudiquen al proyecto.

Aunque técnicamente estas vienen de raíces como las pérdidas en materiales, horas hombre y procesos, las listadas son las más conocidas en el mundo de la construcción, razón por la que son vitales a estudiar en esta investigación.

Así como definimos al inicio podemos clasificar los desperdicios de acuerdo a su causa. Es obvio que hay orígenes que se encargan de marcar diferencia y tomar importancia en el estudio, sin embargo en el transcurso de la investigación se enfoco claramente la siguiente clasificación:

Sobreproducción

Es aquella cantidad mayor de recursos que la requerida o antes de tiempo. Incluye desperdicios de materiales, horas de trabajo o uso de equipo. Produce inventarios de productos sin terminar o aún su pérdida como elemento común.

Sustitución

Corresponde al desperdicio de dinero al emplear material más caro que otro de igual desempeño. O de tareas simples por un trabajador calificado. O uso innecesario de un equipo sofisticado.

Tiempo de espera

Tiempos muertos por falta de sincronización y disponibilidad de materiales. O tasa de producción en diferentes grupos o equipos. Demoras por carencia de materiales, o falta de espacio para trabajo.

Transporte

En el movimiento interno de material. Excesivo manipuleo. Uso de equipo inadecuado. Recorridos deficientes. Producto de un pobre trazado y carencia de planeación. Se pierden horas de trabajo, energía, espacio y de material durante el transporte.

Procesamiento

Relacionado directamente con la tecnología empleada en la realización de tareas o partidas específicas. En colocación de materiales.

Inventarios

En exceso o innecesarios que conduce a pérdidas de material (por deterioro, condiciones inadecuadas, robo, vandalismo) y pérdidas monetarias por capital

sin uso. Resultante de falta de planeación y desconocimiento de las cantidades necesarias.

Movimiento

Innecesarios o ineficientes hechos por los trabajadores. Involucra uso inadecuado de equipo, métodos de trabajo poco efectivos o deficiencias de arreglo del lugar de trabajo.

Producción de productos defectuosos

El producto final no cumple los requerimientos de calidad. Podría conducir a re-trabajos, introducción de material innecesario por resanes. Debido a diseños y especificaciones pobres, carencia de planeación y control, falta de coherencia entre el diseño y la producción.

Otros

De distinta naturaleza, como robos, vandalismos, mal tiempo, accidentes.

Para seguir con la base teórica seguiremos con relaciones que son de interés analizar antes de entrar a la aplicación.

a. Relación de Costo Beneficio en Desperdicios

Según el tipo al que pertenezca el desperdicio podemos hablar de beneficios, todo obviamente en función al tipo de sistema de gestión de desperdicios que se aplique en la zona de estudio. Esta relación es el término más sencillo de entender pero complejo de aplicar, debido a que existe una delgada línea entre el costo que implica el beneficio de reducir los desperdicios en obra y la pérdida que se genere por forzar un sistema del que económicamente no es necesario.

Al igual que el análisis de rentabilidad mostrada en paginas anteriores, se tiene que hacer un estudio profundo y decidir si en verdad necesitamos dar nuestro tiempo y estudiar la posible rentabilidad del reducir los desperdicios, caso que

mostramos a continuación en un gráfico que nos detalla el consumo de concreto premezclado y el avance que se obtuvo en el transcurso de las semanas:

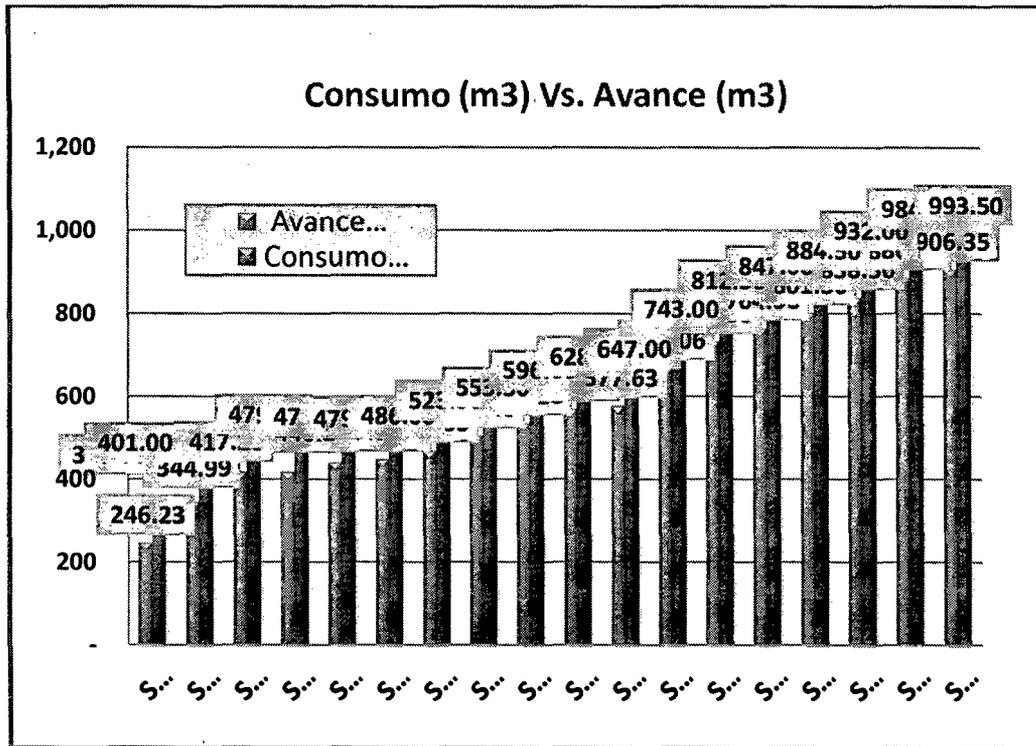


Fig 2.3. Consumo de Materiales vs Avance en Obra

Fuente: Propia.

Este gráfico del consumo acumulado de concreto premezclado de alguna manera nos ayuda a poder decidir si el esfuerzo por reducir los desperdicios generados al momento, digamos, del vaciado de una losa maciza es más beneficioso que solo dejar que se pierda en el camino.

A este análisis podríamos complementarla con hacer un análisis de los procesos implicados en el 'antes' y 'después' con el fin de analizar si debido a estos desperdicios existen actividades que se ven perjudicadas y/o generan otras pérdidas importantes como las del re-trabajo (que implican horas hombre), la falta de calidad y otras observaciones que salen en un simple análisis.

Es por esto que la relación entre el costo beneficio de implementar un sistema de gestión de desperdicios es el punto de partida antes de comenzar a aplicar conceptos que rondan en muchos documentos. Cada proyecto es absolutamente diferente a otro, por más semejante que sean los objetivos, los procesos, las

inversiones, el modo en que se enfoque estos estudios será lo que marque la diferencia.

b. Relación Entre Desperdicio y Calidad

Si bien es cierto los desperdicios son más relacionados al tema de reducción de pérdidas de materiales, la relación entre el desperdicio y la calidad es sin duda directa.

En realidad son muchos los beneficios que figuran al contar con un Sistema de Gestión de Calidad en las empresas constructoras, entre ellos mencionamos las siguientes:

- Mayor nivel de competitividad en el mercado
- Disminución importante de los costos asociados a la "no calidad" (desperdicios, tiempo perdido).
- Permite a los clientes de la industria de la construcción confiar en la calidad de los servicios y productos que contratan, disminuyendo así los atrasos y reclamos, permitiendo un mejor uso de los recursos de la sociedad.
- Ayuda a la organización a insertarse al mundo de la globalización.
- Tener definida una estructura organizacional flexible que le permita crecer y contraerse en forma ordenada.
- Mejor aprovechamiento de los recursos humano, administrativo y operativos.
- Mayor rentabilidad del negocio
- Poderosa herramienta a la hora de enfrentar un mercado cada vez más competitivo y cambiante.
- Ayuda a la empresa adaptarse a nuevas leyes laborales y ambientales

En lo anterior notamos claramente a la mayoría de puntos relacionados con desperdicios. Ciertamente estos desperdicios se presentan de diferentes formas, como por ejemplo, en materiales, tiempo perdido, etc. y que se basan en términos netamente de la gestión de la calidad. Es clara la relación.

Costos de la "No Calidad" en la Construcción

Los items que conforman el costo de la "no calidad" en realidad forman una larga cadena. Entre otros podemos mencionar:

- Desperdicios de materiales
- Materiales mal utilizados
- Productos defectuosos que deben ser separados
- Horas hombre utilizadas en estas reparaciones
- Atrasos en las entregas
- Multas por incumplimientos en las fechas de entrega
- Tiempo y recursos asignados a atender reclamos
- Tramitaciones
- Control de inventarios de los productos defectuosos
- Algunas deficiencias de organización interna de nuestras empresas (por ejemplo, los pedidos duermen días en los departamentos de compra o en el departamento de venta del proveedor por falta de seguimiento)
- Otros problemas externos como demora en enviar los planos o detalles por parte del cliente, detalles no especificados o modificados a último momento.

Todos estos costos adicionales por pérdida de mercado , ya sea por problemas de calidad , de incumplimiento en la entrega o por presupuestos elevados para poder cubrir los costos de la "no calidad", que generan diversos tipos de desperdicios de las que enfocamos nuestra investigación.

Teniendo en cuenta lo antes planteado, sabe usted cual es el costo de la no calidad en su proyecto?, acaso estamos dispuestos a perder ese dinero todos los días?, o, cree entonces necesario ahondar fuerzas por analizar estos desperdicios y gestionarlos?.

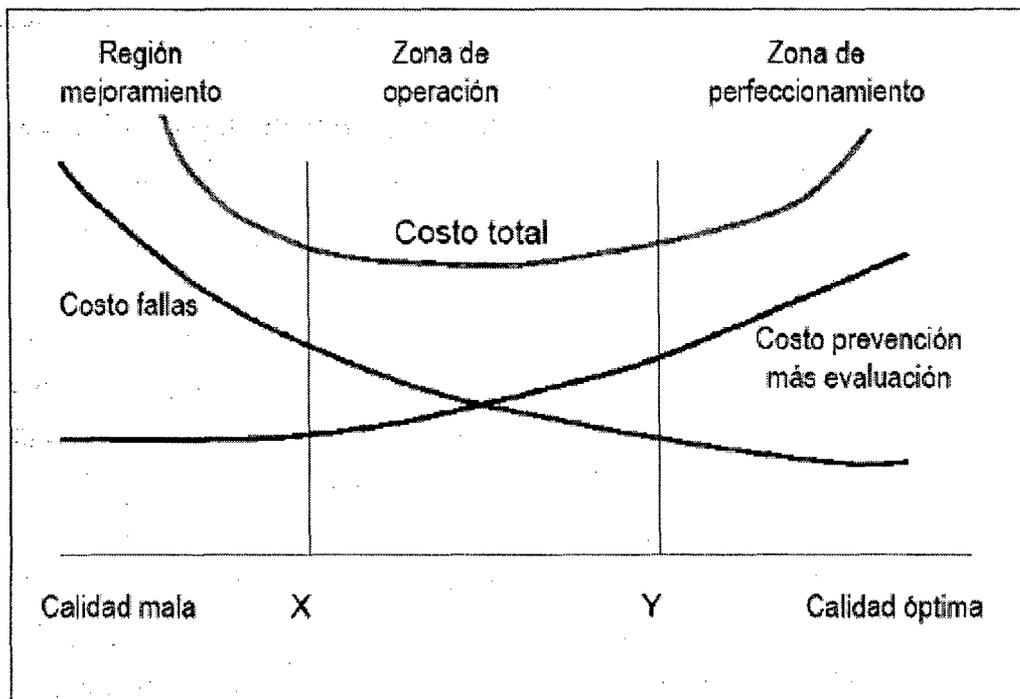


Fig 2.4. Zonas en los costos totales de la no calidad,
 Fuente: Ruben Gomez Sanchez, 2008.

Luego de este resumen mostramos en la Figura las curvas de costos por fallas versus costos de prevención mas evaluación (Ruben Gomez, 2008), donde, tan igual como un análisis de costo beneficio, lo más viable implicaría llegar a coincidir las curvas para llegar al nivel mas óptimo de calidad, donde la inversión de la misma no sea menor a la proporción de fallas en un proyecto, como tampoco exceda el presupuesto determinado según su presupuestado. Aunque para llegar al nivel de obtener una calidad óptima implica hacer una buena inversión, en el grafico se muestra claramente que ese procedimiento significaría mayores costos en el control. La zona de operación sería el tramo más viable el cual se debería de conservar en una construcción, sin importar las características técnicas.

Ante lo mencionado la gestión de desperdicios es un valor de análisis que cubre un segmento bastante importante en la calidad de nuestros procesos para el cliente, significa mejorar los procedimientos tanto como los procesos y el control desde el inicio con el fin de esperar resultados óptimos. Para esto la meta implicaría reducir al máximo los desperdicios, sin llegar a exagerar los costos al aplicar estos conceptos y quizás solo lo suficiente como para entender

claramente que esta inversión es más beneficiosa que, por ejemplo la eliminación del desperdicio dado (obviamente en el análisis de materiales).

c. Relación Entre Desperdicios Generados y Productividad En Obra

La medición del desempeño actual del sistema de producción se convierte en punto de partida en la implementación de cualquier sistema de mejoramiento. La identificación de pérdidas, a través de técnicas, ha sido utilizada como medida indirecta de productividad, ya que asume que al identificar las categorías y causas de las pérdidas en la construcción y reducirlas, se incrementa la productividad.

En la industria de la construcción una herramienta útil en este caso es el empleo de listas de comprobación, donde se verifican los aspectos relevantes de la obra, antes, durante y después de la construcción, a saber:

- a. Licencias y permisos en orden
- b. Observación de normatividad ambiental
- c. Uso de herramientas adecuadas
- d. Observancia de medidas de seguridad
- e. Cumplimiento de especificaciones de construcción

También es necesario para llevar a cabo el estudio el trabajo dividiéndolo en diferentes categorías para observar y evaluar que hace cada obrero dentro de la obra.

Dichas categorías son las ya mencionadas Trabajo Productivo, Trabajo Contributorio y Trabajo no Contributorio.

Como principio de mejoramiento del desempeño de proyectos en construcción y una vez categorizado el tiempo empleado e identificadas las causas de ocurrencia de pérdidas, se propone buscar la eficiencia del trabajo productivo, minimizando el tiempo destinado al trabajo contributorio y eliminando el tiempo no contributorio (pérdidas). Esta técnica presenta múltiples ventajas por su sencillez, tiene validación estadística, permite medir la variabilidad de las

diferentes actividades durante la obra y permite detectar oportunidades de mejoramiento en los proyectos de construcción, situación no evidente utilizando los sistemas tradicionales de control de producción.

De los métodos expuestos en este capítulo, el que más acopla a cualquier tipo de obra es el de la Gerencia de la calidad y productividad. Por tal motivo este método es una base para la evaluación de la calidad.

d. Relación Entre Calidad y Desperdicios En Obra

El desarrollo de este punto fue aclarado con mayor énfasis anteriormente, solo que en esta oportunidad debemos mencionar que la Calidad es un factor inversamente proporcional a los desperdicios en una obra.

2.1.4 Experiencias de Identificación de Pérdidas

Los trabajos sobre desperdicios en la construcción han tenido diferentes enfoques. Los hay que enfatizan en el daño ambiental. Otros en el agotamiento de materiales y energía, así como en el uso innecesario de transporte. También hay propuestas para emplear el desperdicio en su origen reduciendo las áreas de disposición final. Igualmente, propuestas para dar cumplimiento a las políticas y regulaciones ambientales. Hay también estudios que proponen medidas preventivas especialmente en la parte de almacenamiento y manipulación de materiales. También hay estudios que enfocan la atención en deficiencias del sistema de gestión. Finalmente, se considera que los desperdicios obedecen a una combinación de causas, y no sólo a un factor aislado.

En Brasil, un estudio conocido está basado en las tareas realizadas en un solo lugar mostrando que se incorporan materiales innecesarios en la construcción. Se han analizado también las principales causas de los desperdicios a partir del seguimiento en cinco diferentes lugares durante un periodo de cinco a seis meses. Un ambicioso programa reciente involucró el trabajo de quince universidades y más de cien construcciones, siguiendo los desperdicios en dieciocho materiales. Los resultados indican:

- Que los costos por desperdicios son mucho más altos que los consignados por las empresas.
- Que los resultados son muy variados, aún en obras aparentemente similares.
- No hay una política de gestión para desperdicios ni control del material usado.
- La carencia de conocimiento es una causa importante. Simplemente, no se conoce lo que se desperdicia.
- La mayoría de las causas están relacionadas con fallas en la gestión, y poco que ver con la calificación y motivación de los trabajadores.
- Una porción importante de desperdicio ocurre por problemas en etapas previas a la construcción, como en el diseño, planeación, suministro de material y otros.

Respecto al sentido de los estudios:

- La mayoría asocia materiales perdidos como sinónimo de desperdicio, sin considerar los otros recursos involucrados.
- La recolección de datos es muy costosa e involucra a personas no familiarizados con tareas de monitoreo, y los procedimientos usados en los estudios no se ajustan a los tiempos reales de control de producción.
- Usualmente el uso de los resultados de los estudios no es posible porque se presentan con posterioridad a la culminación de la obra de referencia.
- El personal del estudio es externo y no involucra a los propios interesados, así el proceso de aprendizaje es limitado.

Este estudio sigue las siguientes líneas: (a) control en ciclos de producción cortos; (b) amplio concepto de desperdicio; (c) involucrar a las empresas en el proceso de aprendizaje.

2.2 PROCESOS CONSTRUCTIVOS

Conceptos Básicos

Teóricamente la productividad no es más que la cantidad producida entre los recursos empleados. De igual manera también se puede definir en forma más explícita 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. Es decir, la productividad comprende tanto la eficiencia como la efectividad, ya que de nada sirve producir muchos metros cuadrados de muros de albañilería en una obra, utilizando muy eficientemente los recursos de mano de obra, si estos muros resultan con serios problemas de calidad, hasta el punto que deben demolerse posteriormente para rehacerlos.

Es lógico que cuanto las metas sean cumplidas efectivamente y la utilización de recursos sea la más adecuada, se tendrá un funcionamiento efectivo y eficiente en la empresa, o de modo más sencillo, existirá una alta productividad que es lo que todos queremos llegar a entender.

La productividad requiere para su logro, que todos los niveles de una organización aporten a ella. La organización, tanto en su accionar interno como en su interacción con el entorno, debe proveer las condiciones y recursos para que los grupos de trabajo puedan llevar a cabo sus tareas de manera productiva. A su vez, los grupos de trabajo, en su conformación y dirección deben aportar a cada uno de los individuos que los conforman, las condiciones y recursos para permitirles lograr una alta productividad. Finalmente, los individuos aportan sus habilidades y actitudes para obtener una alta productividad en sus tareas específicas.

La responsabilidad de lograr una organización productiva recae sin duda en el administrador del proyecto, quien debe proveer los recursos y capacidades necesarias para ejecutar las obras, la dirección, la planificación y control de estos recursos y de todo el proceso, las decisiones respecto a la metodología, secuencia y otros aspectos relevantes, un ambiente de trabajo adecuado y la información para que los grupos de trabajo puedan desempeñarse

productivamente. A su vez, los grupos de trabajo, por ejemplo una cuadrilla, deben contar con una adecuada dirección y con el personal apropiado para cumplir con sus tareas, deben ser bien conformados y balanceados sobre la base de las capacidades requeridas y deben contar con los recursos necesarios, entre otras cosas. Finalmente, los trabajadores se desempeñan más o menos productivamente, según si cuentan con la capacitación necesaria, se están debidamente motivados y si no están restringidos por factores externos en la ejecución de sus tareas.

Cabe remarcar, en esta parte introductoria, que la productividad esta asociada a un proceso de transformación, como mostramos en la figura 2.1 que observamos a continuación:

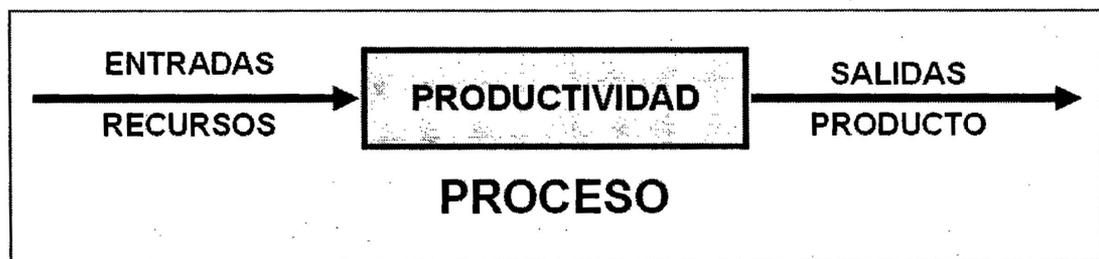


Fig 2.5. Proceso y Productividad

Fuente: Alfredo Serpell B., 2002

Considerando los diferentes tipos de recursos, es posible hablar de las siguientes productividades:

- a. Productividad de los materiales.- En la construcción es importante una buena utilización de los materiales, evitando todo tipo de pérdidas.
- b. Productividad de la mano de obra.- Es un factor crítico, ya que es el recurso que generalmente fija el ritmo de trabajo en la construcción y del cual depende, en gran medida, la productividad de los otros recursos.
- c. Productividad de la maquinaria.- Este factor es importante por el alto costo de los equipos siendo, por lo tanto, muy relevante evitar las pérdidas en la utilización de este tipo de recurso.

En la figura 2.2 resumimos los principales tipos de productividad en la construcción. Su agregación determina la productividad general de la gestión de una obra.

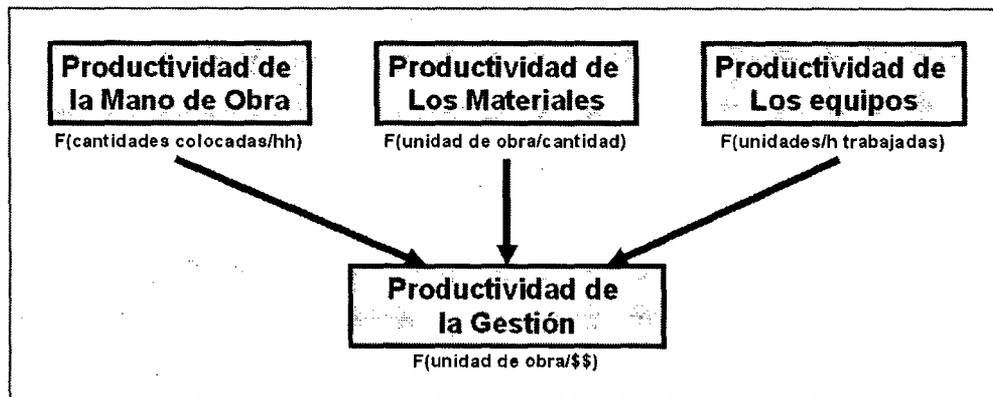


Fig 2.6. Tipos de Productividad
Fuente: Alfredo Serpell B., 2002

Hay muchos factores que afectan la productividad en la construcción. Lo importante para el administrador de una obra es saber cuáles son los más negativos, para poder actuar sobre ellos de modo de disminuir su efecto, y cuales aportan positivamente de manera de incrementar su efecto. Es importante entonces comprender que la productividad es un problema extremadamente complejo, debido a la gran cantidad y a las características de los elementos que tienen relación con ella.

Para lograr una buena productividad, es necesario que aporten todos los que pueden de una u otra manera afectarla, es decir, todos aquellos que tengan que ver con la ejecución del trabajo. Los más importantes a este respecto son los siguientes: cliente o dueño, proyectistas, constructor, mano de obra y proveedores.

Antes de finalizar esta parte introductoria, es vital hablar del trabajo. Esta es la expresión final o la demostración de la acción de la administración.

Los elementos básicos del trabajo son:

- a. Personal:
 - aporta habilidades o capacidades
 - demanda satisfacción de deseos y necesidades
- b. Materiales necesarios para le ejecución del trabajo

- c. Ubicación: -acceso al trabajo
 -entorno de la obra
- d. Herramientas y equipos requeridos
- e. Información: -técnica
 -de gestión

Además, el contenido de trabajo de una tarea o actividad de construcción se compone de:

- a. Trabajo no Contributorio o no Productivo (TnC): Cualquier actividad que no corresponda a alguna de las categorías siguientes. Algunos ejemplos son: caminar con las manos vacías, esperar que otro obrero termine su trabajo, fumar, etc.
- b. Trabajo Contributorio (TC): Aquel trabajo de apoyo, que debe ser realizado para que pueda ejecutarse el trabajo productivo. Algunos ejemplos de actividades en esta categoría: recibir o dar instrucciones, leer planos, retirar materiales, ordenar o limpiar, descargar un camión, etc.
- c. Trabajo Productivo (TP): Aquel trabajo que aporta en forma directa a la producción, incluyendo actividades tales como la colocación de ladrillos, el pintado de un muro o la colocación de fierros.

Para esquematiza de mejor manera mostramos a continuación la composición normal del contenido de trabajo. La productividad del trabajo se mide en relación al contenido de trabajo productivo. En la figura 2.3 mostramos lo descrito:

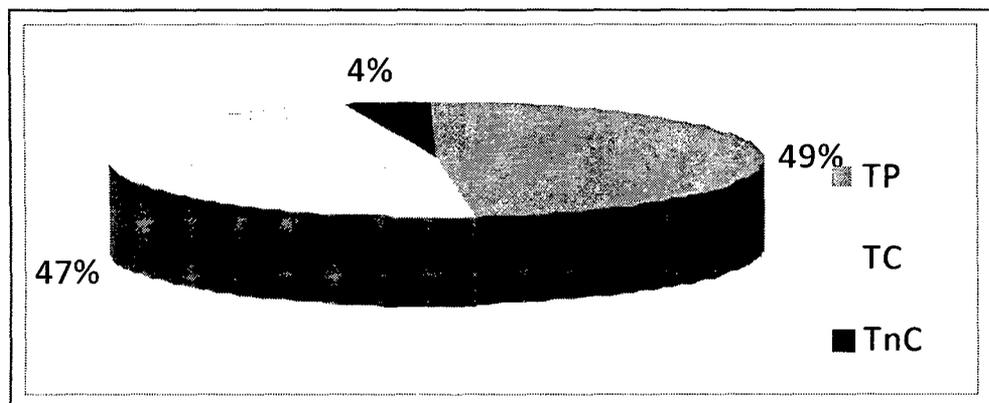


Fig 2.7. Ejemplo de Distribución del Trabajo.

Fuente: Propia

Cabe mencionar que los chilenos hicieron una extensiva en conocer mejor los tipos de trabajo que existen en varias de sus obras o proyectos, donde en el transcurso determinaron ciertos indicadores interesantes.

En varias de sus obras en que se ha realizado un seguimiento continuo de sus índices de trabajo en las distintas categorías y en las que se han aplicado sistemas de mejoramiento de la productividad, se han logrado valores muy superiores al promedio nacional, con un trabajo productivo del 55% o más, contributorio de 24% y del trabajo no contributorio de 15%. Esto ha permitido establecer un conjunto arbitrario de valores óptimos que constituyen una meta general para las obras. Estos son:

Trabajo productivo:	60%
Trabajo contributorio:	25%
Trabajo no contributorio:	15%

Uno de los problemas más serios en relación a las pérdidas que se producen en obra se encuentran en sistemas inadecuados de control (costo, avance físico, etc.) que no muestran adecuadamente las actividades no contributorias durante la ejecución del trabajo, las que pasan normalmente desapercibidas en el contexto general.

Las actividades no contributorias provienen básicamente de deficiencias de las siguientes fuentes:

- Dirección de la obra
- El trabajador
- El método de trabajo
- El proyecto
- Las condiciones ambientales y de seguridad.

Por otro lado, la velocidad o ritmo de trabajo es establecida básicamente por estos mismos elementos. Algunos elementos críticos al respecto son:

- La entrega a las cuadrillas de los elementos necesarios para la ejecución del trabajo
- Los métodos utilizados para ejecutar los trabajos

Factores que Afectan la Productividad de la Construcción

Existe una gran cantidad de factores que tienen algún efecto sobre la productividad de la construcción. A continuación se presentan los más importantes, cuyos efectos serán analizados a lo largo del desarrollo de este documento.

Efectos Negativos en la Productividad

Los principales factores que afectan negativamente a la productividad son los siguientes:

- a. Sobre tiempo programado y/o fatiga
- b. Errores y omisiones en planos y especificaciones.
- c. Muchas modificaciones durante la ejecución del proyecto
- d. Diseños muy complejos.
- e. Diseños incompletos, atrasados.
- f. Agrupamiento de trabajadores en espacio reducidos.
- g. Falta de supervisión del trabajo.
- h. Reasignación de la mano de obra de tarea en tarea.
- i. Ubicación inapropiada de los materiales.
- j. Temperatura o clima adverso.
- k. Mala o escasa iluminación de los frentes de trabajo.
- l. Nivel de agua subterránea muy superficial.
- m. Mucho ausentismo de trabajadores.
- n. Mucha rotación de personal (contrataciones y despidos).
- o. Falta de equipos y herramientas cuando se necesitan.
- p. Alta tasa de accidentes en el trabajo
- q. Disputas jurisdiccionales entre cuadrillas.
- r. Disponibilidad limitada de mano de obra adecuada y capacitada.
- s. Composición y tamaño inadecuado de las cuadrillas.
- t. Situación económica del país y nivel de desempleo.

- u. Exceso de tiempo en la toma de decisiones.
- v. Ubicación de la obra en un lugar de difícil acceso.
- w. Exigencias excesivas de control de calidad.
- x. Interrupciones no controladas (café, ida a los servicios, etc.)
- y. Hora del día a día de la semana, que provocan variaciones en el desempeño de las personas.
- z. Características de tamaño y duración de la obra, poco motivadoras para el personal.

Factores que Tienden a la Mejora

Los principales factores que ayudan a un mejoramiento de la productividad, son los que se indican a continuación:

- a. Aprovechamiento del fenómeno de aprendizaje.
- b. Programas de seguridad en la obra.
- c. Programas educacionales y de capacitación del personal.
- d. Uso de materiales y equipos innovadores.
- e. Prefabricación de partes de obra.
- f. Utilización de técnicas modernas de planificación.
- g. Utilización de ayudas computacionales.
- h. Uso de hormigón premezclado.
- i. Aplicación de ingeniería del valor.
- j. Programas de motivación del personal.
- k. Revisión de diseños para una construcción más simple (mejoramientos de la constructividad).
- l. Estandarización de las partes y elementos de la obra.
- m. Pre-planificación de las operaciones.
- n. Programación a intervalos cortos, a nivel de cuadrillas.
- o. Practicas eficientes de adquisiciones.
- p. Uso de modelos a escala para el análisis de la ejecución de operaciones y de la distribución de áreas.
- q. Estimular un espíritu de competencia sano entre cuadrillas.
- r. Usar incentivos en los contratos de obras.
- s. Utilización eficiente de los subcontratistas.
- t. Disponibilidad suficiente de herramientas.

- u. Uso de estudios de tiempo y movimientos, para mejorar la eficiencia, reducir la fatiga y trabajar más racionalmente.
- v. Buena supervisión del trabajo.
- w. Análisis de películas con intervalos de tiempo para el estudio y mejoramiento de métodos.
- x. Aplicación de herramientas de ingeniería industrial a la construcción.
- y. Uso de muestreo del trabajo e informes de costos para controlar la eficiencia de la dirección de la obra.
- z. Optimización del sistema productivo (instalaciones de faena).

Un buen administrador de obra debe conocer estos factores para saber donde y como actuar, reduciendo o anulando los efectos negativos y promoviendo aquellos que tienden a mejorar la productividad.

El efecto de los factores que reducen la productividad pueden resumirse en cinco categorías de pérdidas de productividad, tal como se muestra en la figura 2.4:

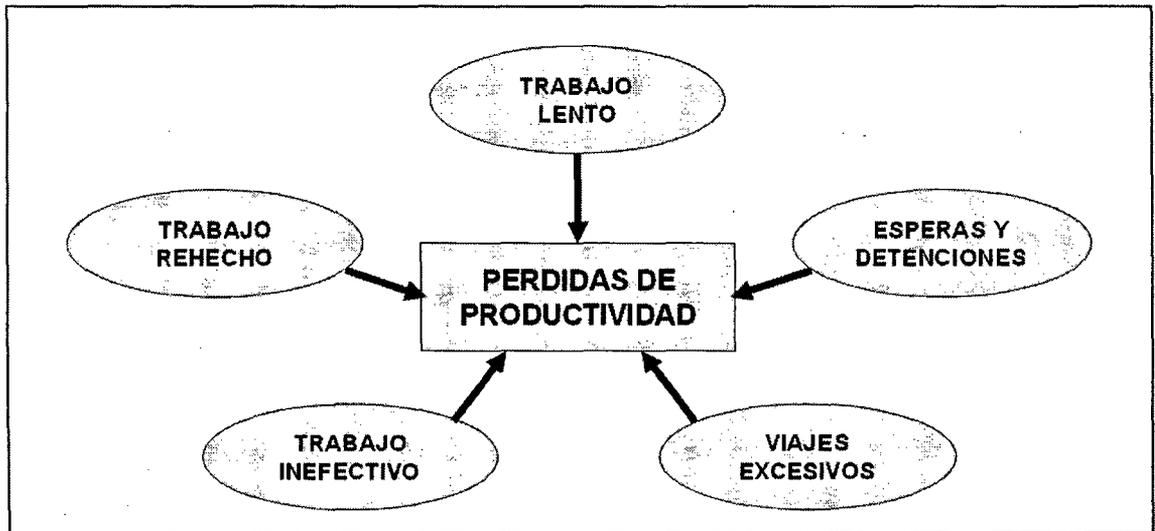


Fig 2.8. Principales categorías de pérdidas de productividad.

Fuente: Alfredo Serpell B., 2002

Algunos ejemplos de factores de pérdida para cada una de estas categorías, son los siguientes:

- a. Esperas y detenciones: esperando por materiales, esperando cancha, esperando información, etc.

- b. Viajes excesivos: demasiados tramites en diferentes lugares, caminos mal diseñados o poco claros, deficiente distribución de las instalaciones de faenas, etc.
- c. Trabajo lento: obreros poco capacitados, obreros desmotivados, fatiga, clima adverso, exceso de personal, etc.
- d. Trabajo inefectivo: cambio continuo en las faenas del personal, invención de trabajos para mantener ocupado al personal, etc.
- e. Trabajo rehecho: reparación de nidos de piedras y elementos desaplomados, fallas en mediciones, cambios de diseño, etc.

Finalmente es importante establecer que la productividad incluye la obtención de la calidad requerida para la obra y sus partes. Este aspecto es muy importante ya que en ocasiones se incentiva la producción, y en su afán de obtener incentivos el trabajador va dejando de lado la calidad. La consecuencia inmediata es la aparición de un factor que es extremadamente negativo para la productividad, y que corresponde a rehacer trabajos. Es por ello que no debe olvidarse que el tiempo, el costo y la calidad son objetivos que generalmente contraponen:

Mayor calidad:	mayor tiempo y/o mayor costo
Menor tiempo:	menor calidad y/o mayor costo
Menor Costo:	menor calidad y/o mayor tiempo

Y por lo tanto, cuando se desea actuar sobre uno de ellos, no deben descuidarse los otros.

2.2.1 Alternativas Planteadas más Comunes

Antes de conocer las alternativas planteadas tenemos que conocer cuáles son las más comunes pérdidas en la productividad. De esta mostraremos un resumen.

Causas de Pérdidas de Productividad

Las principales causas que provocan pérdidas de productividad se encuentran en las siete categorías que se presentan en la figura 2.5:

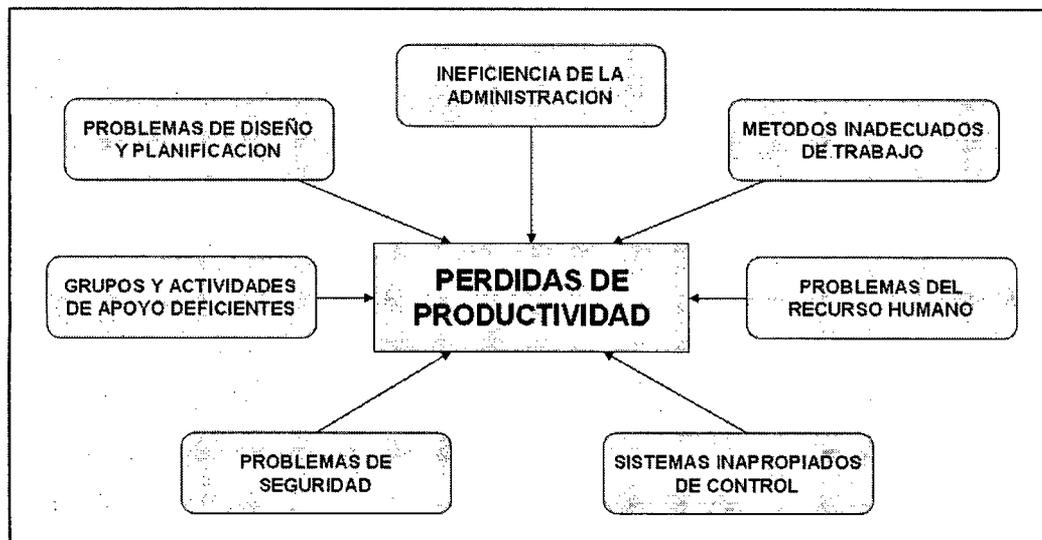


Fig 2.9. Principales causas de pérdida de productividad.

Fuente: Alfredo Serpell B., 2002

Cada una de estas causas tiene a su vez un subconjunto de factores que las determinan. Estos factores se describen a continuación.

Problemas de Diseño y Planificación

Los problemas en esta categoría se producen por las siguientes deficiencias mas relevantes:

- Problemas de la interface ingeniería-construcción, que se traducen en problemas de atraso en el diseño, diseños muy complejos, etc.
- Falta de planificación preliminar o de preparación de la ejecución de la obra
- Deficiente estimación de costos
- Falta de planificación operacional o de corto plazo del trabajo en terreno
- Falta de información y herramientas adecuadas de control del proceso de ejecución de la obra
- Poca constructibilidad de los diseños y de los métodos de construcción

Ineficiencia de la Administración

Es posible identificar varias deficiencias de la administración de los proyectos, que provocan pérdidas de productividad. Las principales son las siguientes:

- Falta de supervisión efectiva, lo que normalmente significa una razón supervisor/supervisados muy baja (ejemplo: un capataz para 50 obreros)
- Problemas de coordinación y comunicación debido a una organización mal diseñada
- Estado inadecuado de los supervisores o ejecutivos de primera línea. ¿Son o no administradores?
- Planificación de los trabajos, realizada por personas que no tienen la calificación para ello. Normalmente se le deja la planificación operacional a los jefes de obra y capataces, los que generalmente no cuentan con la capacitación requerida para hacerlo en forma efectiva.
- La falta de planificación operacional deriva en un déficit importante de control a este mismo nivel
- La administración generalmente es mas reactiva que preventiva. En la construcción se trabaja mucho dentro del esquema de 'apagar incendios', lo que limita su efectividad. Adicionalmente, las obras muchas veces están subdotadas de personal ejecutivo o estos están sobrecargados de tareas administrativas que les impiden poder focalizar su esfuerzo en la dirección del proceso de construcción.

Métodos Inadecuados de Trabajo

Dentro de esta categoría, las principales deficiencias se encuentran en las siguientes áreas:

- Deficiente utilización de recursos, debido a cuadrillas sobredimensionadas, maquinaria y equipos subutilizados y mal aprovechamiento de materiales
- Uso de tecnologías inadecuadas para el tipo de trabajo
- No consideración de alternativas más eficientes para la realización de los trabajos
- El gran problema de la mala calidad de los procesos de construcción

- Falta de utilización y aprovechamiento de experiencias de proyectos anteriores, lo que lleva a cometer los mismos errores nuevamente.

Problemas de Recursos Humanos

El recurso humano que trabaja en la construcción en nuestro país, presenta varios problemas que afectan significativamente el desempeño de las obras, entre los que se identifican los siguientes:

- Capacitación deficiente, lo que provoca problemas de calidad, lentitud en la ejecución de los trabajos, etc.
- Problemas importantes de seguridad en la obra, lo que impacta negativamente el desempeño de las personas
- Falta de la función de gestión del recurso humano en las obras, lo que se traduce en poca motivación y satisfacción en el trabajo
- Responsabilidad a los trabajadores del logro de una buena productividad, sin reconocer que la influencia que ellos tienen sobre este es mínima
- Poca o ninguna utilización de la experiencia del personal

Ante esto, y agregando lo definido por Serpell en su libro, uno de los problemas que forman parte de los recursos humanos es el problema de la seguridad. Los niveles de seguridad en las obras de construcción son inadecuados, en particular por una falta de conciencia de la administración de los impactos que tienen los accidentes en el desempeño de la obra y por una deficiente fiscalización de las condiciones de prevención de riesgo de las obras. El impacto de las deficiencias de seguridad en la motivación y el ambiente de trabajo en obra puede llegar a ser importante. A su vez, los accidentes producen pérdidas personales, de productividad y económicas que pueden ser de gran magnitud.

Problemas de los sistemas Formales de Control

En la construcción se usan sistemas de control orientados preferentemente a una comparación de los costos reales con los costos presupuestados, la que se realiza periódicamente. Sin embargo, estos sistemas adolecen de varias deficiencias:

- Normalmente no miden productividad, lo que impide focalizar adecuadamente las acciones correctivas
 - No muestran los problemas de productividad en forma explícita, por lo que muchos de ellos no se identifican y no se corrigen
 - La información incluida en estos sistemas puede ser distorsionada, con lo que se esconden problemas hasta que es demasiado tarde para corregirlos
 - No identifican claramente las responsabilidades por buen o mal cumplimiento
 - No indican explícitamente las deficiencias de las actividades de apoyo a la producción
- Enfatizan la atención sobre ítems que sobrepasan el presupuesto, sin considerar ni aprovechar grandes potenciales de ahorro que pueden existir en aquellos que están bajo el presupuesto

Mejoramiento de la Productividad

La descripción que se ha presentado en relación al gran número de problemas que pueden afectar la productividad en la construcción, entrega una pauta para evaluar la situación que presenta una empresa u obra y para tomar acciones correctivas orientadas a la solución de los problemas identificados y el mejoramiento de la productividad. Para llevar a cabo lo anterior es conveniente utilizar el ciclo de mejoramiento de la productividad, tal como se muestra en la figura 2.9.

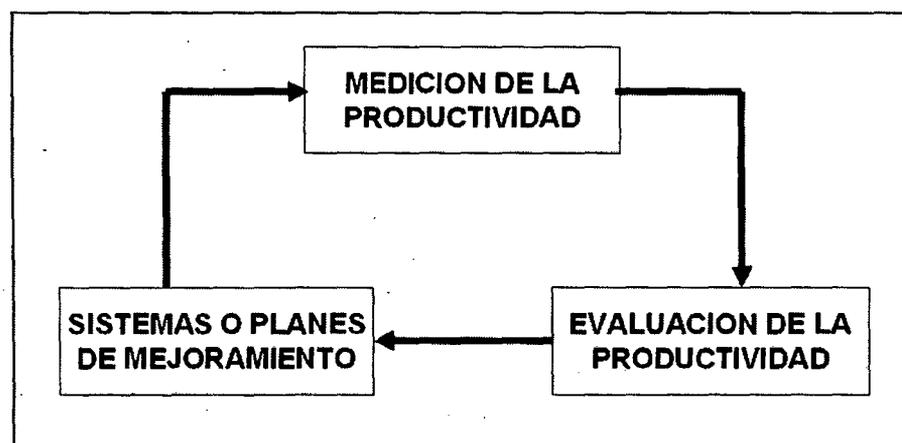


Fig 2.10. Ciclo de mejoramiento de la productividad.

Fuente: Alfredo Serpell B., 2002

Cada una de las etapas comprende actividades que deben ser realizadas para el mejoramiento. Estas son:

a. Medición de la productividad

* Toma de datos

* Análisis y procesamiento de la información

b. Evaluación de la productividad

* Diagnostico

* Identificación de problemas

* Determinación de cursos de acción

* Evaluación de alternativas

c. Sistemas o planes de mejoramiento

* Implementación de estrategias y acciones de mejoramiento

* Seguimiento y control de la implementaron y sus resultados

Una de las actividades básicas para el mejoramiento es la medición de la productividad. En la figura 2.7 se presenta un esquema sencillo que puede ser utilizado para medir la productividad de las obras de construcción. Este esquema puede ser utilizado a nivel general, es decir para medir la productividad global o puede utilizarse para la medición de algunas actividades importantes o un conjunto de ellas.

El sistema de medición de la productividad tiene los siguientes objetivos:

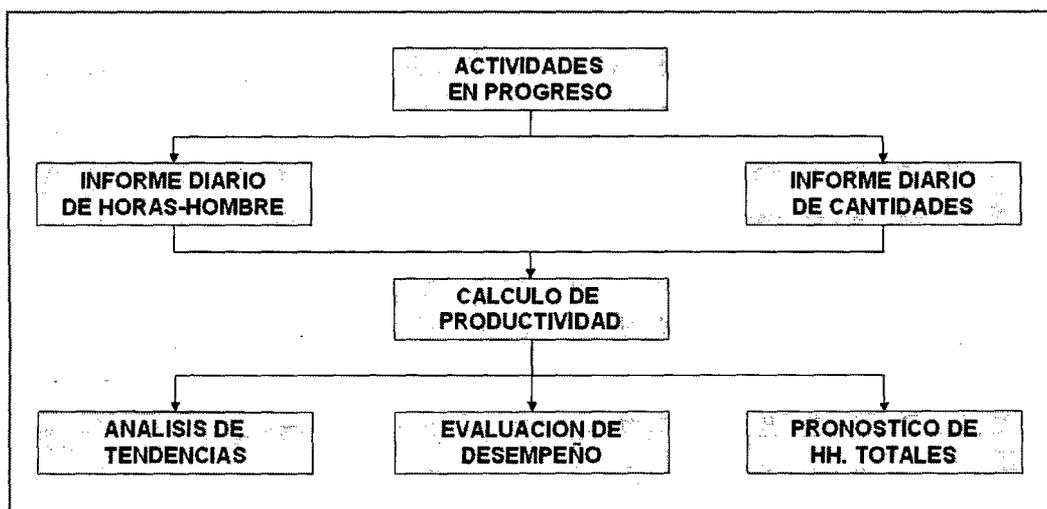


Fig 2.11. Esquema para la medición de la productividad.

Fuente: Alfredo Serpell B., 2002

- Determinar las razones que hacen que una obra o actividad sea más productiva que otras similares o iguales
- Medir e identificar las diferencias existentes
- Evaluar el desempeño en forma objetiva
- Servir de marco de referencia para las otras etapas del ciclo de mejoramiento de la productividad
- Realizar análisis de tendencia, proyectando los resultados hacia el futuro (termino de la obra)
- Realizar pronósticos de costo, plazo, etc.

Una de las formas para graficar el grado de mejoramiento de la productividad para una obra se muestra en la figura 2.11:

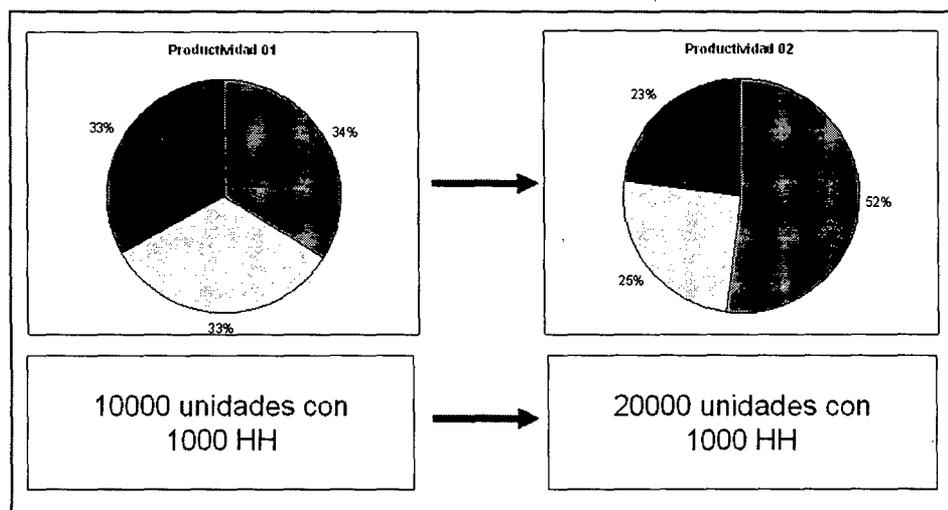


Fig 2.12. Mejoramiento de la productividad.

Fuente: Alfredo Serpell B., 2002

Si como resultado del mejoramiento de la productividad, una obra lograra duplicar sus niveles de trabajo productivo, y asumiendo que lograra mantener sus rendimientos, la reducción de las pérdidas de trabajo productivo permitirá también duplicar la producción obtenida con la misma cantidad de recursos. Es decir, lograría duplicar su productividad.

Quizás pretender tal nivel de mejoramiento puede ser poco realista, pero existen experiencias en obras chilenas que demuestran que es posible producir

ganancias significativas de productividad, a través de la aplicación de herramientas apropiadas y la implementación de acciones de mejoramiento.

Aprendizaje en la Construcción

El fenómeno de aprendizaje ha sido comprobado empíricamente, y consiste en que cuando se produce algo, a medida que el número de ciclos o repeticiones aumenta, el tiempo o costo por repetición va disminuyendo. Este proceso trae consigo un aumento de la productividad a medida que se va repitiendo la producción de un bien o la prestación de un servicio. En esta sección se presentan los principales conceptos del fenómeno de aprendizaje y su eventual aplicación a la construcción.

Niveles de Aprendizaje

Según Alfredo Serpell, en su libro *Administración de Operaciones de Construcción*, el aprendizaje puede producirse a distintos niveles dentro de una organización, que mostramos a continuación:

a. **Aprendizaje Organizacional.**- Se mide a través de la función de producción (curva de aprendizaje organizacional), que es una forma de estimar la velocidad a la cual una organización aprende a producir un producto. Los principales factores que inciden en el aprendizaje organizacional son:

- Mejoramiento organizacional. Mejor supervisión en la coordinación de los esfuerzos y en proveer soluciones a problemas, mejor control, etc.
- Mejoramiento de los métodos de trabajo. Mejores secuencias operacionales, técnicas y herramientas más modernas, etc.
- Mejoramiento del diseño del producto. Estandarización, menos cambios de ingeniería de proyecto, etc.
- Mejoras en los medios de producción. Equipos, tecnología, instalaciones, etc.
- Aumento de la habilidad de las personas o aprendizaje personal.

b. **Aprendizaje Personal.**- Normalmente se diferencian dos etapas en el aprendizaje personal:

- Etapa de aprendizaje en operación. Etapa durante la cual los trabajadores adquieren suficiente conocimiento de la tarea a ejecutar. En esta etapa la productividad aumenta rápidamente.

- Etapa de adquisición de experiencia. Es una etapa posterior a la anterior, en la cual se produce un mejoramiento gradual de la productividad, debido a una creciente familiarización con el trabajo y también a cambios en los métodos de trabajo y en la organización. El aprendizaje personal es afectado por varios factores, tales como:

i. Complejidad de la tarea, de acuerdo a:

* Duración del ciclo: normalmente las tareas más largas son consideradas como más complejas, debido a que el trabajador sufrirá un mayor olvido entre ciclos.

* Grado de dificultad en los movimientos requeridos.

* Entrenamiento previo.

ii. Capacidad de las personas, dada por:

* La edad, dado que las personas de mayor edad tienen una velocidad menor de aprendizaje.

* El sistema nervioso y la capacidad física de la persona.

* El aprendizaje anterior.

iii. Motivación del trabajador: los incentivos y otras formas de motivación pueden influenciar en forma importante la velocidad de aprendizaje de las personas.

c. Aprendizaje Grupal.- Es afectado por varios factores, además de la gran mayoría de los mencionados anteriormente para el aprendizaje organizacional y personal:

- Tamaño del grupo. A medida que aumenta el tamaño del grupo, aumentan las posibilidades de aprendizaje del trabajador.

- Nivel general de especialización y experiencia del grupo. A mayor nivel, más rápido será el aprendizaje.

- Cambios en la composición del grupo. Afecta a la velocidad de aprendizaje existente.

Aplicación en la Construcción

Los proyectos de construcción presentan algunas características que afectan significativamente al aprendizaje:

- a. El bajo número de repeticiones que se produce en algunos casos
 - b. La gran improvisación siempre existente en la organización, dirección y planificación del proceso de construcción, lo cual puede ser altamente negativo para el aprendizaje
 - c. La dificultad de mantener una buena coordinación y continuidad del trabajo
 - d. La gran rotación de personal dentro de la obra
- Todos estos factores representan potenciales interrupciones del proceso de aprendizaje, las cuales producen una pérdida de aprendizaje (olvido), con la consiguiente reducción de la productividad.

2.2.2 Mejora de Procesos Constructivos

Existen muchas teorías principalmente difundidas en Japón, luego de la gran propuesta de Toyota de analizar los procesos e identificar las razones del porcentaje de improductividad. Estas razones en el transcurso fueron ordenadas bajo ciertos criterios de las que, por ejemplo, nació la filosofía del Lean Construction. (Construcción sin pérdidas).

Entre lo mencionado definiremos ciertas filosofías y conceptos que se concentran en la mejora de procesos como base de la mejora de la productividad.

Kaizen

La esencia del Kaizen se sencilla y directa: Kaizen significa mejoramiento. Más aun, significa mejoramiento progresivo, continuo, que involucra a todos en la organización –alta administración, gerentes y trabajadores-. Kaizen es asunto de todos. La filosofía Kaizen supone que nuestra forma de vida –sea nuestra vida en el trabajo, vida social o vida familiar- merece ser mejorada de manera constante. Todas las personas tienen un deseo instintivo de mejorarse. Kaizen es un enfoque humanista, porque espera que todos participen en él. Está basado en la creencia de que todo ser humano puede contribuir a mejorar su lugar de trabajo, en donde pasa una tercera parte de su vida. Kaizen es una estrategia dirigida al consumidor para el mejoramiento. Comienza

comprendiendo las necesidades y expectativas del cliente para luego satisfacerlas y superarlas. Se supone que a la larga todas las actividades deben conducir a una mayor satisfacción del cliente.

Típicamente en una compañía hay dos tipos de actividades. Por un lado tenemos actividades que agregan valor, por el cual los clientes están dispuestos a pagar; y el resto es lo que llamamos muda o desperdicio y es todo aquello que el cliente no paga. El Kaizen se basa en detectar y eliminar todas aquellas actividades que no agregan valor a la compañía.

Reingeniería

La reingeniería se puede definir como “el replanteamiento fundamental y los procesos radicales de diseño con los cuales se pueden lograr mejoras espectaculares en las mediciones contemporáneas críticas del desempeño, tales como el costo, la calidad, el servicio y la rapidez”. Es un esfuerzo para apartarse de las viejas reglas que gobernaban nuestra forma de organizar y conducir los negocios. Esto implica reconocer y rechazar algunas de ellas y encontrar formas nuevas e imaginativas para llevar a cabo el trabajo.

Para lograr esto la reingeniería se basa en ciertos principios que se deben considerar si se desea un cambio radical y efectivo y los cuales se comentan a continuación:

- Organizarse en torno a resultados no de tareas
- Hacer que el proceso sea realizado por los que van a usar el producto del mismo
- Incluir la labor del procesamiento de la información en el trabajo real que la produce
- Considerar los recursos geográficamente dispersos como si estuvieran centralizados
- Colocar el sitio de la decisión en el lugar donde se realiza el trabajo e incorporar el control a este proceso
- Capturar la información de una sola vez y en la fuente que lo origina

Del mismo modo dentro de sus rasgos más destacados se encuentran los siguientes puntos:

- El hacer que el cliente sea el punto de partida para el cambio
- El Diseñar los procesos de trabajo en función de las metas de la organización
- El reestructurar para reforzar el desempeño de la línea frontal

Cabe mencionar también que para todo proceso de reingeniería sin importa la magnitud de su necesidad y la intensidad de la participación de los empleados existen tres fases básicas las cuales son:

El Repensar. En esta parte el proceso se requiere examinar los objetivos actuales de la organización y los supuestos en los que se basan, con el propósito de determinar en qué medida se les puede incorporar el renovado compromiso de dar la mayor satisfacción al cliente.

2.2.3 Estudios Realizados

Como bien se tiene enfocado la mejora de procesos (que técnicamente implicaría la optimización, ya que por cuestión de sentido común un proceso tiende a mejorarse) es la mejora de la productividad que se alcanza con la reducción de recursos utilizados en un proceso específico o incrementando la producción del proceso.

Para esto se han realizado diversos estudios y utilizado diversas herramientas, de las que con el tiempo han sido mejoradas u 'optimizadas' (valga la redundancia, ya que a partir de la mejora de las herramientas son los procesos quienes terminan beneficiados) y de las que han aportado a la mejora mostrándonos mejores indicadores. Estas herramientas son las conocidas (y descritas anteriormente) como la carta Balance, la medición del Nivel general de Actividad e inclusive el first Run Studies.

A continuación describiremos los diagnósticos encontrados en la investigación.

2.2.4 Diagnósticos Realizados En El País

El estudio hecho por el dr. Virgilio Ghio en la Universidad Católica del Perú se extendió al análisis en 50 obras analizadas, de las cuales obtuvo los siguientes resultados que sirven para su respectivo análisis:

	TP	TC	TnC
VALORES			
PROMEDIO LIMA	28%	36%	36%
MINIMO TP	20%	35%	45%
MAXIMO TP	37%	36%	26%

Fig 2.13. Resultados generales de mediciones de ocupación del tiempo de 50 obras en Lima

Fuente: Virgilio Ghio, 2003

Además de estos datos que son el diagnostico promedio en el país se determinaron algunas causas que sin duda son de importancia analizar. Estas son las siguientes:

Trabajos no Contributorios

a. Viajes (13%)

Causas más Frecuentes:

- Cuadrilla sobredimensionada
- Falta de supervisión
- Deficiencias en el flujo de materiales
- Mala distribución de instalaciones en obra

b. Tiempo Ocioso (10%)

Causas Frecuentes:

- Falta de Supervisión
- Cuadrillas sobredimensionadas
- Actitud del trabajador

c. Esperas (6%)

Causas más Frecuentes:

- Cuadrillas sobredimensionadas
 - Falta de campo
 - Deficiencias en el flujo de materiales
- d. Trabajo rehecho (3%)

Causas más Frecuentes:

- Mala calidad
- Trabajos mal ejecutados
- Deterioros de trabajos ya realizados
- Cambios en los diseños

Trabajos Contributorios

a. *Transporte Manual (14%)*

Causas más Frecuentes:

- Deficiencias en el flujo de materiales
- Falta de programación y control del uso de equipos

b. *Otros (11%)*

Causas más Frecuentes:

- Dado que estos trabajos forman parte de los procesos constructivos, un alto porcentaje puede deberse a las siguientes causas:
 - Trabajos lentos
 - Falta de diseño de los procesos constructivos

c. *Mediciones (5%)*

Causas más Frecuentes:

- Por lo general, en las actividades de encofrado y colocación de acero, cuando el material o las piezas a ser ensambladas no están organizadas o se encuentran en desorden, se propicia el retaceo de las piezas para completar cierto elemento o la continua búsqueda de aquellas que se adapten a las medidas de la pieza faltante; así se incrementa el número de mediciones para la ejecución de las actividades.
- El incremento de mediciones también se presenta cuando se efectúan actividades como albañilería y tarrajeos, las cuales urgen de mediciones frecuentes para su correcta ejecución.

d. *Aseo o Limpieza (4%)*

Causas más Frecuentes:

- La falta de cuadrillas especializadas en tareas de limpieza genera que las cuadrillas deban destinar a uno o más de sus integrantes para su ejecución.
- Debido a que tales actividades no corresponden a las cuadrillas regulares, la limpieza y el orden del lugar de trabajo origina en muchos casos la aparición de cuadrillas dedicadas a labores de limpieza.
- La mala distribución del personal en obra, junto a una mala planificación, origina que el personal sin actividades fijas para el día ocupe su tiempo en la limpieza, sin importar su rango.
- Las actividades de picado y retaceo producen gran cantidad de escombros y desperdicios, la que incrementa los trabajos de limpieza no solo por propósitos higiénicos sino para evitar además problemas de seguridad y accesibilidad.
- No se definen vías de tránsito fijas para el personal, hacia los distintos frentes de trabajo, y se provoca el desplazamiento de este por distintos lugares, dificultando las labores de mantenimiento en la obra.

e. Instrucciones (3%)

Causas más Frecuentes:

- La información que llega al personal obrero es deficiente, provocando que estos soliciten continuamente aclaraciones sobre la misma para poder realizar su trabajo.
- El desconocimiento de las actividades para realizar durante el día por parte de las cuadrillas trae consigo la búsqueda de instrucciones cada vez que se cambia el frente de trabajo.

Principales Causas

Dentro de las principales causas de pérdidas que son usualmente reconocibles, según la descripción de Virgilio Ghio en su libro 'Productividad en Obras de Construcción' tenemos las siguientes:

Cuadrillas Sobredimensionadas

- El exceso de personal en áreas de trabajo reducidas, siendo necesario que una parte de la cuadrilla avance para que el resto de ella pueda iniciar su trabajo.
- El exceso de personal obrero en el proyecto, para el cual no existen frentes de trabajo disponibles permanentemente hace que, para mantenerlo ocupado, se ordene auxiliar a otras cuadrillas o realizar labores de apoyo en obra tales como limpieza. Se origina así la aparición de cuadrillas con exceso de personal.
- El no tener una idea clara de las instrucciones ni del material necesario origina que se tenga dentro de cada cuadrilla personal dedicado a solucionar este tipo de problemas y, por lo tanto, cuadrillas con mayor personal del necesario para la producción.

Falla de Supervisión

- Cuando el profesional de obra o el personal responsable del control de la producción no realiza esta función de manera eficaz, se pueden generar intervalos de inactividad, lo que se acentúa cuando se dispone de holgura en el tiempo de ejecución o cuando no se responsabiliza al personal por el cumplimiento de los trabajos asignados.
- Falta de supervisión sobre la ejecución de las actividades y sobre el uso de los materiales, principalmente cuando se subcontrata mano de obra, puede ocasionar un exceso de desperdicios, además de malas prácticas en la producción para cumplir con los avances exigidos.

Deficiencia en el Flujo de Materiales

- El poco personal de apoyo para el abastecimiento de materiales, o la mala organización de este, provoca que los operarios deban abandonar sus áreas para ir en busca de sus materiales, lo que les ocupa buena parte de su tiempo.
- La mala distribución de las zonas de abastecimiento origina el transporte manual de materiales, lo que les ocupa buena parte de su tiempo.
- La mala distribución de las zonas de abastecimiento origina el transporte manual de materiales a distancias excesivamente largas o entre pisos consecutivos.
- El material que no ha sido dejado en la zona de abastecimiento definitiva ocasiona movimientos extras de personal cuando este llega.
- La mala utilización de los equipos de transporte por falta de planificación ocasiona pérdidas por la sub-utilización de los mismos, esperas por la necesidad

de su uso en ciertas actividades y exceso del empleo de mano de obra en actividades de abastecimiento por falta de disponibilidad de los equipos.

- Un mal abastecimiento por parte de los proveedores, puede traer consigo grandes dificultades en el desarrollo de los procesos; en este punto radica la importancia de tener un buen sistema de administración de recursos en cada proyecto.

Mala Distribución de Instalaciones en Obra

- Las vías de acceso obstaculizadas, que dificultan el transporte.
- Los largos tramos por recorrer hacia las zonas de almacenamiento de los materiales, o hacia los lugares de acumulación de escombros.
- El desplazamiento innecesario del personal, provocado por el desorden de materiales y herramientas que estos requieren para realizar sus funciones.
- Los servicios higiénicos mal ubicados, pues generalmente estos se encuentran en los primeros pisos.

Actitud del Trabajador

- En algunas ocasiones los trabajadores interrumpen sus tareas y las de otros trabajadores por motivos no justificados.
- Los trabajadores rara vez realizan un mayor avance del que se les exige, ya sea porque sienten que no se premia su esfuerzo o porque se sienten cómodos con el tiempo asignado a sus tareas, o porque creen que su mayor avance se convertiría luego en la nueva meta de que les impondría la empresa.
- Los trabajadores muchas veces tienen a inventar trabajo, con la finalidad de hacer tiempo, sobre todo en las horas previas al almuerzo o a la salida.

Falta de Manejo de Campo

- La mala coordinación entre cuadrillas interdependientes.
- Los problemas de rendimientos dispares.
- La omisión de actividades previas al ingreso de otras cuadrillas.

Mala Calidad

- La poca capacitación de la mano de obra.
- La falta de supervisión durante la ejecución de los trabajos.

- Las deficiencias propias de los procedimientos constructivos tradicionales y de la falta de tecnología.

- La información incompleta o no detallada

Deterioros de Trabajos ya Realizados

- La falta de coordinación entre actividades

Cambios en los Diseños

- La falta de compatibilización entre planos.

- Los proyectos no definidos en su totalidad

Falta de Programación y Control en el uso de Equipos

- La carencia de una programación adecuada para los equipos de transporte en obra ocasiona que se limiten a apoyar las actividades de mayor prioridad, mientras que en el resto los trabajadores se ven obligados a realizar manualmente el transporte de materiales.

- El mantenimiento de los equipos se realiza recién cuando estos empiezan a fallar y, por consiguiente, cuando se ven forzados realizar el trabajo manualmente o a recargar sus funciones a otros equipos.

- La carencia del equipo necesario produce atrasos en el avance de obra, puesto que se llega a utilizar excesiva mano de obra para reemplazar su función.

- El empleo de la grúa para transportes horizontales, mientras en otros frentes el personal realiza transportes verticales de material.

- El uso de los equipos para labores ajenas a la construcción, como el transporte de alimentos.

Trabajos Lentos

- El excesivo manipuleo de los materiales, herramientas y equipos antes de su utilización.

- Las demoras provocadas por los mismos trabajadores que, aun cuando se mantienen ocupados, no realizan trabajos importantes dentro del proceso.

Falta de Diseño de los Procesos Constructivos

- El uso de procedimientos constructivos tradicionales, faltos de diseño, agudiza el incremento de trabajos contributivos, por lo mismo que dan una mayor

holgura de tiempo a las labores, y permiten un rendimiento engañoso a partir de trabajos lentos.

Conclusiones del Diagnostico en el país

Este interesante estudio que se elaboro por unos estudiantes de la PUCP, de la mano de la asesoría del Dr. Virgilio Ghio (mostrada en su libro *Productividad en Obras de Construcción*, año 2001), llego sugestivamente a las siguientes conclusiones:

- El trabajo productivo en obras de construcción en Lima es solo del orden del 28%. Este valor esta muy por debajo de los estándares internacionales y de los valores óptimos que se obtienen al aplicar sistemas consistentes de aumento de la productividad.
- Ninguna Obra en Lima supera la barrera del 38% del TP.
- El Promedio, el 27% de tiempo del trabajo de los obreros de construcción se dedica a transportes y viajes. Es decir, gastamos lo mismo en labores netamente productivas que en desplazarnos en la obra.
- Individualmente, se gasta más tiempo en trabajos no contributorios (36%) y contributorios (36%) que en labores productivas.
- En Lima, el tamaño de la obra no guarda relación con los niveles productivos de las obras que manejan.
- El tipo de administración de cada obra, mayormente relacionado con el profesional que maneja la obra y no así a la empresa para la que trabaja, guarda una estricta relación con los niveles productivos de dichas obras.
- El 20% de las obras analizadas muestra un nivel de lo que hemos definido como administración inferior, lo cual se ve reflejado directamente en los niveles promedio del trabajo productivo.

Adicionalmente se concluye que si bien se cierto los niveles productivos de nuestras obras de construcción a finales del siglo XX son bajos, mas que una desventaja es una gran oportunidad para nuestro país para asumir los retos que nos tocan y seguir avanzando en la senda de desarrollo sostenido que todos esperamos para el siglo XXI. Cabe mencionar, también, que actualmente varias empresas nacionales han asumido este reto y hoy en día se encuentran

comprometidas con serios procesos de cambio, con grandes posibilidades de éxito.

2.2.5 Diagnósticos Realizados en el Exterior

Liderado por el grupo profesional del departamento de ingeniería civil y gestión de la construcción de la Pontificia Universidad Católica de Chile, durante 5 años se realizaron mediciones en más de 40 proyectos de construcción (oficinas, hoteles, vivienda), en un total aproximado a 370.000m² construidos, demostrando que la identificación de pérdidas es una herramienta efectiva para generar mejoramiento en la construcción.

Las investigaciones realizadas permitieron obtener los siguientes resultados:

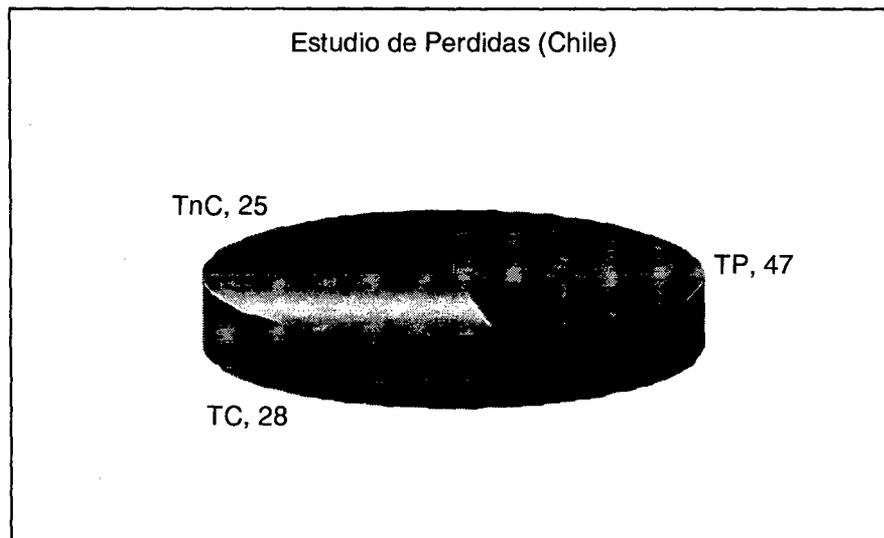


Fig 2.14. Distribución general de Trabajo

Fuente: Propia.

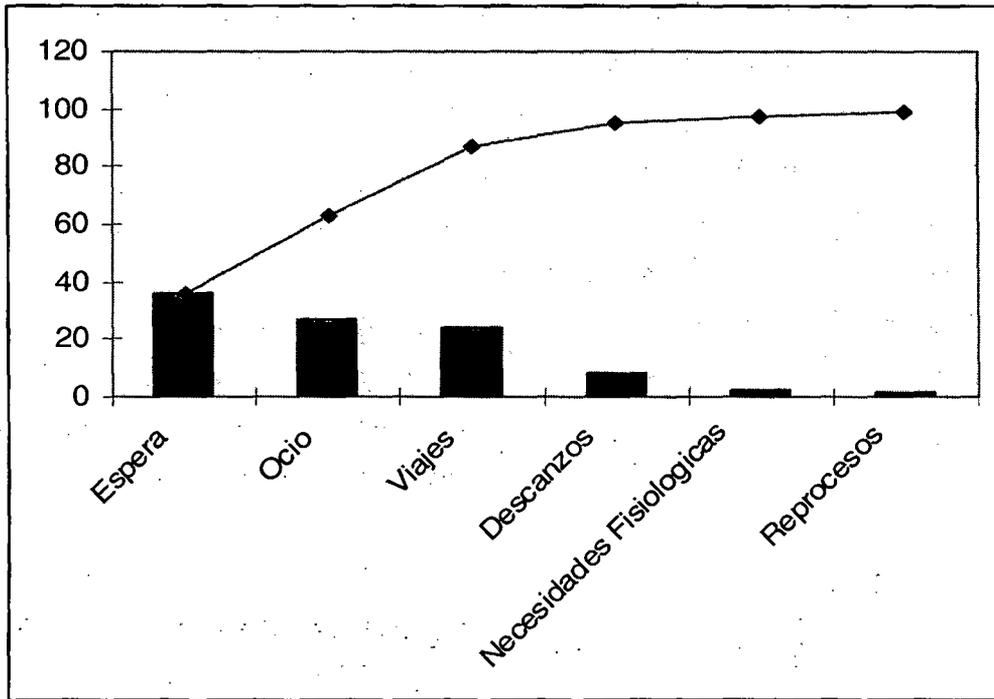


Fig 2.15. Distribución del Tiempo no Contributorio

Fuente: Propia

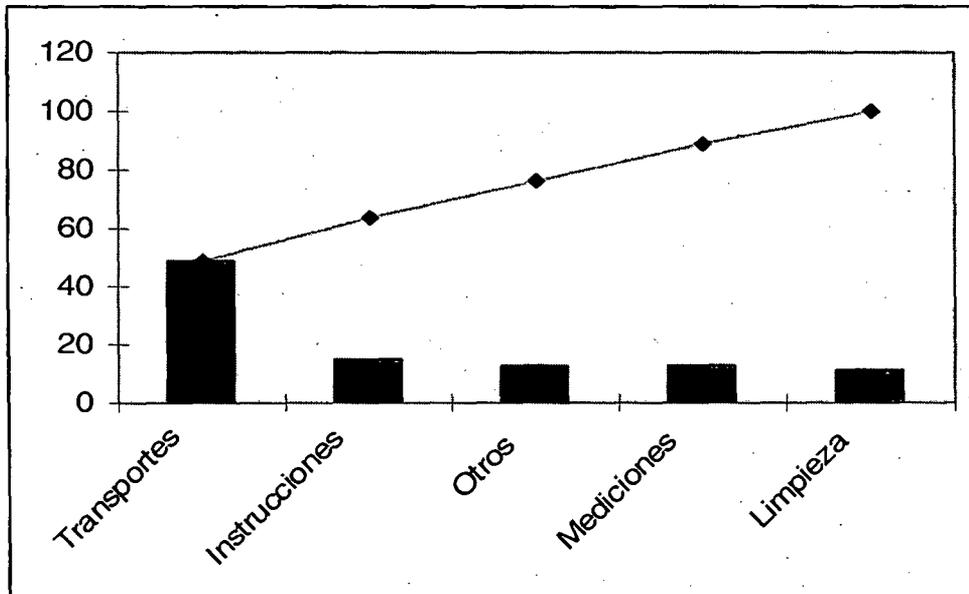


Fig 2.16. Distribución del Tiempo Contributorio

Fuente: Propia.

De acuerdo a los resultados anteriores en los proyectos analizados en Chile, se concluye que el 53% del tiempo laborado es dedicado a actividades no

productivas. Las causas que originan las pérdidas fueron identificadas y como una de las conclusiones de este estudio se presenta que la falta o inadecuada planeación son una de las fuentes principales de improproductividades en los proyectos de construcción. En consecuencia, esfuerzos para incluir las actividades de planeación como se requieren en la labor diaria de profesionales en cabeza del desarrollo de proyectos de construcción deben ser efectuados, si se desea mejorar la productividad y competitividad de esta industria.

Además de la experiencia en Chile existen investigaciones realizadas en Colombia.

El área de construcción del departamento de Ingeniería Civil de la Universidad EAFIT conjuntamente con un importante grupo de constructores de la ciudad de Medellín ha liderado el proyecto de mejoramiento de la productividad.

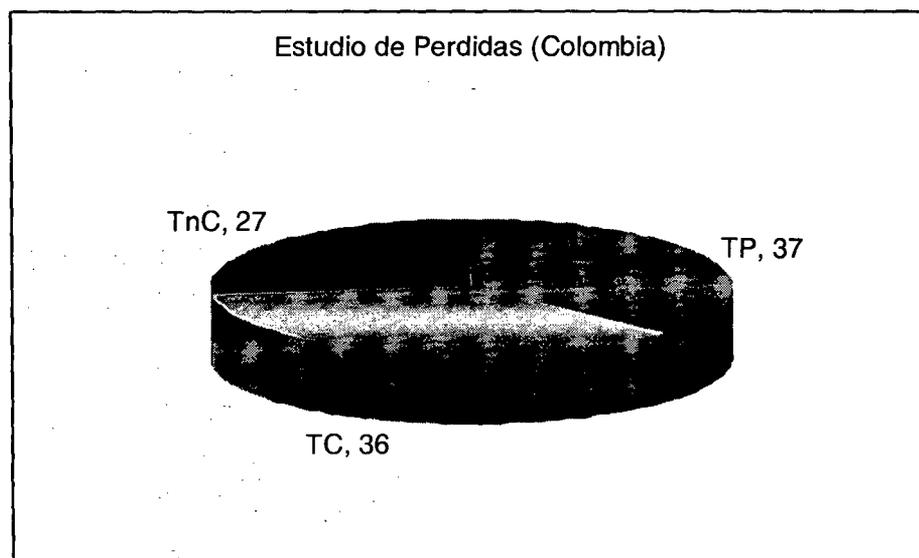


Fig 2.17. Distribución General de Categorías de Trabajo.

Fuente: Universidad EAFIT, 2003.

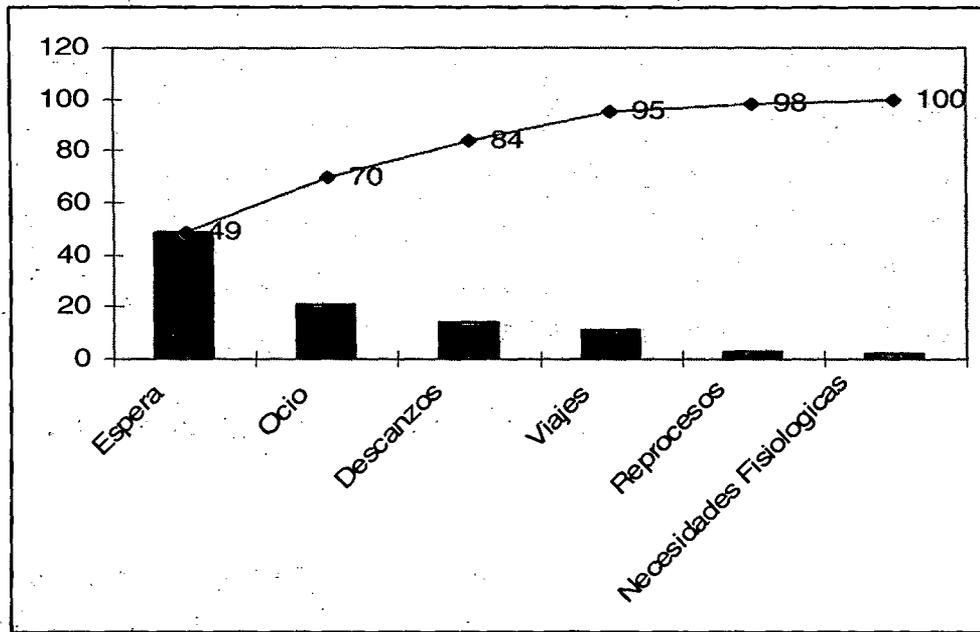


Fig 2.18. Distribución del Tiempo no Contributorio

Fuente: Universidad EAFIT, 2003

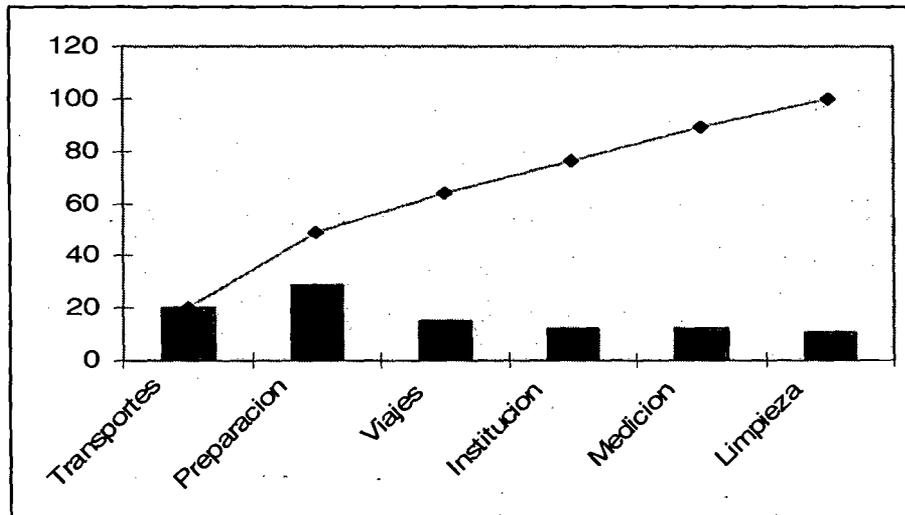


Fig 2.19. Distribución del Tiempo Contributorio

Fuente: Universidad EAFIT, 2003

La primera fase de la investigación, consistente en la identificación de pérdidas se realiza en 3 diferentes proyectos de vivienda, para un total aproximado de 12.000m². Los resultados de la obra A (caso Medellín), realizado en una empresa líder de la producción en Colombia, fueron los mostrados.

CAPITULO III: PLANEAMIENTO DE LA INVESTIGACION

La aplicación de las teorías mencionadas anteriormente fueron llevadas a dos proyectos específicos: Balta 1070, un edificio de 17 niveles y dos sótanos y el proyecto Golf Millenium, 4 torres de 23 pisos en promedio con dos sótanos.

A continuación una descripción de los proyectos vistos:

Edificio Malecón Balta 1070

Este proyecto se encuentra en el malecón Balta (ovalo Balta) en Miraflores, a unos metros del Parque del Amor. Consta de un edificio de 17 pisos con dos sótanos y medio que completan 34 departamentos y con un total de 10590 m² de área construida.

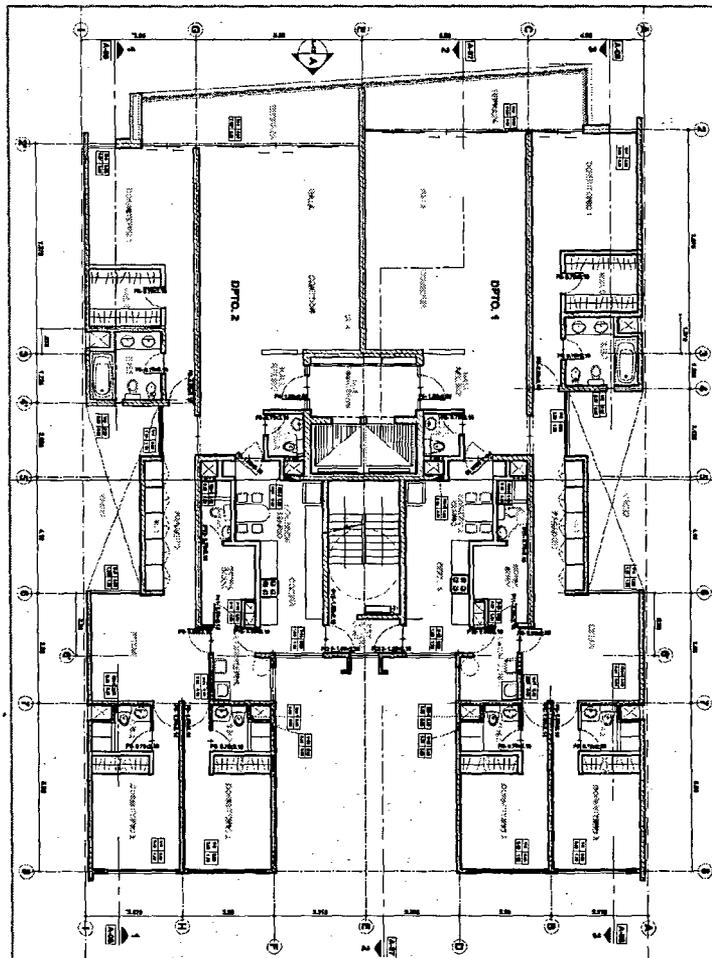


Fig 3.1. Planta típica de Balta 1070

Fuente: Propia.

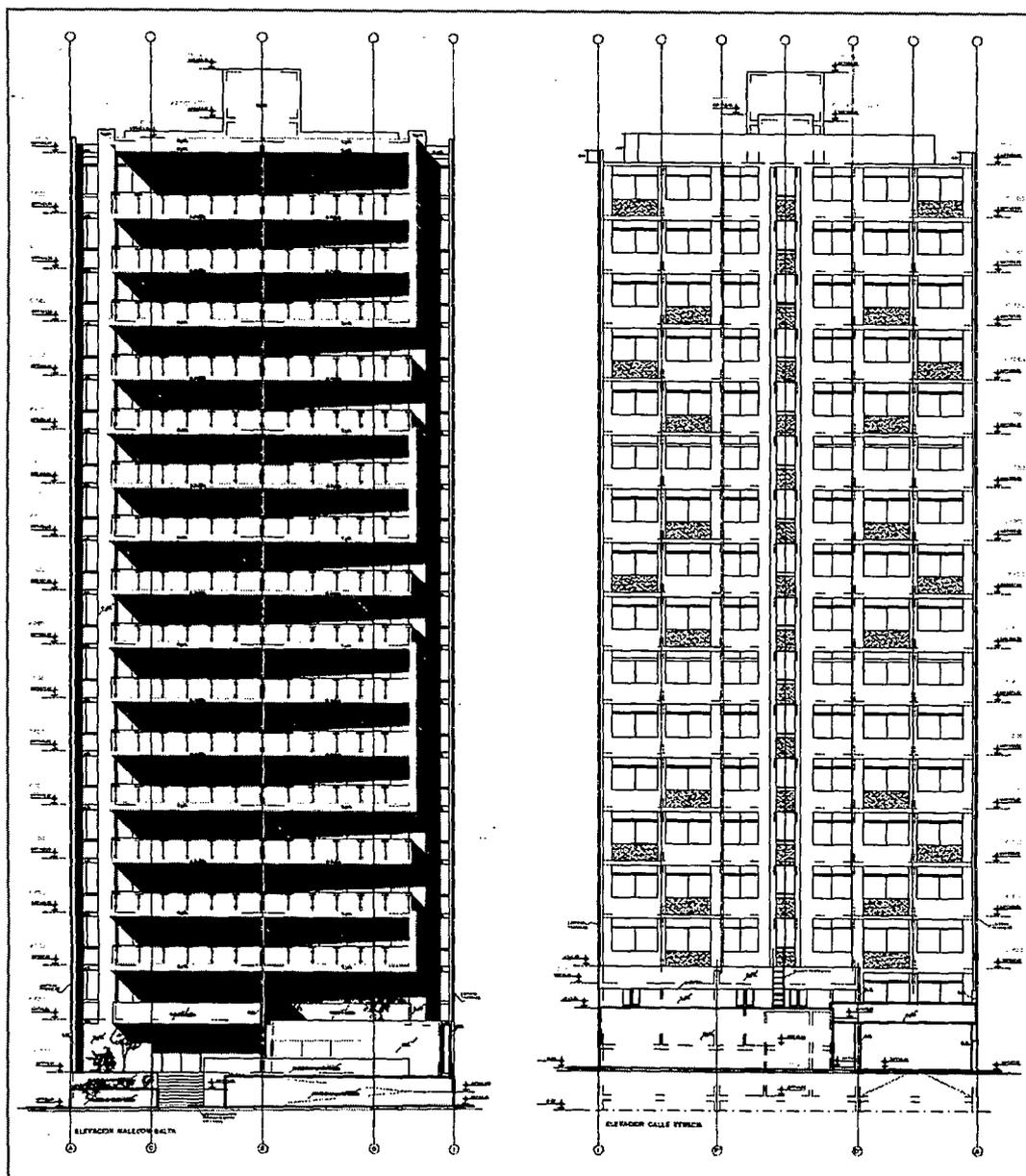


Fig 3.2. Vista de Corte de Balta 1070

Fuente: Propia.

Debido a las características de la configuración arquitectónica los procesos controlados por piso (según la sectorización) no fueron homogéneos, sin embargo según las propuestas hechas en el transcurso se organizaron adecuadamente para reducir considerablemente los problemas de variabilidad que usualmente son comunes en la industria de la construcción.

Más adelante se hará un análisis mucho más profundo sobre las características de este proyecto.



Fig 3.3. Proyecto Balta 1070, agosto del 2008

Fuente: Propia.

Proyecto Golf Millenium

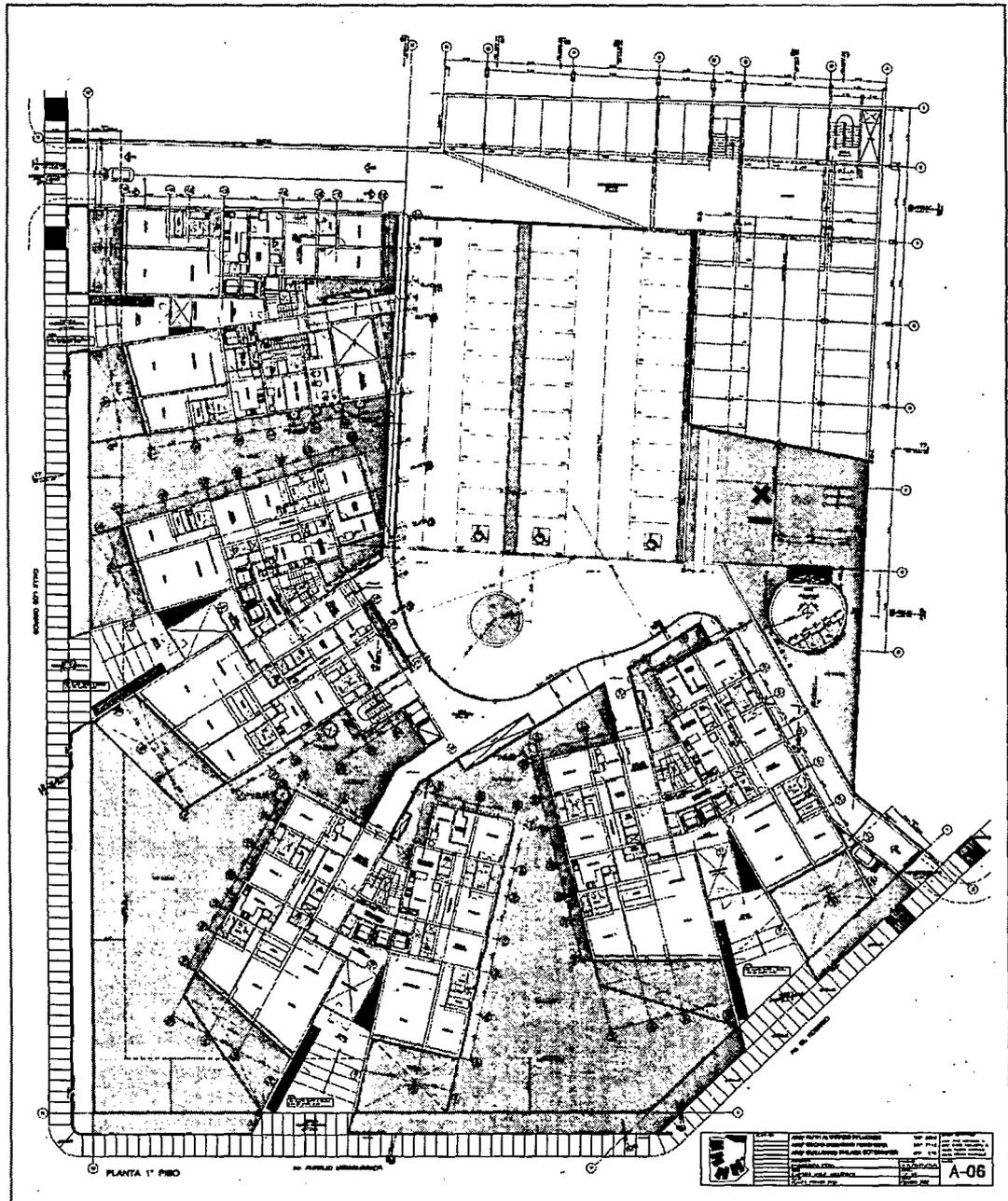


Fig 3.4. Planta general del proyecto Golf Millenium

Fuente: Propia.

Ubicado en el Golf de San Isidro este proyecto que comprende 4 torres de: 24 pisos para la primera, 28 niveles para la segunda torre, 24 pisos de la 3ra torre y 18 de la cuarta torre, diseñados para departamentos donde incluye un reservorio en la distribución.

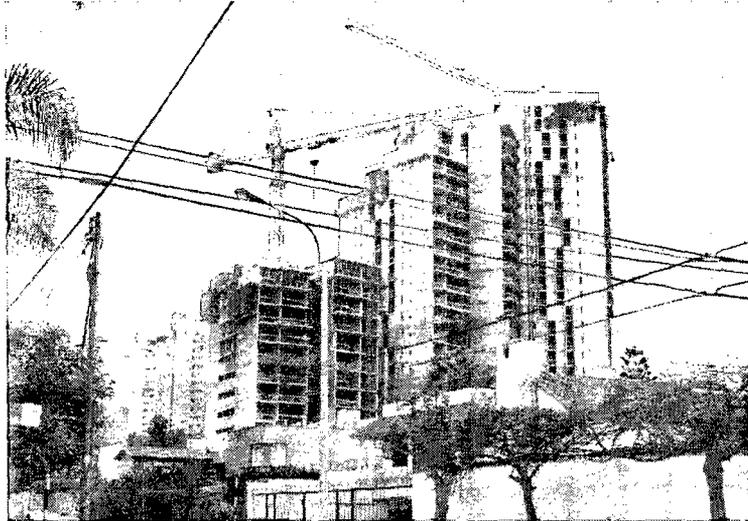


Fig 3.5. Torres del Golf Millenium, setiembre del 2008

Fuente: Propia

A continuación mostramos las plantas típicas de las torres:

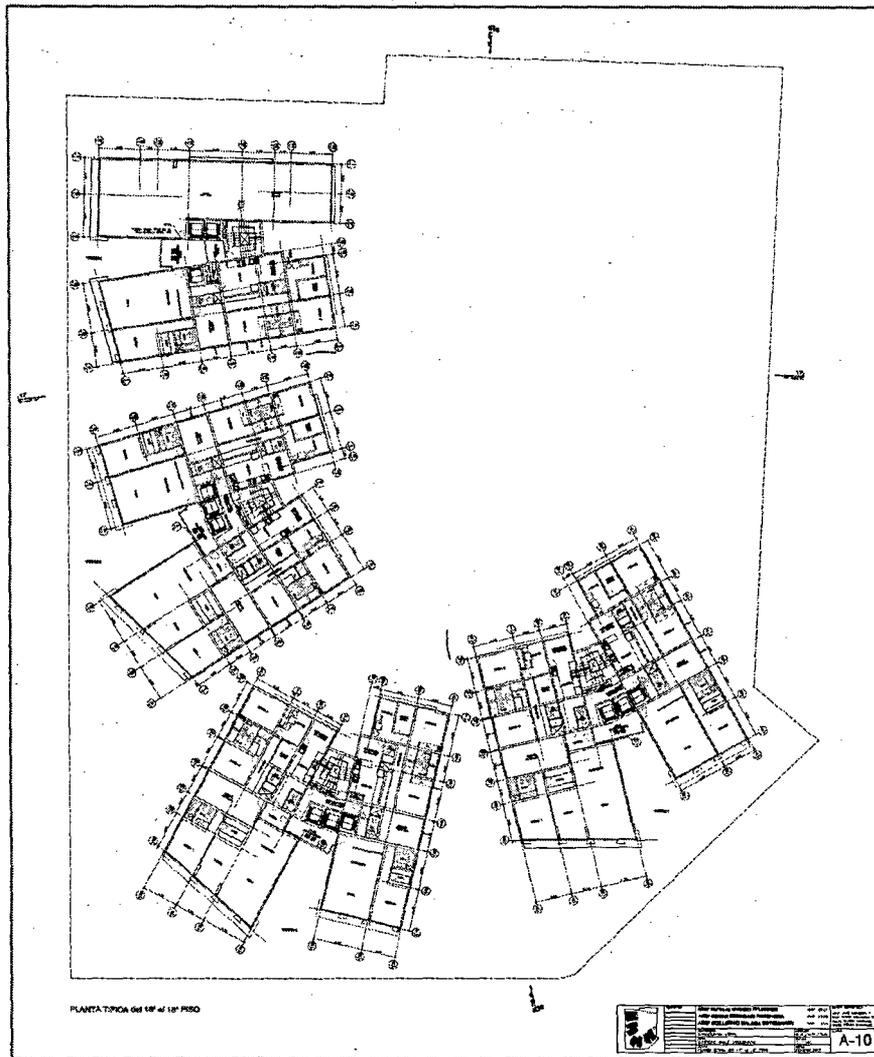


Fig 3.6. Planta típica general del proyecto Golf Millenium
Fuente: Propia.

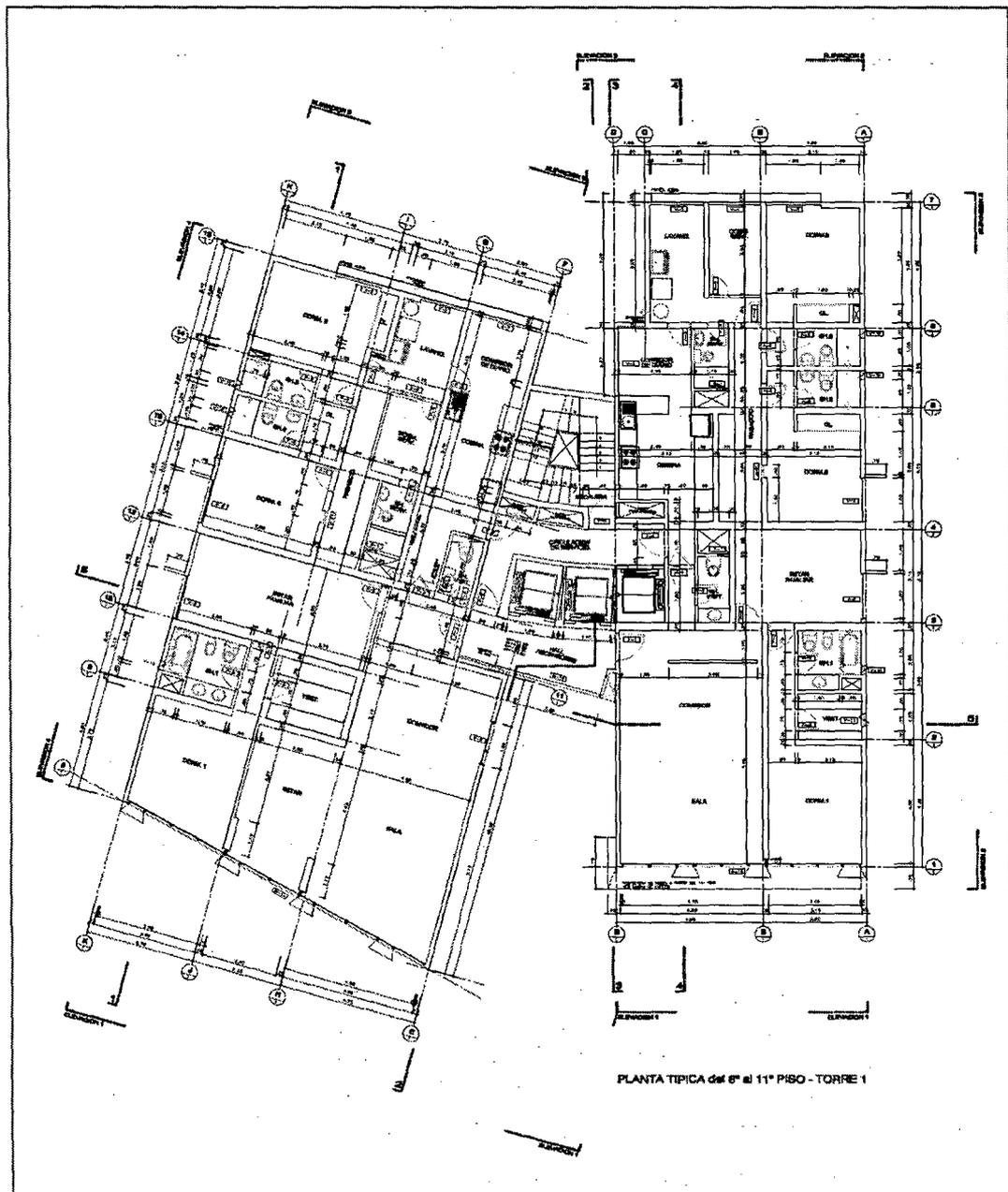


Fig 3.7. Planta Típica Torre 1 del proyecto Golf Millenium

Fuente: Propia.

El proyecto se encuentra entre las Av. El Rosario S/N, Av. Aurelio Miró Quesada y Calle Los Cedros, Urbanización El Rosario, distrito de San Isidro, Lima.

El objetivo del proyecto es hacer la construcción de 178 departamentos, distribuidos en las 4 torres, 356 estacionamientos y 178 depósitos, para la venta a terceros.

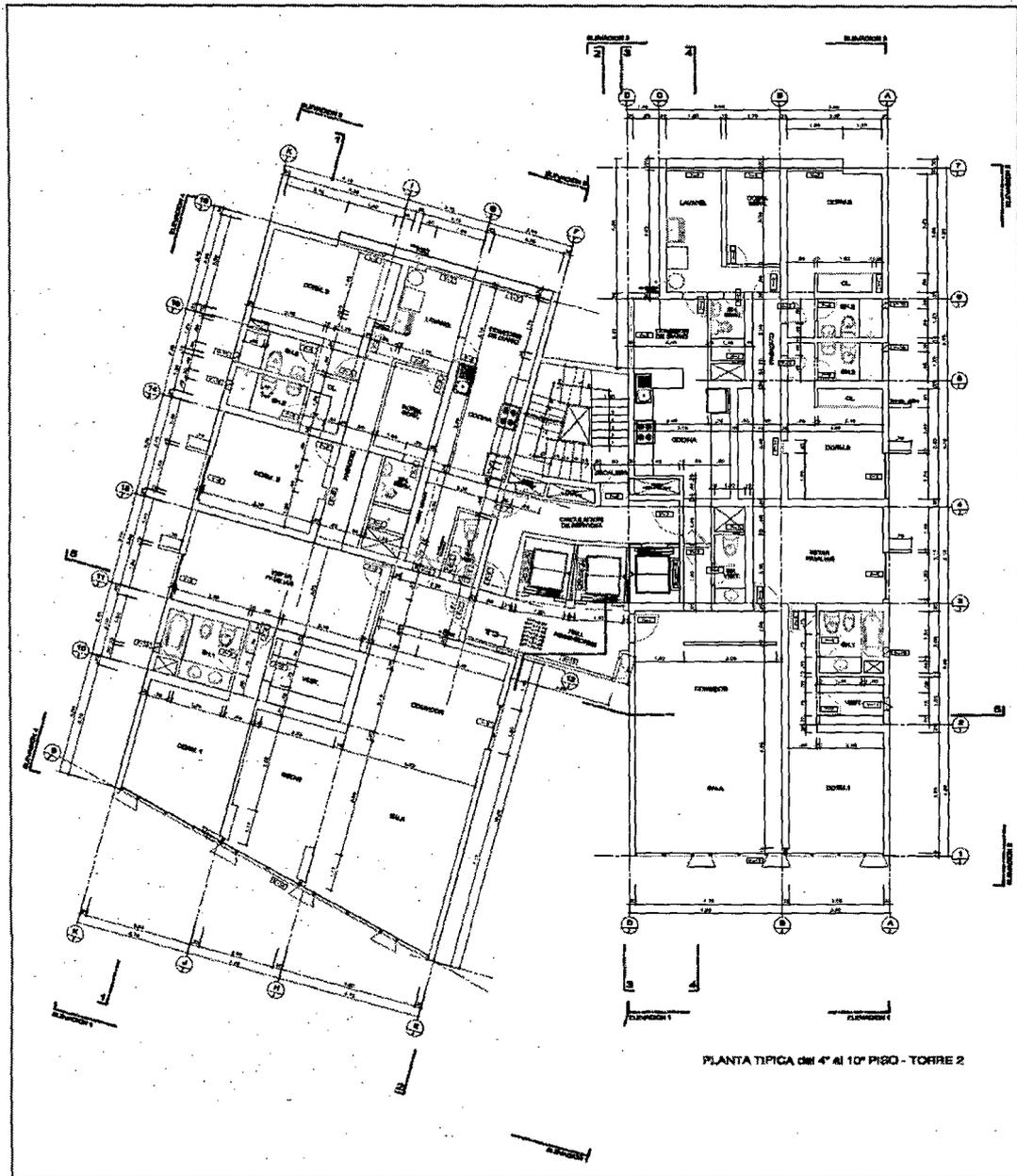


Fig 3.8. Planta Típica Torre 2 del proyecto Golf Millenium

Fuente: propia.

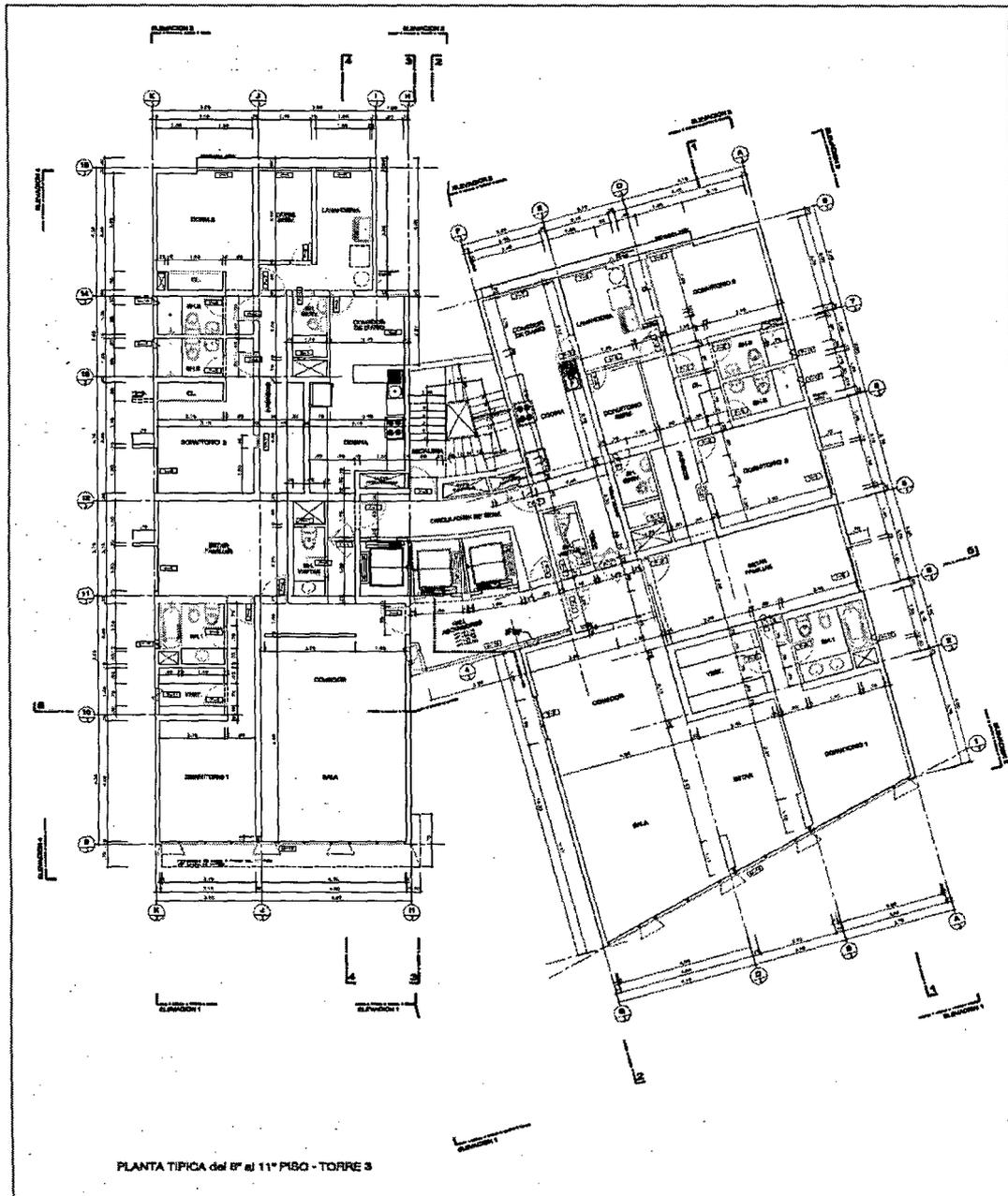


Fig 3.9. Planta Típica Torre 3 del proyecto Golf Millenium

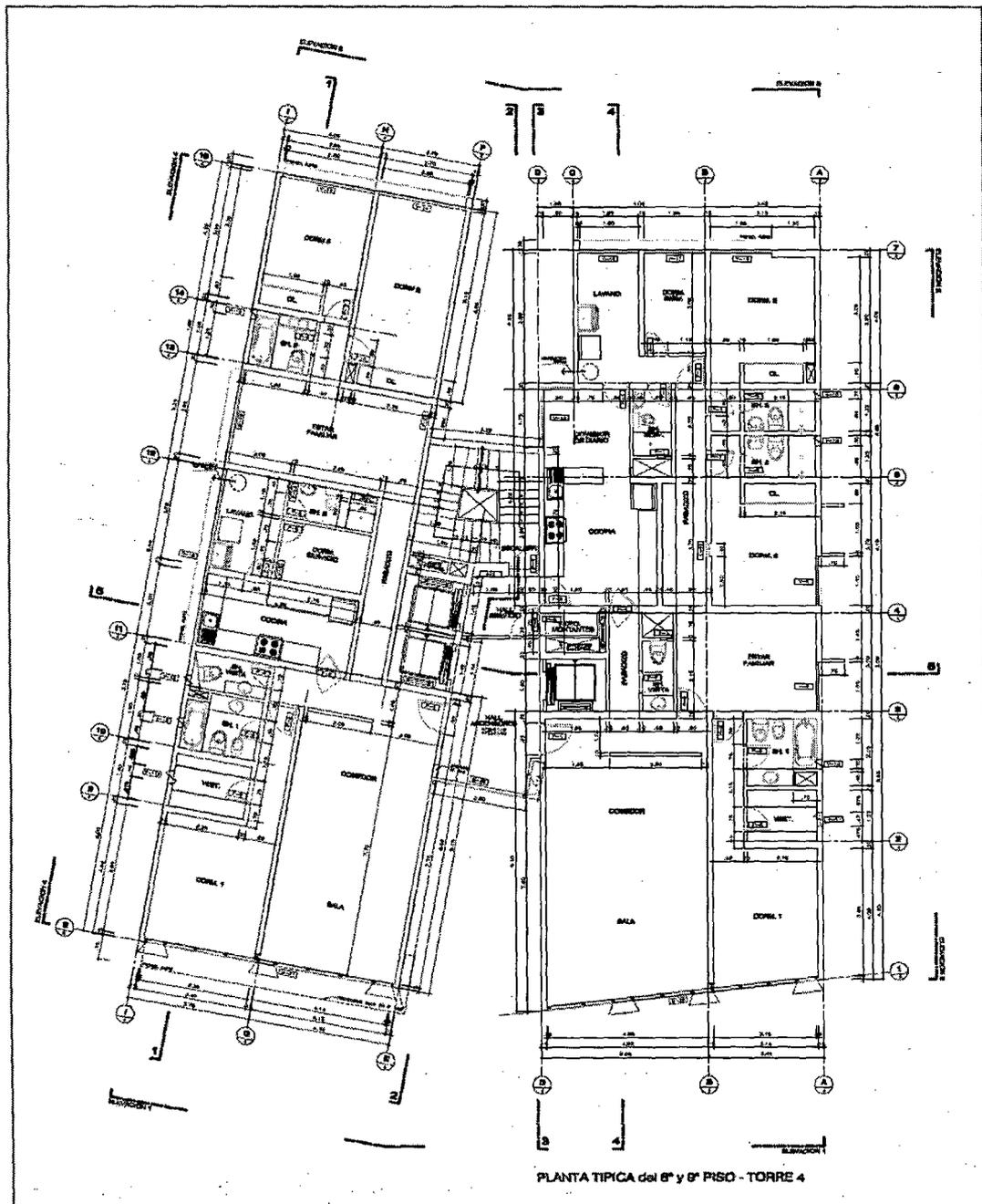


Fig 3.10. Planta Típica Torre 4 del proyecto Golf Millenium

A continuación detallamos el enfoque de la investigación.

3.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACION

Según las observaciones tomadas por investigadores en el medio (Virgilio Ghio – 1997) y estudios realizados en otros países mencionados en capítulos anteriores el aporte para poder identificar con mayor eficiencia el origen de ciertos desperdicios que en algunos casos son comunes en la construcción de edificaciones se presta a ser medidos adecuadamente. Según esto en el proceso de investigación se sugirió organizarlos y subdividirlos en las siguientes áreas:

Desperdicios en Mano de Obra.- Son los desperdicios generados por el hombre. Técnicamente nos referimos a la falta de experiencia, desconocimiento del proceso, inadecuado manejo de equipos, etc., las cuales es causal directo el trabajador obrero. Considerando que la investigación esta exclusivamente enfocado a este punto, también se pueden determinar desperdicios por las personas generadoras del conocimiento, como son los ingenieros y arquitectos y/o licenciados encargados de hacer una supervisión técnica y en campo, y que finalmente son mucho más responsables de la generación de desperdicios por el cargo que ocupan. Es un factor crítico, ya que es el recurso que generalmente fija el ritmo de trabajo en la construcción y del cual depende, en gran medida, la productividad de los otros recursos (Alfredo Serpell Bley, Administración de Operaciones de Construcción).

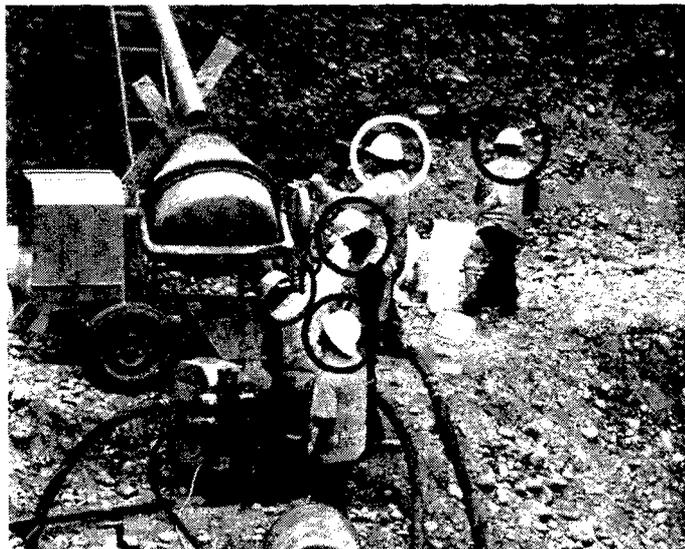


Fig 3.11. Desperdicio en mano de obra (Balta 1070, febrero 2008)

Fuente: Propia.

Desperdicios en Equipos.- En las obras de edificaciones (zona enfocada de mi investigación) se pueden identificar una gran cantidad de equipos y maquinarias que requieren de una mano especializada para su uso. Entre estas podemos encontrar a la grúa, los diversos tractores, volquetes, así como también taladros, perforadoras, mezcladoras, soldadoras, etc. Naturalmente el problema de estos equipos no solamente radica en mantener su óptimo estado para estar dispuestos a rendir su máxima eficiencia desde el inicio, sino además es vital hacer una adecuada gestión para que esto se mantenga en el transcurso de la ejecución de la obra y cuando tenga que parar lo haga siempre y cuando no afecte productivamente al proyecto.

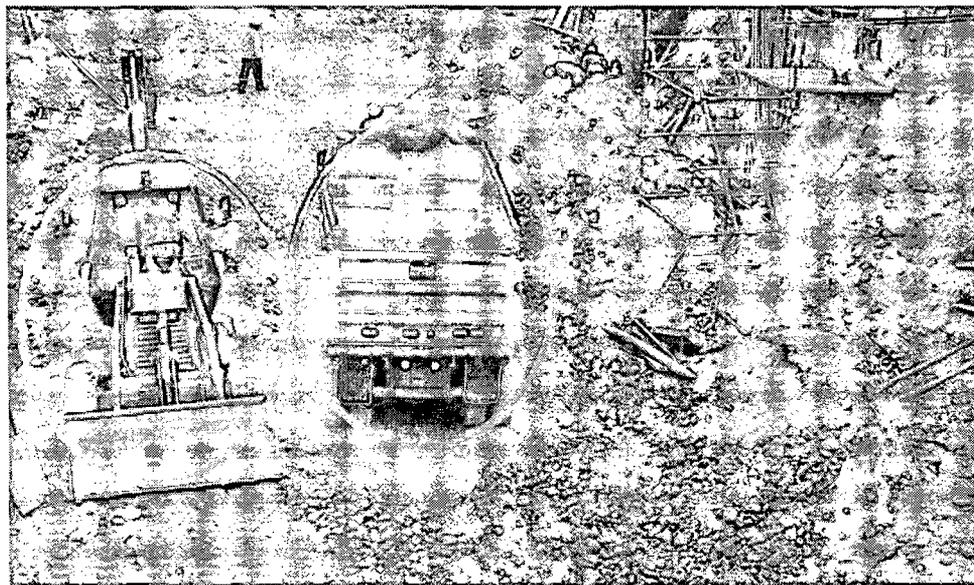


Fig 3.12. Desperdicio en equipos (Balta 1070, marzo 2008)

Fuente: Propia.

Finalmente como menciona *Alfredo Serpell*, Este factor es importante por el alto costo de los equipos siendo, por lo tanto, muy relevante evitar las pérdidas en la utilización de este tipo de recurso.

Desperdicios en Materiales.- Este tipo de desperdicios son fáciles de identificar en obra, están muchas veces expuestas en el camino, en alguna esquina, acumuladas y que finalmente terminan siendo un costo adicional y no solo en cuanto a las pérdidas de material netamente dichas sino a las que se generan para trasladarlas a los botaderos o 'quien sabe donde'. Así, el *Dr. Flavio Picchi (1993)* demuestra el elevado costo que implican estas pérdidas (30% en Brasil).

Lo más adecuado sería enfocar a analizar todos estos desperdicios mostrados, sin embargo hacer este estudio implicaría una investigación de varios años, es por lo cual que en la investigación nos enfocamos a analizar los desperdicios generados en la mano de obra, haciendo un hincapié en los desperdicios que estas generan insitu. Además para dar un enfoque más certero y presto a poder mostrar resultados de la misma nos enfocaremos a hacer el estudio por cuadrillas, las que según el estudio se tome lo necesario fundamentando posteriormente las razones de la decisión.

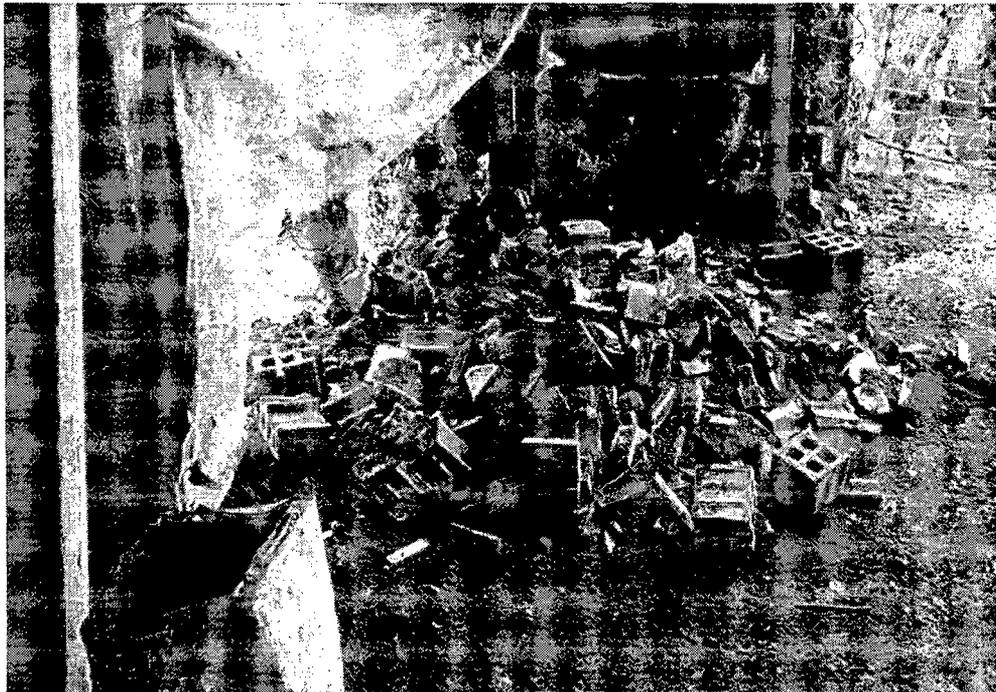


Fig 3.13. Desperdicio materiales (Balta 1070, setiembre 2008)

Según los Desperdicios identificados en la mano de obra, la composición que le corresponde según el tipo sería:

Desperdicios identificados en los Procesos Constructivos, que son los desperdicios generados por los malos procedimientos o prácticas constructivas, además de las inadecuadas. Si bien es cierto no existen procesos perfectos los procesos en la construcción se pueden mejorar según las características de la obra, su espacio geométrico y otros factores que hacen únicas a cada proyecto. A pesar del grado de variabilidad que usualmente se encuentra en la

construcción, el enfoque será el estudio de la cuadrilla de cielo raso como partida.

Desperdicios al hacer el Dimensionamiento de Cuadrillas, son aquellos desperdicios, horas hombre, que se generan al tener un stand de obreros demás para un proceso definido, o en todo caso la falta de trabajadores para cumplir una tarea determinada. Este es un problema actualmente en las construcciones, trabajo que en la mayoría de veces se le encarga al capataz o 'a simple vista' del ingeniero de campo. Aún nadie ha tangibilizado estos conocimientos de vital importancia para la producción en obra, por lo tanto en esta investigación se buscara la manera de plantear adecuadamente la urgencia.

3.1.1 Objetivos Generales

Plantear un sistema de Mejora de Procesos y Gestión de Desperdicios, enfocándonos a reducir el Trabajo no Productivo y las Pérdidas en Obra para edificaciones.

3.1.2 Objetivos Específicos

Plantear Formatos de Medición para la mejora de procesos y dimensionamiento de cuadrillas.

Plantear Formatos Digitales de captura y almacenamiento de experiencias en obra.

3.2 METODO PROPUESTO

Luego de haber analizado la filosofía del Lean Construction fijamos como método propuesto un sistema de análisis que mostramos en el siguiente grafico:

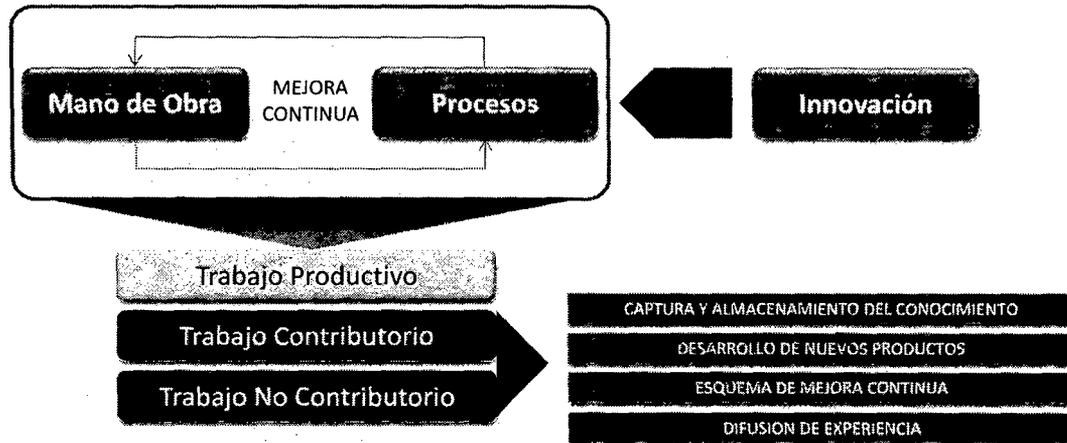


Fig 3.14. Diagrama de análisis del estudio

Fuente: propia.

La mejora continua es vista como una alternativa clara de volver a re-pensar si lo aplicado es la propuesta más adecuada para establecer en un proceso que se busca mejorar. Es por eso que en el gráfico propuesto mostramos una relación directa de mejora de procesos entre la mano de obra y los procesos a analizar (en este caso enfocado al trabajo), porque dependiendo del trabajo de la mano de obra y de la definición de sus actividades los procesos pueden ser mejorados. Son las buenas prácticas y una adecuada propuesta de mejora de los procesos lo que genera un flujo continuo.

De igual manera, son los procesos de estas actividades quienes definen la forma del trabajo a realizar, los pasos a seguir que implica una cierta experiencia del personal y un método a seguir para cumplir con la productividad del sistema.

Como ven son actividades que interactúan entre sí y que pueden mejorar en conjunto según el análisis realizado y el enfoque del staff.

Este enfoque ayudara a ordenar inicialmente las fichas del juego, donde mediante un análisis de niveles de actividad son los primeros valores a conseguir en este estudio. Un análisis del antes, durante y después del cambio es vital para entender y poder definir ciertos cambios en el proceso y/o en la mano de obra. El trabajo productivo, contributorio y no contributorio son luces que nos invitan a analizar los procesos a grosso modo, de las cuales el trabajo no contributorio y contributorio son los más indicados a reducir en el análisis

(aunque muchos autores se enfocan en el trabajo no contributivo, la actividad contributiva es un punto del que también necesita de un análisis y estudio).

Lo primero que encontraremos en este análisis es el conocimiento que se identifica en diversos parámetros, conocimiento que es de vital análisis para determinar las razones de las pérdidas generadas en los procesos, conocimiento que en el transcurso se transforma en valor producido y desperdicio, es por eso que el conocimiento es el punto de partida del análisis de estudio.

Muchas veces esto implica sencillos cambios y en otros casos implica la aplicación de tecnologías no comunes en las actividades estudiadas. Esto parte de la necesidad observada en el estudio y de la capacidad para encajar en aquella necesidad que se convierte en trabajos no productivos en el proceso.

Estos productos pueden pasar desde el uso de diversas tecnologías (como en la utilización de equipos, nuevas tecnologías), como en hacer ligeros cambios en las herramientas de trabajo (uso de andamios de sencilla transportación o ladrillos dimensionados para cada muro). Es cuestión de analizar las actividades y ver la capacidad de adaptabilidad que tenga en el medio para determinar su uso, naturalmente controlado en el proceso.

El esquema de mejora continua no es más que la estrategia a utilizar para identificar aquellas actividades, procesos, herramientas, que se puedan mejorar para tener procesos más eficientes en el camino. Esta mejora continua es un enfoque más liviano, no tan establecido como el de la relación entre el proceso y la cuadrilla, sino más bien con la capacidad de adaptarse a las necesidades del proyecto que dependen de un análisis de fondo más que de forma.

Finalmente si hablamos de difusión de la experiencia hablamos de generar aquel conocimiento implícito que no es común en proyectos de ingeniería. En realidad esto se pierde bajo los argumentos de variabilidad del sistema, razón por la cual aquellas experiencias quedan en el aire y hasta se pierden con el tiempo.

Es aquí donde concentramos nuestro estudio con el fin de crear conocimiento y compartir en el medio, como sencillos tips, papers y/o capacitaciones que ya

fueron tomadas como estrategia del sistema de prevención de riesgos, seguridad y medio ambiente (en la actualidad tomando mayor importancia).

Este método ya detallado se disgrega en el transcurso de la investigación y se enfatiza posteriormente como lo veremos unas páginas más adelante.

3.2.1 Descripción del Problema

Como mencionaba anteriormente, el problema de mejora de procesos y gestión de desperdicios se debe a factores de criterios y experiencia humana. La responsabilidad muchas veces va derivada al maestro de obra y, según su criterio práctico, disponen de seguir sus recomendaciones, aunque en muchas ocasiones estos procesos ya estén establecidos por el ingeniero que bajo muchas razones no ahonda su tiempo a abarcar todo, por ejemplo, mostradas en una carta balance. El maestro de obra es quien toma la delantera al proponer el número de personas que conformaran la cuadrilla respectiva, fiado de la confianza del ingeniero de campo, además de los procedimientos para realizar aquellas buenas prácticas que en su experiencia ha ganado y aprendido.

En cuanto a los procesos, si bien es cierto no existe una base de datos en la empresa donde se muestren una guía de los diferentes procesos en la construcción, el problema se ahonda más cuando esta responsabilidad se le deriva al sentido común de los trabajadores. Sin duda la experiencia de estas personas le da al residente de obra o encargado de la supervisión del personal la confianza para determinar las características de su proceso en obra, sin embargo en la producción es de vital importancia tomar en cuenta de qué manera se debe enfocar el trabajo para lograr mayores beneficios.

Ante lo anterior podría afirmar que de acuerdo a la experiencia de los obreros sus procesos ya lo consideran casi definidos, sin embargo la probabilidad de organizar adecuadamente esta cadena para buscar la mejora es sin duda adecuada y viable. El cambio de la cadena de un proceso puede indudablemente reducir los trabajos no contributivos para llegar a ser más productivos y derivarse a los trabajos productivos y contributivos. Aunque para muchos puede sonar ilógico esta posibilidad, cabe tomar en cuenta que el ser

humano tiene una producción variable del día: la mayoría de veces su trabajo en horarios intermedios (entre la hora de entrada, el almuerzo y la hora de salida) son mucho más productivos. Esto en términos productivos significa que es adecuado utilizar bien su tiempo, en horas hombre, para hacer la mayor producción en la mañana para así dejar en la tarde trabajos más 'ligeros' o al menos fáciles que no impliquen mayor esfuerzo en la cadena del proceso.

Si el cambio para la mejora de la producción va de la mano del beneficio del trabajador (llámese en tiempo de trabajo, en facilidad, etc.) entonces el cambio siempre será bien aceptado y menos perjudicial entre los trabajadores.

Finalmente (y como partida de la gestión de desperdicios) un proceso no eficiente genera además usos inadecuados de los materiales utilizados, sean herramientas, insumos (en nuestro caso partiremos de este estudio) y maquinarias. Es por esta razón que tenemos una relación directa entre la mejora de procesos y gestión de desperdicios.

3.2.2 Diagrama de Medición Propuesto

Seguido del grafico mostrado anteriormente, el complemento a esta proviene de los conceptos básicos del Lean Construction, del que nos propone una alternativa para identificar y proceder a corregir aquellos procesos identificados como defectuosos.

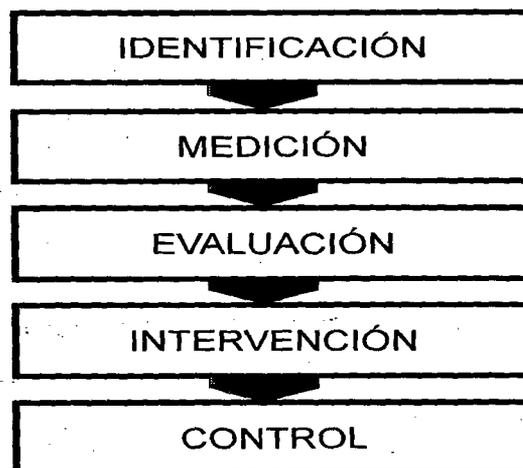


Fig 3.15. Mejora de procesos, Lean Construction

Fuente: Jaime Cornejo, 2008

Este diagrama de flujo mostrado nos da parámetros que consideramos oportuno seguir de forma ordenada con el fin de proceder a acumular la información con un sentido Lean. A esta la denominamos Fases de Medición Propuestas que a continuación detallaremos.

3.2.3 Fases de Medición Propuestas

a. Proceso de Identificación

La identificación es uno de los procesos más importantes, depende del adecuado estudio realizado para intervenir en las actividades más incidentes de un sistema.

En el transcurso de una investigación en construcción siempre el paso inicial es el proceso de identificación del problema. Esto implica un proceso de análisis cualitativo y cuantitativo de ciertas actividades que a simple vista pueden presentarse como oportunidades de mejora, sin embargo no siempre estas actividades son los más incidentes.

Antes de comenzar con medición alguna es importante identificar el problema, por eso la identificación se ubica como punto de partida primordial para proceder a investigar, sin embargo y debido a la variabilidad de la construcción es difícil establecer métodos adecuados para identificar oportunidades de mejora.

En Brasil han realizado extensos estudios en diversas construcciones, al igual que en países desarrollados. La decisión del staff fue el punto de partida para comenzar a analizar los desperdicios en obra y la mejora de procesos.

A continuación resumimos dos métodos para la identificación de oportunidades:

- Entrevista al Staff, que implica tomar las referencias del staff encargado de controlar los procesos en campo. El objetivo es que los

encargados directos del control en campo describan los problemas ya identificados. Este documento ayudará al encargado entender las actividades más comprometidas a ser mejoradas, obviamente desde una perspectiva general que debe ser analizada aun más.

- Diagrama de Ishikawa, que será generada luego de la identificación mostrada por el staff, con el fin de disgregar adecuadamente el problema identificado en el primer pasó. Así, los procesos incidentes serán encontrados y posteriormente analizados luego del proceso de identificación, como detallaremos en los siguientes pasos.

En uno de los proyectos consideramos establecer tres niveles de desperdicio, los cuales inciden en: mano de obra, materiales y equipos.

Se ha agrupado el desperdicio en tres niveles:

- Primer nivel, relacionado al consumo de materiales.
- Segundo nivel, relacionado a la mano de obra.
- Tercer nivel, relacionado al consumo de materiales, mano de obra y equipos

b. Proceso de Medición

Las mediciones ayudan a detectar el origen o raíz del desperdicio, tanto como de las ineficiencias de los procesos.

Tenemos tres componentes básicos en la construcción: Materiales, mano de obra y Equipos. De acuerdo a los niveles de desperdicio se establecen métodos o sistemas de medición, tanto como al analizar los niveles de proceso ineficientes identificados en errores y/o sobre costo que al principio no se había planeado. Es importante y necesario establecer en los diferentes niveles de desperdicio el análisis de pareto y el análisis del nivel de actividad según el resultado de la identificación:

Sistema medición de materiales, primer nivel.

Calculo de los niveles de actividad para el análisis de los proceso, segundo nivel.

Causa directa. Fuente de información – desmonte, salida de material de almacén por unidad de trabajo, para establecer el nivel de gestión de desperdicios, al igual, el análisis de los trabajos no contributorios (y en algunos casos el contributorio) mediante la propuesta de cambio y control.

Causa indirecta. Fuente de información - salida de material de almacén por unidad de trabajo, contrastada con material empleado por unidad de trabajo.

Sistema de medición Segundo Nivel – hh empleadas por unidad de trabajo

En el tercer nivel no se pueden establecer mediciones para cuantificar la perdida mientras no se tenga un sistema de trabajo más eficiente que nos proporcione información para cuantificar o comparar el uso de recursos.

Naturalmente las causas indirectas (y quizás planteadas como segundo y tercer nivel para la mejora de procesos) estarán claramente mostradas en la medición de niveles de trabajo de las que se espera además una adecuada selección según las subactividades más incidentes.

c. Proceso de Evaluación

Luego de haber hecho las respectivas mediciones y haber demostrado las oportunidades de mejora en cuanto a los procesos y el seleccionado del nivel de desperdicios en los procesos se pasa a evaluar estos resultados para así plantear las alternativas de mejora en la misma.

Este análisis Comprende tres puntos:

Procesamiento de datos. Es la evaluación de la información obtenida en las mediciones.

Análisis de procesos. Identificación de todos los pasos que comprenden los procesos constructivos empleados.

Identificación de mejoras en los procesos.

d. Proceso de Intervención

Luego de la evaluación ya hecha se llegara al proceso de toma de decisiones del staff (en este caso del residente o encargado de la obra).

Se Debe tratar de generar un “círculo de mejora continua”. Una vez identificadas las posibles mejoras en la etapa de evaluación deben de implementarse en los diferentes procesos constructivos, esta implementación contempla mediciones y evaluaciones permanentes durante el proceso de implementación.

e. Proceso de Consolidación

Finalmente, lo que en la investigación se consideró de orden ‘vital’, la consolidación del conocimiento adquirido en el transcurso es sin duda el valor agregado que se plantea lograr. La gestión del conocimiento, usualmente utilizada en las industrias, es un arma de vital importancia en la empresa hoy en día, con este enfoque considerar ‘acumular’ el conocimiento adquirido no es más que mantener a los procesos en mejora continua, y no solo al nivel que tradicionalmente se llega hasta en las grande empresas (de mantener una mejora continua en obra), si no el de manejar un conocimiento para aplicar a los demás proyectos a ejecutarse y elaborar.

Una vez implementadas las mejoras es necesario asegurar los resultados obtenidos en el proceso de implementación, para esto en la etapa de consolidación se establecen las pautas necesarias para que se adviertan y se corrijan las posibles desviaciones que pudieran presentarse (la variabilidad).

Se establecen los siguientes puntos como objetivos vitales de análisis al final del círculo de estudio que serian las siguientes:

Difusión. Tiene como fin promover el compromiso de quienes intervienen directa o indirectamente en los procesos.

Control. Que tiene como fin identificar si los valores se mantienen dentro de los rangos establecidos en la etapa de intervención.

CAPITULO IV: RESULTADOS Y PROPUESTAS DE LA INVESTIGACION

Ya habiendo fundamentado y explicado el tema y los diferentes conceptos que fueron aplicados pasaremos a explicar detalladamente los resultados obtenidos en la investigación y las propuestas que salen de esta de las que remarcamos al final.

4.1 RESULTADOS DE LA INVESTIGACION - ENFOQUE

Es a partir de este punto donde planteamos hacer el plan de Gestión de Desperdicios el cual forme parte, sin embargo y a la par con la experiencia laboral ganada, el aporte de varios ingenieros en mi tema de investigación dieron forma a lo que en el transcurso de este capítulo explicaremos.

Para poder realizar adecuadamente esta investigación planteamos el objetivo de tomar las observaciones debidas en un foco lo suficientemente trabajable, ni tan amplio como para complicarlo ni tan corto como para simplificar con resultados poco incidentes.

A continuación detallamos el área de trabajo y los resultados obtenidos.

4.2 RESULTADOS DE LA INVESTIGACION – DATOS

4.2.1 Identificación

Al momento de plantear el enfoque de la investigación se procedió a recoger observaciones hechas entre los ingenieros de campo. El objetivo de esto era de alguna manera determinar el trabajo al cual concentraríamos nuestro esfuerzo.

Como punto de partida de análisis decidimos comenzar por las cuadrillas más incluyentes a simple análisis de costos para comenzar el estudio. En realidad en todo proyecto se puede identificar claramente a las partidas más influyentes

según el presupuesto meta, de esta manera (y hasta utilizando un diagrama de Pareto para analizar los costos más incidentes) podemos simplificar rápidamente nuestro esfuerzo en las actividades más influyentes del proyecto.

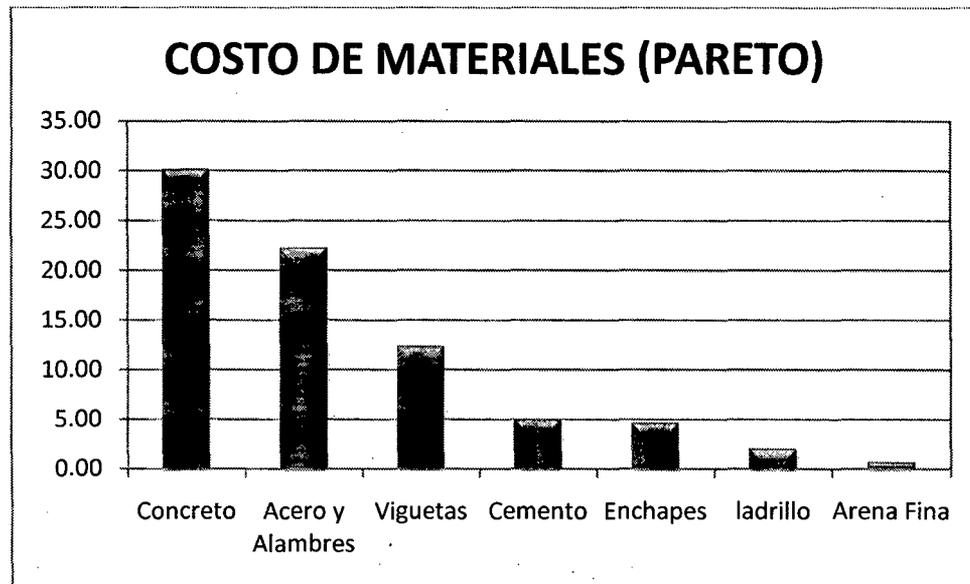


Fig. 4.1: Diagrama de Pareto de los costos de Materiales

Fuente: Propia.

Si bien es cierto en la tabla que mostramos se entiende claramente que las actividades más importantes (incidentes en cuanto a costos) son el Concreto y el Acero. El análisis también requerirá tomar en cuenta el tiempo del proyecto en el que se analizan estas partidas.

La ocurrencia de una construcción de edificaciones con varios niveles casi siempre lleva una relación con los elementos que utilizan para cumplir con sus objetivos. No podría avanzar en el enchape mientras me encuentro haciendo la estructura del edificio, ese proceso no ocurre ni ocurrirá de diferente manera en la construcción de edificios, es por eso que hablamos de ocurrencia. También podemos decir que las actividades claves (en relación al costo de materiales) se encuentran desde el inicio del vaciado de concreto (cimentación) hasta el término del último techo. Esta actividad ocurre entre el 5% y 45% del proyecto (con obvias variabilidades y casi independientemente de su programación, del sistema planteado para la construcción, de las innovaciones, etc.), ya que posteriormente el tiempo que nos toma en comenzar la arquitectura del proyecto se torna también prolongada.

Siendo así podemos mencionar que nuestra intervención fue hecha cuando la estructura del proyecto se encontraba al 85% aproximadamente de avance, donde los materiales más influyentes en función de sus costos estaban a un paso de terminar. Además, a esas alturas el staff de profesionales ya había tomado diversas medidas para mejorar los procesos y disminuir los desperdicios de concreto principalmente en obra. Nuestro trabajo implicaría analizar las actividades que estén a punto de comenzar.

CATEGORIA	PRESUP. + ADIC.	%
MANO DE OBRA	710,642	19.76
MATERIALES	944,521	26.26
EQUIPOS	141,409	3.93
SUBCONTRATA	1,542,198	42.87
GG Y FINANC.	258,319	7.18
SUB TOTAL (US \$)	3,597,089	100.00

Tabla 1. Costo de las Categorías Proyectadas en el Proyecto

Fuente: Oficina Técnica GyM.

Luego de confirmar que el concreto y el acero (los materiales más influyentes) estaban a punto de acabar como actividades de costo incidentes, nuestro análisis se basó en el estudio del siguiente uso que le darían al concreto: los tarrajes, contrapisos y, como actividad también importante de análisis, a la albañilería.

Entonces luego de este análisis el staff de profesionales considero adecuado estudiar las siguientes partidas con sus respectivas conformaciones:

Tarrajeo de Cielo Raso

Características de la cuadrilla:

Diseño de Cuadrillas. 5 operarios y 2 ayudantes

Disposiciones geométricas. Cielo raso de dormitorios, de pasadizos.

Disposición de Materiales. Arena, cemento, agua.

Ladrillo Kingkong

Características de la cuadrilla:

Diseño de Cuadrillas. 3 operarios y 2 ayudantes

Disposiciones geométricas. Dormitorios, pasadizos, baños, tragaluces

Disposición de Materiales. Ladrillos, arena, cemento, agua.

Tarrajeo de Muros (con Gruña)

Características de la cuadrilla:

Diseño de Cuadrillas. 12 operarios y 4 ayudantes.

Disposiciones geométricas. Dormitorios, pasadizos, baños.

Disposición de Materiales. Arena, cemento, agua.

Derrames – Acabado de Losa

Características de la cuadrilla:

Diseño de Cuadrillas. 2 operarios.

Disposiciones geométricas. Losas.

Disposición de Materiales. Concreto.

Tarrajeo de Fachada y Bruña

Características de la cuadrilla:

Diseño de Cuadrillas. 5 operarios y 2 ayudantes.

Disposiciones geométricas. Fachadas.

Disposición de Materiales. Cemento, agua, arena.

Contrapisos

Características de la cuadrilla:

Diseño de Cuadrillas. 5 operarios y 3 ayudantes.

Disposiciones geométricas. Pisos.

Disposición de Materiales. Cemento, agua, arena.

La decisión de enfocar la investigación al inicio en estas cuadrillas se tomo luego de analizar, además, dos razones fundamentales relacionadas al costo:

- La cantidad de materiales que utilizan para cumplir su jornal.
- El número de personas que trabajan en este proceso

Estas razones son quizás relacionadas según sea la partida de estudio. Igual, a esas alturas del proyecto existe una relación entre ambas, ya que la utilización de mezcla es la común. Igual, los ladrillos implican un costo y todo costo siempre suma al producto final.

Procesos

Para seguir con el análisis de identificación se hizo una toma de datos con una cartilla elaborada en la investigación dentro del staff de profesionales. Los resultados, como ejemplo, son mostrados en la figura que mostramos a continuación:

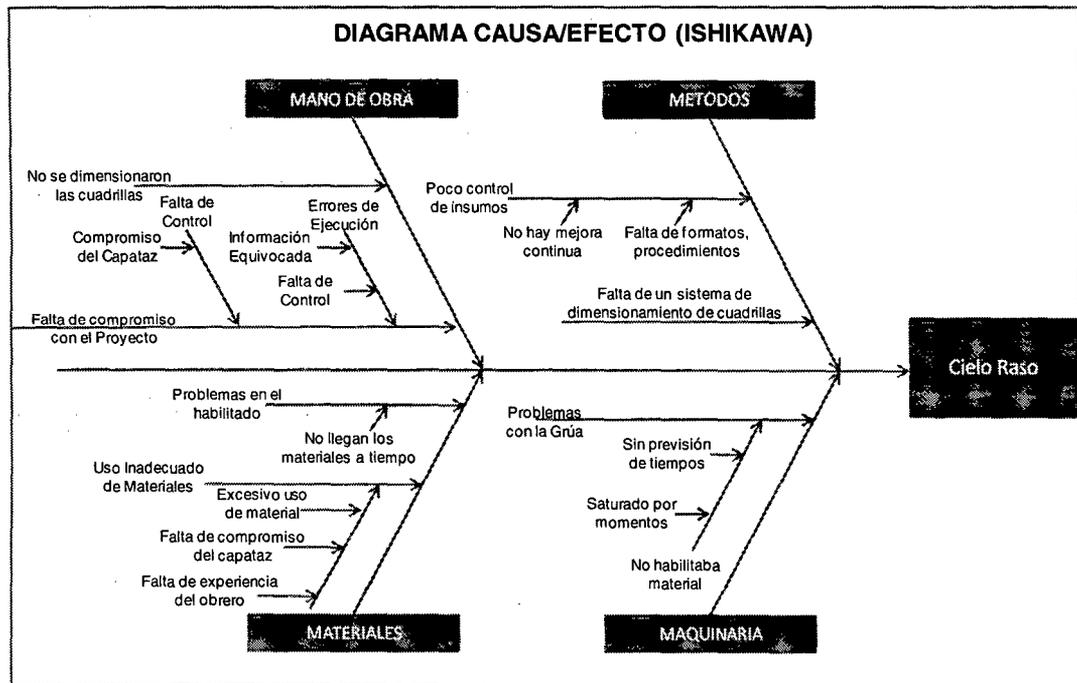


Fig. 4.3: Diagrama de Ishikawa elaborado para la cuadrilla de cielo raso

Fuente: propia.

Gracias al análisis de las cartillas y al trabajo de análisis mostrado en el Diagrama de Ishikawa (grafico anterior y generado mediante el método de los 5 porque's) la línea de la investigación encontró entre sus cuadrillas con mayores defectos a las de cielo raso.

Desperdicios

Un indicador importante para la gestión de desperdicios es hacer una toma de aquellos materiales que ingresaban a obra pero que no terminaban de colocarse en su total. Estos desperdicios necesitaban ser medidos de alguna manera, es por esto que analizamos las pérdidas con los datos obtenidos en oficina (ANEXO 4.1: Control de eliminación de Desmonte):

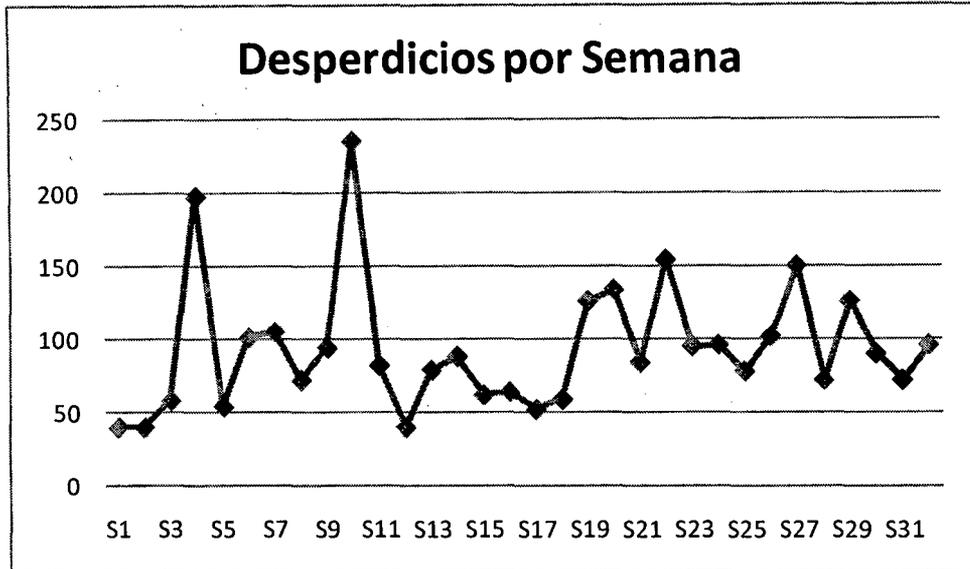


Fig. 4.4. Desperdicios medidos en obra

Fuente: Propia.

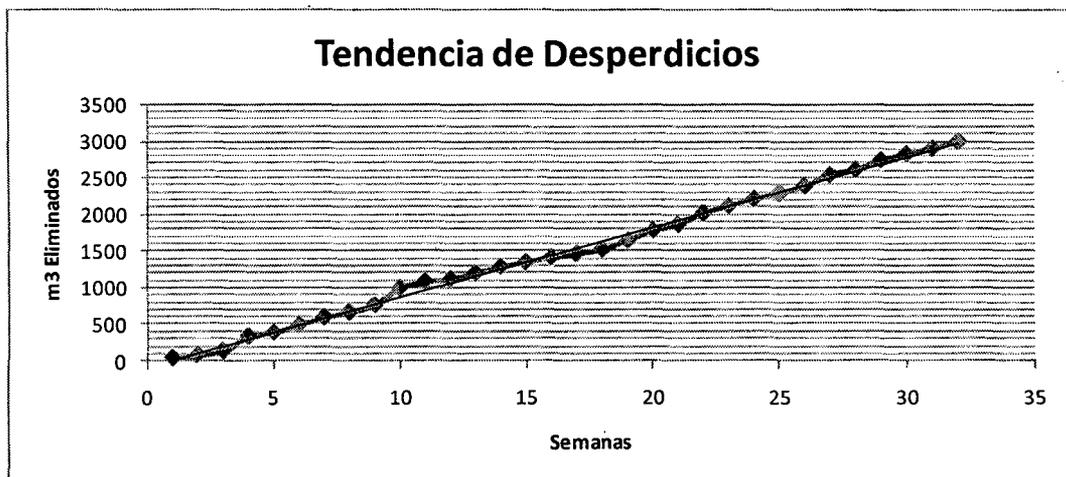


Fig. 4.5. Desperdicios acumulados medidos en obra

Fuente: propia.

Al momento de hacer la comparación volumétrica de los volquetes eliminados en obra en el transcurso de las semanas nos percatamos que los resultados sin duda eran aproximados a lo estimado por Flavio Picchi en su investigación (27% del total de insumos utilizados a comparación del 30% mostrado por Flavio Picchi), sin embargo esta variabilidad en el porcentaje total de desperdicios generados obviamente jamás serán iguales y serán generados por diversos factores que nos llevarían a realizar un análisis bastante profundo si quisiéramos identificarlas, tema del que decidimos no estudiar por el poco tiempo que teníamos para aplicar un sistema de mejora.

Con estos resultados mostrados hasta el momento la identificación del cómo se va desarrollando el proyecto y que elementos se van desperdiciando en sus procedimientos se van haciendo más claros. A partir de esta identificación es que, mediante este método, pasamos a realizar las respectivas mediciones.

4.2.2 Medición

Luego de hacer las mediciones generales de identificación en las cuadrillas con las herramientas estadísticas comúnmente utilizadas en el control de procesos (sobre la medición de Niveles de Actividad), los resultados fueron enfocados de la siguiente manera:

- *Hacer la medición de los Niveles de Actividad del tarrajeo de cielo raso y hacer la medición de los materiales desperdiciados.*
- *Hacer mediciones con cartas balance.*
- *Hacer un comparativo clasificándolos con el Diagrama de Pareto para su adecuada identificación.*

De esta propuesta salió una idea: hacer el análisis del Nivel de Actividad del Trabajo no Contributorio en los tiempos extremos. Explicando más claramente, el objetivo se basaba en observar las horas más críticas (al inicio, a la hora del almuerzo antes y después) para identificar si la cuadrilla cumplía con el itinerario laboral.

A pesar que ya se había enfocado el estudio al análisis de la cuadrilla de tarrajeo de cielo raso, el staff decidió hacer la medición de cinco cuadrillas, quienes presentaban más incidencia en las cartillas. Así, se obtuvo la siguiente figura:

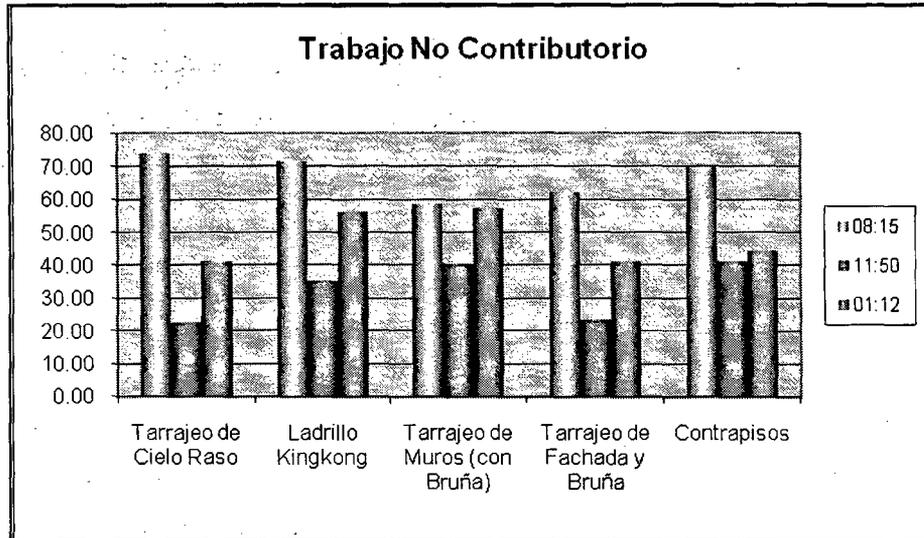


Fig. 4.6. Nivel de Actividad del Trabajo no Contributorio

Fuente: Propia.

Además de esto era importante hacer la toma de datos del desperdicio generado en el proyecto. Para esto se estableció un método de medición en el staff, mostrado así los siguientes resultados en el grafico:

Fecha de Toma de Datos: <input type="text" value="Miercoles"/>				Buguis	m3	Area Cubierta (m2)	Espesor Tarrajeo (cm)
en Bolsas	Aguaje	Mezcla					
Material	Cemento	Cemento	Arena	Total Utilizado	24	1.70	88.23
utilizado/día	4	12	60	Desperd. Tradicional	4	0.28	14.71
	Total cemento	16		Desperd. Ultimo	1.1	0.08	4.04
				Desperd. Recuperado	2.9	0.21	8.30
				Procentaje Total	12.08	12.08	9.41
							2.47

Tabla 2. Medición típica de control de desperdicios

Fuente: propia

Así, pudimos determinar aproximadamente cuanto desperdicio se generaba en una semana (ANEXO 4.2: Sistema de Control de Desperdicios).

Primer Análisis

Los gráficos presentados anteriormente nos sirvieron para analizar de manera más clara el problema que se asumía existía: no se cumplían las horas de trabajo. El ingeniero residente tanto como de los de campo pudieron analizar más claramente con estos gráficos el problema del que no precisaban en la

mayoría de los casos. Luego se plantearon alternativas para enfocar las respectivas soluciones que mostramos a continuación:

- Los tiempos no contributorios observados en las cinco cuadrillas fueron literalmente altos. Esto se debía, según lo observado por los capataces responsables, a la falta de un adecuado abastecimiento de materiales, tanto como a la falta de compromiso de los trabajadores (medición en campo). Las razones sin un sustento aceptable de sus faltas de compromiso terminaron por generar críticas y 'jalones de oreja' a los capataces encargados de su trabajo.
- Como se observa en el gráfico, los trabajos no contributorios captados nos indican el flojo arranque de cada cuadrilla analizada. Sin duda un punto agudo de debate en la reunión debido a que los resultados obtenidos, además del argumento de los trabajadores, no ayudaba para poder determinar claramente la razón del problema.
- Una de las cosas que también fueron cruciales para mostrar estos resultados era que el sindicato no respetaba el horario de inicio de obra, ya que sus reuniones comenzaban más tarde de lo acordado.

La filosofía de Kaizen nos menciona que el trabajador es también responsable de la productividad en obra, siempre que se encuentre identificado con la empresa, dado que en esa situación el trabajador es un valor intangible que debería aportar con su conocimiento técnico a encontrar mejoras positivas que pueden ser cruciales para mejorar la productividad (innovación).

Luego de estas cortas conclusiones se propuso hablar directamente con los encargados de obra, ingenieros de campo y a los capataces.

Es claro que en esta reunión se mostraron los resultados especificados anteriormente y, además de las propuestas de la investigación, se propuso tomar mayor responsabilidad en la obra en cuanto al inicio de la producción, según lo establecido en sus contratos (obreros).

Así y luego de hacer un análisis introductorio se dispuso controlar la cuadrilla de tarrajeo de cielo raso y seguir los resultados de cerca.

Segundo Análisis

Una vez analizado estos cuadros como punto de partida, se planteo en el trabajo establecer un sistema de medición continua. Así, el Nivel de Actividad en conjunto con las Cartas Balance y el Diagrama Pareto podrían servir de mucho si adecuábamos un formato que nos simplifique el análisis.

La toma de datos realizada en campo se hizo considerando el mínimo requerido y sugerido por la literatura productiva, valores que naturalmente no deberían ser menos fiables. Es así que tomando en consideración estas restricciones de fiabilidad la meta fue controlar los Procesos y los Desperdicios en el proyecto.

Procesos

Las mediciones fueron realizadas en tres etapas de comparación: al inicio o partida, en el transcurso o intermedio y al final.

Antes de comenzar el análisis de la cuadrilla mencionada se tuvo que diseñar un formato de medición, herramienta que en el transcurso vino mejorándose hasta que finalmente termino siendo una importante propuesta, del que denominamos "Carta Balance Compuesta" (ANEXO 4.3: Carta Balance Compuesta). Esta será definida posteriormente.

Con el objetivo de hacer un análisis numérico de los resultados de las propuestas comenzaremos identificando las subactividades de nuestra cuadrilla:

	Características				Características		
	SubActividad	Codigo	Tipo		SubActividad	Codigo	Tipo
SubActividad 01	paneteo	A	P	SubActividad 09	coordinac.	J	C
SubActividad 02	reglado	D	P	SubActividad 10	puntos	O	C
SubActividad 03	frotachado	F	P	SubActividad 11	corte y c.	K	C
SubActividad 04	mojado	R	C	SubActividad 12	espera	M	Nc
SubActividad 05	mezcla	G	C	SubActividad 13	descanzo	N	Nc
SubActividad 06	trans.mez.	T	C	SubActividad 14	bano	Y	Nc
SubActividad 07	limpieza	E	C	SubActividad 15			
SubActividad 08	trans.andá.	B	C	SubActividad 16			

Tabla 3. Definición de las Subactividades

Fuente: propia.

Como bien se muestra en la Tabla 3, la decisión de definir que sub actividades son productivas, contributorias y no contributorias en nuestras cuadrillas dependió de un análisis entre el staff de ingenieros. Estos (a pesar que seguramente con otro grupo humano se determine una que otra variación) nos sirven igual, sin disminuir el grado de importancia del análisis.

Un ejemplo claro a lo mencionado anteriormente es cuando se analiza como sub actividad los viajes al baño. Para algunas personas el ir al baño lo consideran un trabajo no contributorio, ya que de ninguna manera aporta al producto final, sin embargo para otros, el ir al baño significa realizar un trabajo contributorio, ya que lo ven desde el punto de vista fisiológico donde el hombre experimenta una obvia tranquilidad en sus horas de trabajo luego de ir a hacer sus necesidades.

Aunque el análisis pueda parecer desenfocado para algunos, para otros es un valor real y lógico, depende muchas veces de la escuela de donde vengamos o hayan adquirido esa visión de análisis, sin embargo, en ambos casos, sabemos muy bien que si esta sub actividad presenta un valor alto, la oportunidad de verla como sub actividad incidente es la misma.

Tomando las consideraciones necesarias para la toma de datos elaboramos el formato mostrado en el siguiente gráfico:

CARTA BALANCE COMPUESTA				CARTA BALANCE COMPUESTA			
PROYECTO: <i>Golf Millenium</i>				ACTIVIDAD: <i>Tarrajeo de cielo raso</i>			
MUESTREADOR: <i>Guillermo Arellano Castillo</i>				DESCRIPCION:			
N° FORMULARIO:				FECHA:		HORA INICIO: HORA FIN:	
Características			Características				
SubActividad	Codigo	Tipo	SubActividad	Codigo	Tipo		
SubActividad 01	paneteo	A	P	SubActividad 09	coordinac.	J	C
SubActividad 02	reglado	D	P	SubActividad 10	puntos	O	C
SubActividad 03	frotachado	F	P	SubActividad 11	corte y c.	K	C
SubActividad 04	mojado	R	C	SubActividad 12	espera	M	Nc
SubActividad 05	mezcla	G	C	SubActividad 13	descanzo	N	Nc
SubActividad 06	trans.mez.	T	C	SubActividad 14	bano	Y	Nc
SubActividad 07	limpieza	E	C	SubActividad 15			
SubActividad 08	trans. anda.	B	C	SubActividad 16			

MEDICIONES DE CUADRILLA PARA CARTA BALANCE COMPUESTA								
	I	II	III	IV	V	VI	OBSERVACIONES	
1	K	K	E	E	B	T		
2	K	K	K	B	T	T		
3	K	K	K	T	T	T		
4	K	k	K	K	T	T		
5	K	N	E	K	T	T		
6	N	K	K	K	T	E		
7	J	K	K	K	T	T		
8	K	K	K	M	J	T		
9	G	K	K	K	M	T		
10	G	R	R	M	T	T		
11	J	R	R	T	T	-R		
12	G	G	G	T	T	T		
13	R	G	G	G	T	T		
14	Y	A	G	G	G	T		
15	A	A	R	G	G	T		
16	A	A	G	R	G	R		
17	A	A	G	G	R	R		
18	A	A	G	A	G	G		
19	Y	G	A	A	K	G		
20	N	A	A	G	K	R		
21	A	A	A	R	K	R		
22	R	A	A	G	R	G		
23	A	J	R	A	R	R		
24	A	J	A	A	J	R		
25	N	J	A	A	J	N		
26	A	A	A	A	N	R		
27	A	A	A	A	A	J		
28	A	A	J	A	A	J		
29	A	A	A	A	A	G		
30	N	A	A	J	A	G		
31	N	A	A	A	A	A		

Fig. 4.7. Cuadro de medición: Nivel de Actividad (fuente propia)

Este formato nos ayudo a hacer las mediciones de la cuadrilla mencionada.

Según lo sugerido por el Manual de Gestión de Proyectos de la empresa, las mediciones tienen que llegar a 385 para alcanzar un 95% de confiabilidad en las mediciones. Considerando este número se hicieron las mediciones hasta en 400 tomas, lo que nos valida como resultados de mayor confiabilidad.

A continuación mostramos el resultado de los niveles de actividad al inicio del análisis:

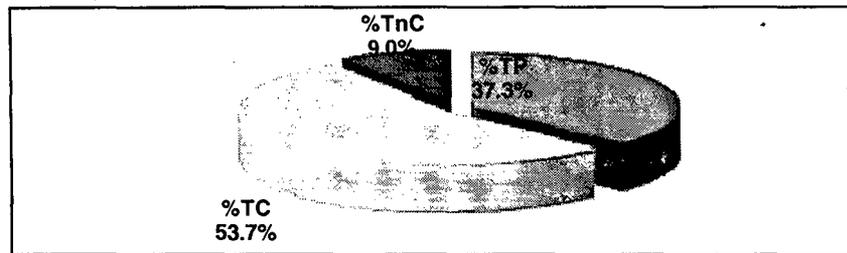


Fig. 4.8. Nivel de Actividad al Inicio – 08/08

Fuente: Propia.

Todos estos datos mostrados anteriormente en la Medición nos servirán para hacer un exhaustivo análisis y consolidación del conocimiento planteado.

Desperdicios

Aunque al inicio se planteo hacer mediciones generales de la cantidad de desperdicios eliminados en obra, esto no definía las pérdidas generadas según el tipo de material (solo estaba fundamentada en volumen de material eliminado por semana), sin embargo para la medición puntual de desperdicios se elaboro un formato de toma de datos según elemento eliminado.

Como el cemento es el elemento más incidente entre las pérdidas en el proceso de tarrajeo de cielo raso, la medición fue llevada a controlar este material.

Cabe resaltar que este elemento nunca paso a ser desperdicio como cemento en sí, sino que se encontraba mezclado con el agua y arena (como es propio del mortero), es por eso que tuvimos que analizar y medir una unidad de mezcla establecida en campo y determinar la cantidad de cemento formaba parte, es por eso que dependiendo de la cantidad de mezcla eliminada (según el volumen) podíamos determinar aproximadamente cuanto cemento se estaba eliminando. De esta manera también podríamos haber encontrado la proporción de arena eliminada del total de mezcla, sin embargo el elemento claramente más caro era el cemento, por la que optamos medir.

A continuación mostramos el cuadro elaborado para el cálculo de cemento perdido por unidad de mezcla:

Fecha de Toma de Datos: Lunes				Buguis	m3	Area Cubierta (m ²)	Espesor Tarrajeo (cm)
en Bolsas	Aguaje	Mezcla					
Material	Cemento	Cemento	Arena	Total Utilizado			
utilizado/día	3	12	60	4	0.28	15.40	
Total cemento				15			
				Desperd. Tradicional	1.6	6.16	
				Desperd. Ultimo	2.4	8.30	2.05
				Desperd. Recuperado	10.00	10.00	8.98
				Procentaje Total			
Fecha de Toma de Datos: Martes				Buguis	m3	Area Cubierta (m ²)	Espesor Tarrajeo (cm)
en Bolsas	Aguaje	Mezcla					
Material	Cemento	Cemento	Arena	Total Utilizado			
utilizado/día	4	12	60	4	0.27	15.55	
Total cemento				16			
				Desperd. Tradicional	1.4	5.73	
				Desperd. Ultimo	2.4	8.60	1.98
				Desperd. Recuperado	10.00	10.00	8.76
				Procentaje Total			
Fecha de Toma de Datos: Miercoles				Buguis	m3	Area Cubierta (m ²)	Espesor Tarrajeo (cm)
en Bolsas	Aguaje	Mezcla					
Material	Cemento	Cemento	Arena	Total Utilizado			
utilizado/día	4	12	60	4	0.28	14.71	
Total cemento				16			
				Desperd. Tradicional	1.1	4.04	
				Desperd. Ultimo	2.9	8.30	2.47
				Desperd. Recuperado	12.08	12.08	9.41
				Procentaje Total			
Fecha de Toma de Datos: Jueves				Buguis	m3	Area Cubierta (m ²)	Espesor Tarrajeo (cm)
en Bolsas	Aguaje	Mezcla					
Material	Cemento	Cemento	Arena	Total Utilizado			
utilizado/día	3	12	60	3	0.29	15.79	
Total cemento				15			
				Desperd. Tradicional	1.8	6.93	
				Desperd. Ultimo	2.3	8.30	1.96
				Desperd. Recuperado	9.58	9.58	8.98
				Procentaje Total			
Fecha de Toma de Datos: Viernes				Buguis	m3	Area Cubierta (m ²)	Espesor Tarrajeo (cm)
en Bolsas	Aguaje	Mezcla					
Material	Cemento	Cemento	Arena	Total Utilizado			
utilizado/día	4	12	60	4	0.30	16.91	
Total cemento				16			
				Desperd. Tradicional	1.6	6.44	
				Desperd. Ultimo	2.6	10.00	1.84
				Desperd. Recuperado	10.83	10.83	10.35
				Procentaje Total			
Fecha de Toma de Datos: Sabado				Buguis	m3	Area Cubierta (m ²)	Espesor Tarrajeo (cm)
en Bolsas	Aguaje	Mezcla					
Material	Cemento	Cemento	Arena	Total Utilizado			
utilizado/día	3	12	60	3	0.28	15.02	
Total cemento				15			
				Desperd. Tradicional	1.8	6.76	
				Desperd. Ultimo	2.2	8.30	1.92
				Desperd. Recuperado	9.17	9.17	8.99
				Procentaje Total			

Tabla 4. Medición Diaria de Desperdicio en Obra

Fuente: Propia.

Es así que obtuvimos los datos que fueron fuente de análisis en el proceso de Evaluación que especificaremos a continuación.

4.2.3 Evaluación

Resultados Generales

Luego de haber analizado a la cuadrilla de tarrajeo de cielo raso en un aproximado de tres semanas (mientras se decidía la forma del estudio, el fondo, el sistema que se utilizaría para el análisis y la toma de datos) se planteo una

reunión con el grupo para comenzar a analizar los gráficos mostrados en el proceso de Medición.

A continuación mostramos el análisis de los resultados en obra.

Procesos

A pesar de que luego de la primera intervención realizada en la obra la productividad del grupo mejoro significativamente, esta decisión fue tomada por una la clara necesidad de hacerla.

Toda la obra estaba siendo perjudicada por sus tardanzas al inicio de su jornal, tan clara pérdida de trabajo como el multiplicar los 15 minutos de tardanza en una obra de 160 trabajadores: 40 horas hombre desperdiciadas a diario, del que en una sola intervención se recuperaron favorablemente, sin embargo aun había más.

La cuadrilla de tarrajeo de cielo raso (a pesar de los flojos inicios de su labor y sus fatigados finales en cada jornada) siempre mostraban un buen avance, el cual es reflejado en el nivel de actividad mostrada anteriormente.

El hecho de mostrar un 37.3% de Trabajo Productivo del grupo significaban que las posibilidades de reducir los trabajos no Productivos sin duda eran oportunidades de mejora.

Lo común en este tipo de procesos (el de tarrajeo de cielo raso) es que los niveles del trabajo Productivo no son tan altos. El hecho está en que la mayor parte de su tiempo la cuadrilla lo dedica al traslado de materiales, a limpiar su área de trabajo y a trasladar sus andamios. Estos datos podemos observarlos a continuación en el Diagrama de Pareto:

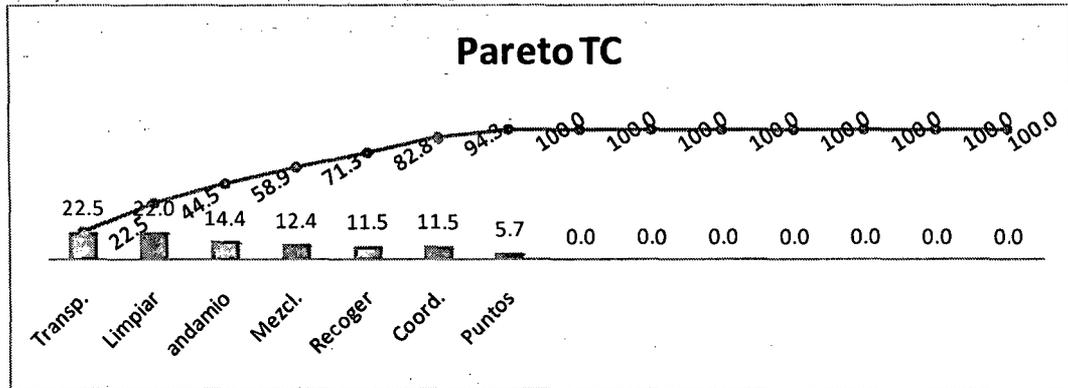


Fig. 4.9. Diagrama de Pareto del Trabajo Contributorio de la cuadrilla

Fuente: Propia.

Analizando al grafico generado entendemos que aquel 20% que debemos tomar en cuenta se encuentra principalmente en las dos primeras barras: la de transporte de materiales y el de limpieza, sin embargo debemos de aclarar que reducir estos dos trabajos contributorios no eran cosa sencilla.

Siguiendo con el análisis, el 53.7% de trabajo Contributorio era un valor, teóricamente, muy alto, razón por la que nos preocupamos en analizar las subactividades mencionadas anteriormente. Teníamos el grafico anterior que distribuía adecuadamente las subactividades del que debíamos prestar atención y analizar con detalle para el estudio: teníamos que tomar una decisión.

Muchas veces al momento de analizar los Niveles de Actividad la mayoría pasa por tomar como punto de partida el reducir el trabajo No Contributorio, sin embargo en muchos casos el reducir el trabajo Contributorio matemáticamente significa que también podría incrementar el porcentaje del trabajo Productivo, solo que reducir el trabajo Contributorio es algo mas difícil, como muy fácilmente podemos darnos cuenta en el análisis anterior.

Finalmente, el 9.0% de trabajo no Contributorio nos indicaba claramente que la cuadrilla si trabaja bien, sin embargo eso no significaba que el resultado nos era suficiente para confirmar que 'no hay más que mejorar'. Si la cuadrilla al inicio del estudio y sin aplicar ninguna propuesta de mejora mostraba estos valores, sin duda significaba lo comprometido que este grupo estaba con el proyecto, sin embargo su trabajo estaba basado en el criterio y experiencia que un obrero tiene en ciertas actividades, las que no necesariamente pueden ser

adecuadamente efectivas. El hecho de que un grupo trabaje bien con tan bajos niveles del trabajo no Contributorio no significaba que su producción era la ideal, quizás existía la posibilidad de 'ordenar las fichas' para darle una mayor eficiencia al trabajo. Esto requería un análisis.

En este caso, la evaluación nos sirvió para analizar un tema que es poco percibido por el ingeniero: la relación del rendimiento del obrero en función de las dificultades presentadas en campo.

Este enfoque fue observado luego que al momento de analizar el Proceso de Identificación mostráramos valores bajos en los extremos de la jornada. Sin duda había un problema a analizar.

Variación de la Productividad según la Jornada

El análisis de la productividad según la jornada diaria comienza para nosotros luego de habernos percatado lo difícil que se le hace al trabajador comenzar el ritmo del trabajo diario. Esto quizás podría compararse con algo de cinemática: jamás llegarás a 100km/h sin antes ascender con una aceleración físicamente posible. Inclusive, lo mismo pasa al momento de frenar tu auto, jamás frenas en seco ya que lo más seguro es que si lo intentas comiences a resbalar por la pérdida de fricción de las llantas sobre la carretera. Haciendo este sencillo razonamiento podemos entender lo difícil que es para todo ser humano el comenzar al 100% de su rendimiento. Su productividad siempre va en ascenso hasta alcanzar su límite y descender por fatiga.

El grafico que mostramos a continuación fue tomada de una investigación realizada para analizar la variación media de la productividad en función de la jornada laboral:

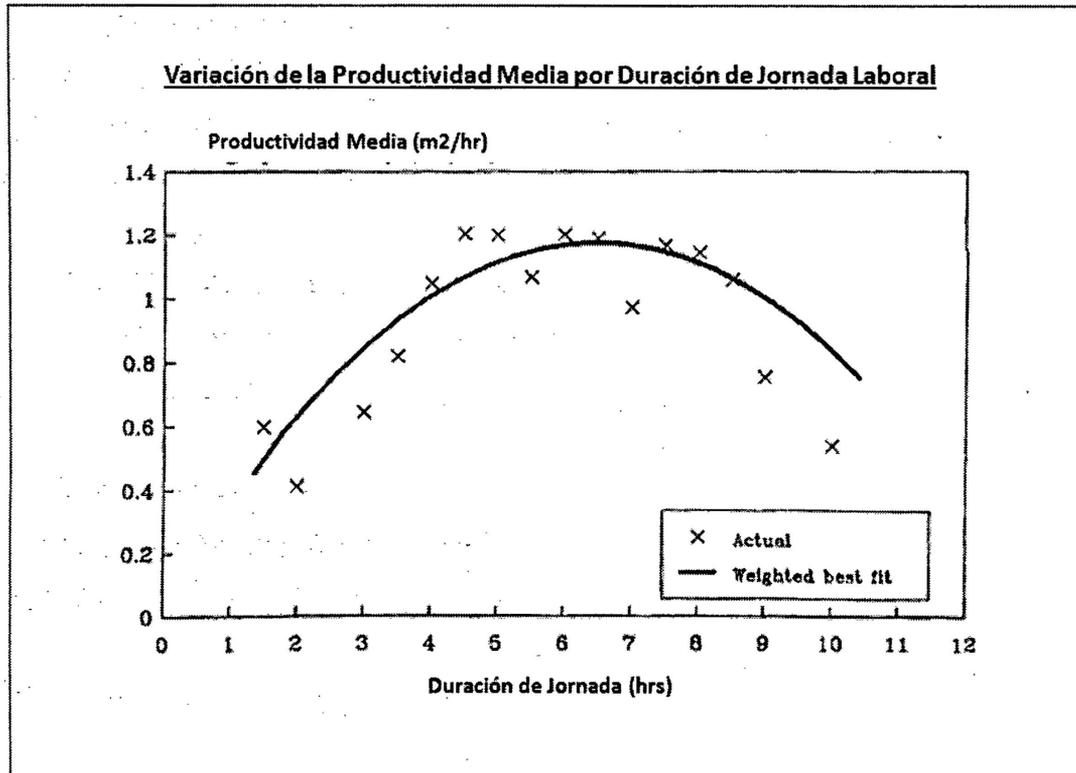


Fig. 4.10. Variación de la Productividad Media por Duración de Jornada Laboral

Fuente: Bassam T. K. Talhouni, BSc (Hon), MSc

Siendo así, si pudiéramos 'acomodar' nuestras sub actividades en función de este ascenso descrito anteriormente, es muy probable que su rendimiento ascienda también.

Antes de terminar el planteamiento de la Evaluación del proceso debemos mencionar que la cuadrilla de cielo raso mantuvo su personal hasta el final, razón por la que decidimos hacerle el control mediante las mediciones en campo.

Finalmente, decidimos evaluar las subactividades de esta cuadrilla mostrada en el siguiente grafico:

	Pañeteo	Reglado	Aguaje	Frotachado			
TRABAJO	T. PRODUCTIVO						
NIVEL DE DIFICULTAD	8	7	2	7			
	Transp.	Limpiar	andamio	Mezcl.	Recoger	Coord.	Puntos
TRABAJO	T. CONTRIBUTORIO						
NIVEL DE DIFICULTAD	6	3	7	5	3	1	2
	Descanzo	Cortes	Reparar	Conversar	Espera	Baño	Caminar
TRABAJO	T. NO CONTRIBUTORIO						
NIVEL DE DIFICULTAD	1	2	7	1	1	1	1

Fig. 4.11. Grado de Dificultad por Sub Actividad – Escala de Likert

Fuente: Propia.

Para tener un análisis profundo de la cuadrilla decidimos hacer un cuadro (ANEXO 4.4: Tabla Estadística, Nivel de Dificultad – Likert). La idea era registrar el nivel de dificultad que tenía cada sub actividad para los obreros, en escala del 1 al 10 como máximo. De esta manera, como mostramos en el cuadro anterior, observamos el nivel de dificultad de cada sub actividad.

Este análisis nos sirvió para posteriormente, según los procesos de la actividad, determinar el gráfico de 'arranque y proceso' del trabajo de tarrajeo de cielo raso. Este resultado mostramos a continuación en el siguiente gráfico:

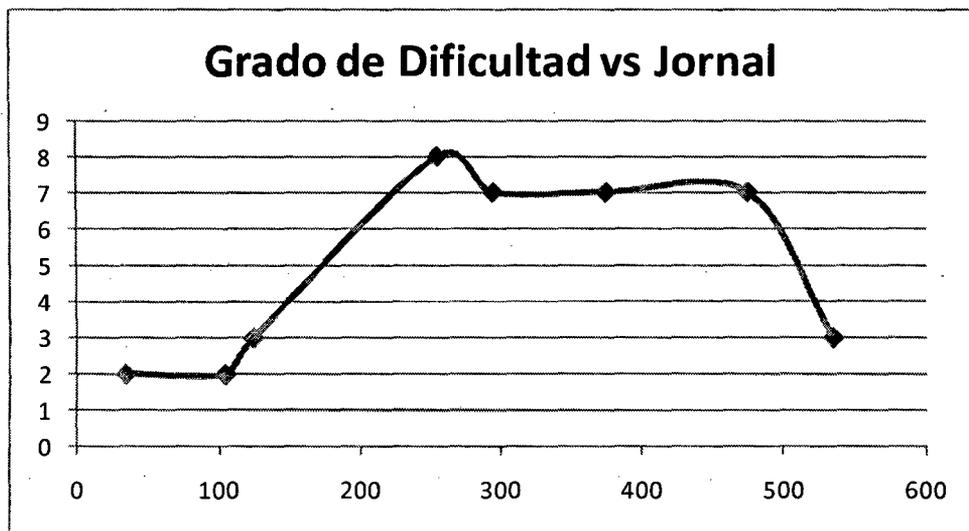


Fig. 4.12. Grado de Dificultad por Jornada

Fuente: Propia.

Si hacemos una comparación entre los gráficos 4.10 observamos que la respuesta natural del trabajador es que su productividad aumente conforme pasa el tiempo, sin embargo notamos en la figura 4.12 que en su actividad diaria el grado de dificultad de las subactividades mencionadas dan muestra que no es explotado adecuadamente el trabajo del hombre (de alguna manera se observa que tarda unos 100 minutos en aumentar).

Sin duda en este proceso de evaluación encontramos una dificultad del que teníamos que analizar adecuadamente para intervenir. Esto lo mostraremos más adelante.

Desperdicios

De la misma manera se procedió a hacer medición de los desperdicios generados en campo.

Al momento de hacer el seguimiento de esta cuadrilla nos percatamos que los desperdicios generados en campo al final de la jornada eran importantes:

Material Ingresado (%)	Material Perdido (%)
100	16.67
100	15.83
100	16.67
100	17.08
100	17.50
100	16.67

Tabla 5. Porcentaje de Material llevado a Campo vs el Perdido

Fuente: Propia.

Como bien se detalla en la tabla 4.6, aproximadamente el 16.7% del total de cemento llevado a la obra se pierde. Analicemos:

- Para comenzar, en el piso del área de trabajo se colocaron grandes bolsas para evitar la obvia pérdida masiva de material utilizado y proceder a recuperar el material que no se quedaba en el cielo raso en el transcurso del pañeteado, reglado y frotachado. Este sistema en principio aportó mucho a la recuperación de material para el tarrajeo de cielo raso.

- Siguiendo el análisis del punto anterior también es importante analizar el porqué es que, a pesar del sistema planteado, se perdía esos 16.7% aproximadamente de material. Esto fue aclarado luego de entender que no todo se lograba recuperar en el transcurso, debido a problemas con bolsas rotas, pequeños cúmulos que escapaban de la bolsa y principalmente la gran cantidad de material que se perdía luego de 'terminar' el área a pañetear en el transcurso del día.

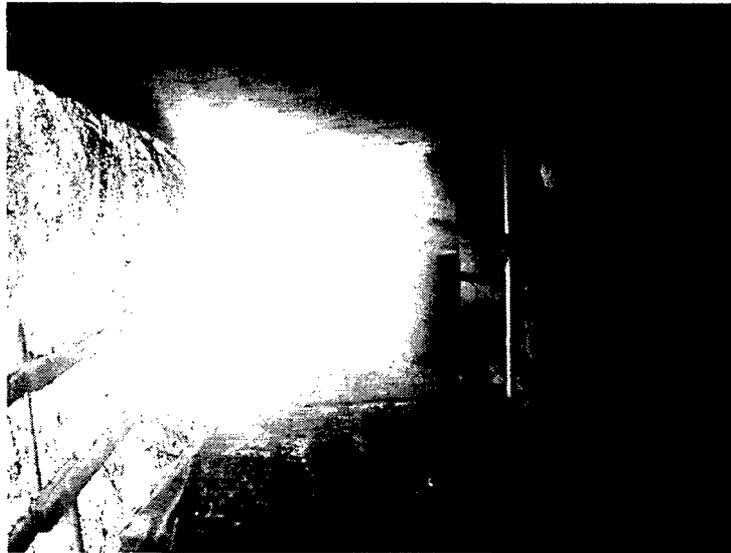


Fig. 4.13. Material recuperado en las bolsas

Fuente: Propia.

Para la Gestión de Desperdicios no era suficiente 'recuperar' el material que caía en el pañetado, más bien se buscaba reducir estas pérdidas mediante procedimientos adecuados de trabajo. Inclusive el hecho de utilizar esas grandes bolsas para evitar la pérdida en grandes cantidades de material era parte de la intervención al inicio para evitar las pérdidas en obra, sin embargo no podemos negar que el complemento del trabajo también significo hacer un control de recuperación del material perdido en la jornada diaria.

También tenemos que aclarar que la cuadrilla al terminar todas sus subactividades (terminando en el frotachado y transporte de materiales) dejaba una gran cantidad de desperdicios que eran eliminados. El hecho de creer que ya no había más que pañetear significaba para ellos que este material ya era inservible y necesario a eliminar. Sin duda teníamos que analizar e intervenir en este proceso.

4.2.4 Intervención

El análisis sin duda no fue tan sencillo. El requerir de información del rendimiento según la jornada diaria de la cuadrilla es un análisis poco común en un estudio en obra, el cual decidimos desarrollar con esta cuadrilla. Ahora, luego del profundo análisis decidimos hacer las siguientes intervenciones:

Procesos

Como bien evaluamos la jornada en los ítems anteriores, encontramos una falta de aprovechamiento al comienzo que claramente no aportaba a la actividad del tarrajeo de cielo raso. Esta comparación la vemos en el siguiente grafico:

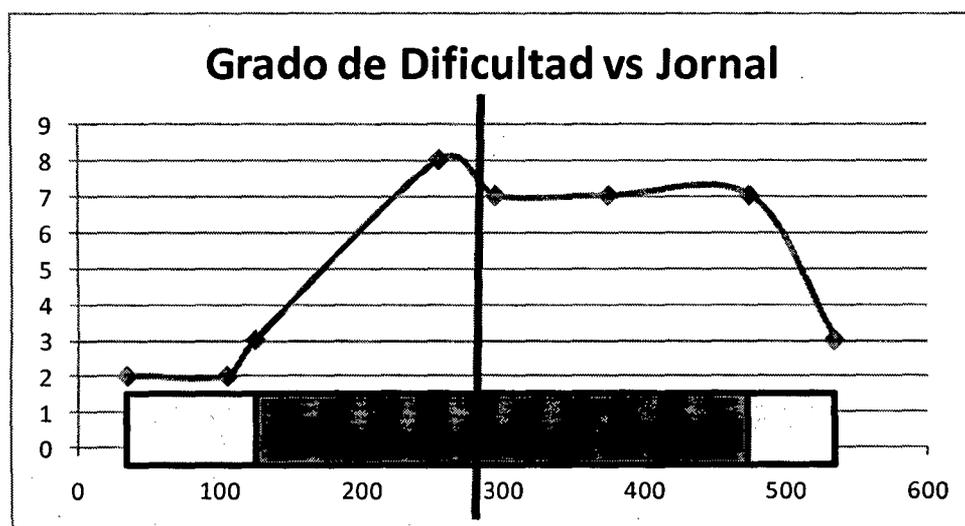


Fig. 4.14. Grado de Dificultad por Duración de Jornada - Inicio

Fuente: Propia.

En este grafico notamos que el porcentaje de dificultad luego de la hora del almuerzo es mayor que al inicio del jornal. Sin duda comenzar a hacer trabajo productivo luego de 120 minutos transcurridos no aportaba al proceso, había un problema al comienzo que teníamos que analizar (cortar, mojar). Es más, la probabilidad que al inicio de la jornada se pierdan horas en actividades no productivas sin duda no beneficiarían al proceso. Por esta razón nuestra intervención fue el hacer algunos cambios:

PROCESO INICIAL	Cortes	Aguaje	Limpiar	Pañeteo	Reglado	Frotachado	andamio	Limpiar	
	2	2	3	8	7	7	7	3	
PROCESO AL CAMBIO	Aguaje	Limpiar	Pañeteo	Reglado	Frotachado	andamio	Cortes	Limpiar	Pañeteo
	2	3	8	7	7	7	2	3	8

Fig. 4.15. Cambio realizado en el proceso

Fuente: Propia.

Analizando el cambio mostrado en la figura 4.15 se entiende que hubo un cambio en el proceso: los cortes fueron al último. Esto se decidió ya que esta actividad ocupaba un espacio que podría ser mejor aprovechado, razón por la que esa subactividad era sugerente cambiarla, pero como una subactividad de un proceso no se cambia de manera tan sencilla como apreciamos en la propuesta tuvimos que hacer ciertas intervenciones en el flujo:

Para comenzar el cambio se inicio un viernes. Esto se debió porque al final del día, como terminaba en la limpieza (Proceso Inicial) aprovechamos el sábado para hacer los cortes en el sector que tocaría avanzar el siguiente día laboral, el lunes, para entonces comenzar como menciona la segunda parte de la figura 4.15, de esta manera comenzar con el Aguaje y las demás subactividades siguientes, terminando (como parte de la intervención para el proceso) en Cortes. La subactividad de Pañeteo, mostrado en el Proceso al Cambio, lo detallaremos en el análisis de Desperdicios.

A continuación mostramos en la figura 4.16 donde se muestra la comparación de gráficos con el cambio detallado:

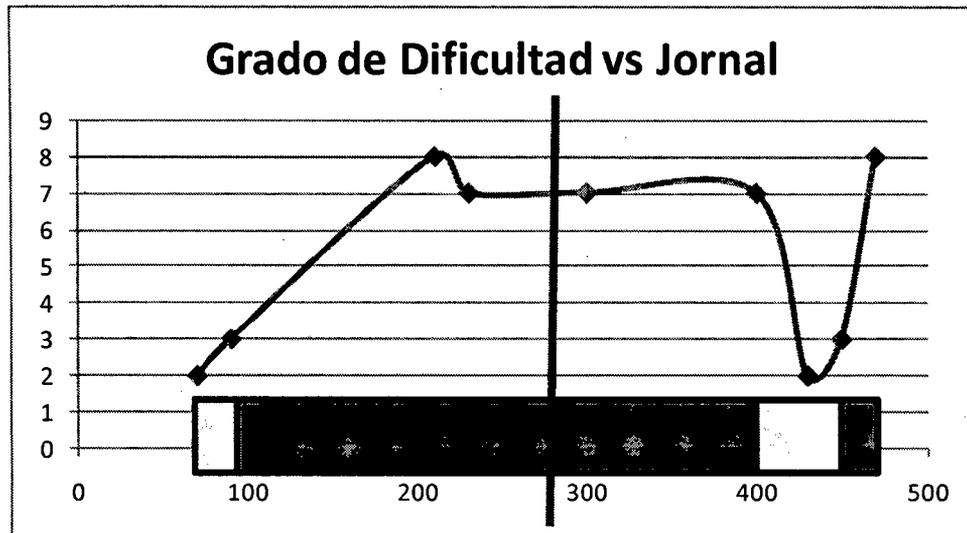


Fig. 4.16: Grado de Dificultad por Duración de Jornada al Cambio

Fuente: Propia.

La primera clara observación es como el inicio de la jornada se equilibra adecuadamente con la Variación de la Productividad Media por Duración de Jornada Laboral (Fig. 4.10.). De esta manera nos aseguramos que el trabajo de tarrajeo del cielo raso tenga un arranque productivo y poder aprovechar además el rendimiento cuando comencemos con los trabajos de reglado, frotachado, traslado de andamio e inclusive los cortes.

Desperdicios

El objetivo de la Gestión de Desperdicios es: reducir, reciclar, reutilizar. De esta manera nos aseguramos plantear adecuadamente nuestros objetivos como sistema en el proyecto, ya que al principio muchas veces se asume que lo mejor es reutilizar lo generado o reciclar, sin embargo el reducir los desperdicios implica analizar los procesos para minimizar la generación de desperdicios y trabajar con calidad.

Cabe recordar que en nuestra primera intervención aplicamos a una de las tres R's: Reducir. Esto lo hicimos al colocar las bolsas en el suelo el cual nos permitía recuperar el material caído principalmente luego del pañeteo, el cual redujo en grandes cantidades el material que en otras condiciones sería eliminado. Esta vez nuestras alternativas eran la de Reciclar y/o Reutilizar.

Nuestra intervención fue de la siguiente manera:

- Casi al final del día los obreros procederían a juntar las mezclas sobrantes, que se perdían usualmente, con el fin de poder recuperarla para Pañetear en el sector que tocaría avanzar al día siguiente.
- En algunos casos se decidió reutilizar este material prefabricando cajas para tuberías.

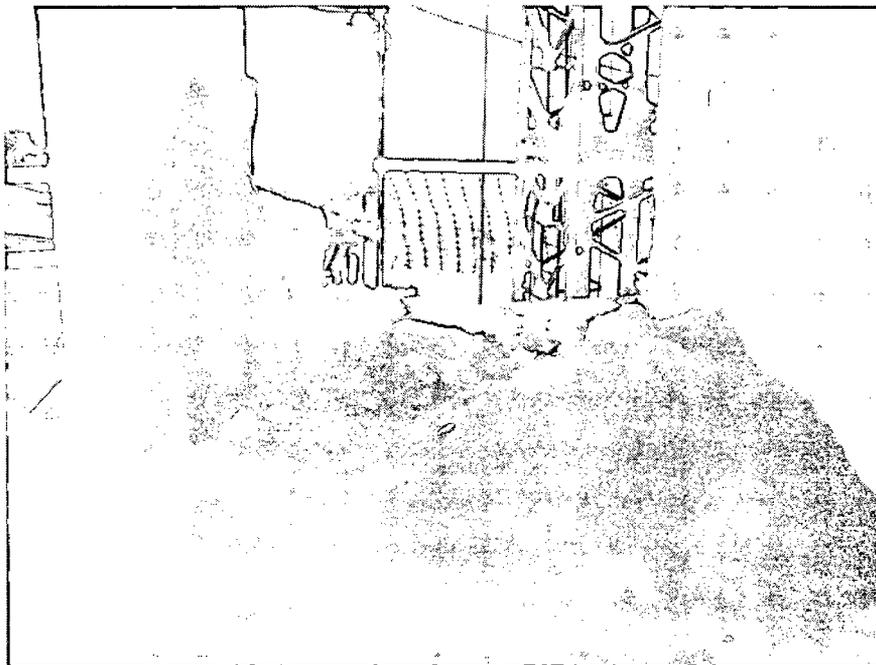


Fig. 4.17. Desperdicio generado antes de la intervención.

Fuente: Propia.

Estas dos intervenciones significo un gran aporte para esta actividad.

A pesar que eso significaba una extensión de los procesos establecidos al inicio, decidimos hacer los cambios, establecerlos y posteriormente medirlos para verificar si la intervención realizada fue la mejor.

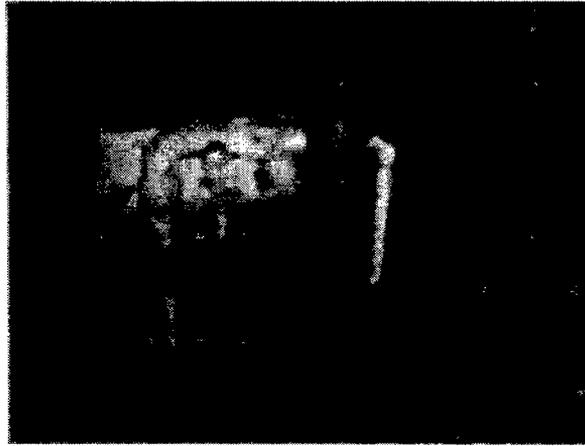


Fig. 4.18. Reutilización para la fabricación de cajas de tuberías.

Fuente: Propia.



Fig. 4.19. Desperdicios en proceso de recuperación.

Fuente: Propia.

Finalmente luego de haber analizado todo los cambios se intervino de la mano del maestro de la obra y del ingeniero residente del proyecto.

4.2.5 Consolidación

Para este proceso el planteamiento de la consolidación del conocimiento se baso en dos puntos fundamentales:

- Establecer un sistema de Mejora de Procesos Constructivos, de las que significaba para nosotros hacer el control continuo de la cuadrilla mediante las herramientas estadísticas especificadas anteriormente.
- Establecer un Sistema de Gestión de Desperdicios, que nos implicaba manejar como un sistema de control que debía partir desde la salida de materiales (almacén) hasta el colocado en obra, medida por la cantidad producida en campo.

Lo último detallaremos más adelante.

4.3 RESULTADOS DE LA INVESTIGACION – EXPECTATIVAS

Como bien mencionamos anteriormente, este estudio se basa en resultados de un sistema aplicado a la construcción de edificios, de las cuales aquellos procesos continuos puedan ser mejorados con el tiempo y controlados, evitando generar mayores pérdidas materiales.

A continuación mostraremos los resultados de la investigación:

Procesos

Al inicio se mostro, en el Grafico 4.7, como se encontraban los niveles del Trabajo Productivo Contributorio y no Contributorio (37.3%, 53.7% y 9.0%), de las que aparentaban un buen número, sin embargo las mejoras dieron resultados positivos, como mostraremos en los siguientes gráficos:

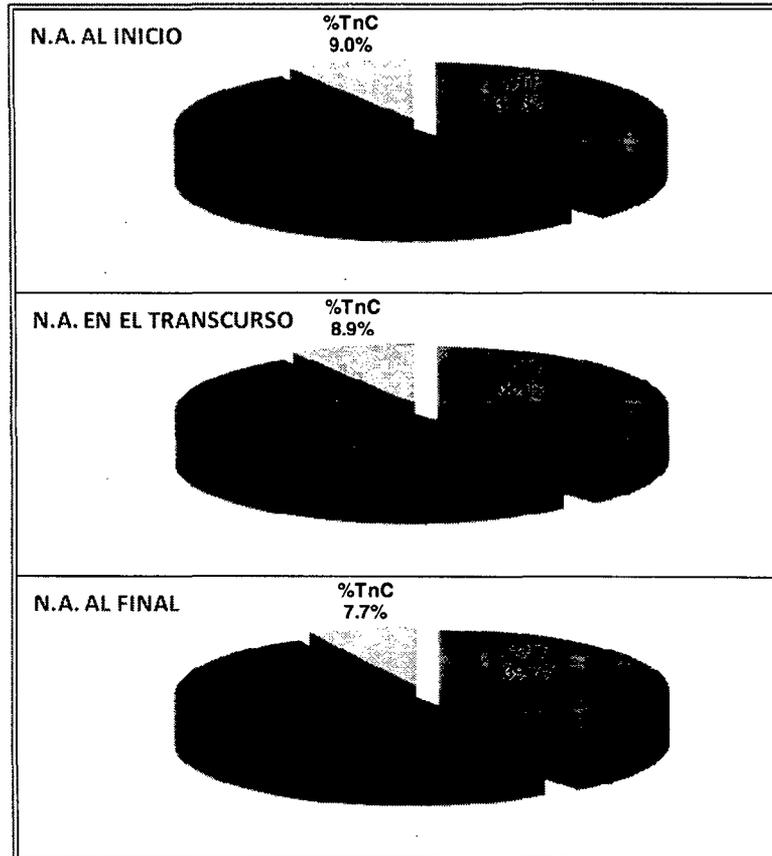


Fig. 4.20. Niveles de Actividad, Al Inicio, en el Trancurso y al Final.

Fuente: Propia.

Se muestra que si hubo mejoras en el Trabajo Productivo: del 37.3% al 39.7%.

Aunque no se disminuyo cuantiosamente en Trabajo Contributorio (del 53.7% al 52.6%) se puede aclarar que en realidad este número si fue significativo, ya que a pesar de haber 'agregado' una sub actividad al final (el pañeteo), al final hubo disminución de este Trabajo. Es lógico entender que esta mejora fue un aporte al Trabajo Productivo.

También, se observa una aceptable disminución del Trabajo no Contributorio (del 9.0% al 7.7%). Relativamente significativo, sin embargo beneficioso para el proceso.

Finalmente podemos afirmar que el proceso se hizo más fluido. Esto lo afirmamos porque a pesar de haber aumentado una subactividad en el cambio, los obreros terminaban mucho antes su jornada de lo que al principio lo hacían, como mostramos en tabla 4.7:

Jornal	H inicio	H termino	Total
Antes del Cambio	7:45	6:30	9:45
Despues del Cambio	7:45	5:40	9:05

Tabla 6. Horas ganadas luego de la intervención

Fuente: Propia.

Como se puede observar, la intervención ha logrado no solo hacer el proceso más fluido, sino también redujo el horario de su trabajo diario de la cuadrilla (con una media de 40 minutos menos), minutos del que al acumularse en la semana, con 6 personas en la cuadrilla tenemos un total de 20 horas recuperadas a la semana que naturalmente se traducen en costo.

Desperdicios

Como mencionamos anteriormente el objetivo de la Gestión de Desperdicios no es reciclar ni reutilizar los materiales y/o insumos que en la práctica se suelen perder, ya que estos procedimientos terminan siendo procesos auxiliares más que definitivas. El caso está en que se eviten estas pérdidas haciendo el control adecuado de los procedimientos, manteniendo el flujo óptimo y producir con calidad y utilizando solo la cantidad adecuada de materiales, de esta manera nos aseguramos que los desperdicios al final sean mínimos.

Haremos la descripción de la siguiente tabla:

	Inicio	Fin	Total
Desperdicios %	0.34m3	0.14m3	0.20m3
	16.67%	6.67%	10.00%

Tabla 7. Desperdicio recuperado del total utilizado

Fuente: Propia.

Como se muestra en la parte superior (Tabla 7.) al inicio de la medición el desperdicio que solía perderse estaba en la relación del 16.67% del total que eran unos 0.34m3 de mezcla. Para dar mayor referencia al documento, aproximadamente se utilizaba a diario 2.04m3 de mezcla, sin embargo luego de haber planteado la propuesta de 'reutilizar' este desperdicio se pudo ver que era

posible recuperar aproximadamente unos 0.20m³ de mezcla que representan un 10% aproximadamente.

Si antes de la intervención se utilizaban a la semana unas 93 bolsas (21 para el aguaje y 72 para la preparación de la mezcla), pudimos determinar que de este total perdíamos aproximadamente unas 12 bolsas semanales, sin embargo luego de nuestra intervención la pérdida de materiales se redujo a 4.8 bolsas, eso significa que aproximadamente recuperábamos unas 7 bolsas.

Si bien es cierto que esta cantidad aparentemente no es incidente en los costos de la obra, la suma de los beneficios generados en la intervención del grupo en cuanto a la mejora de procesos y a la gestión de desperdicios da un margen positivo en la investigación.

Se tiene que anotar que estas bolsas recuperadas no significaba que se consumía menos al día, pero si podemos afirmar que si se producía más, como vemos en la tabla 8:

	Área <i>i</i>	Área <i>f</i>	Recuperado
Procesos (%)	154.7m ²	169.2m ²	14.5m ²
	100%	109.4%	9.4%

Tabla 8. Desperdicio recuperado del total utilizado

Fuente: Propia.

Del total producido a diario aproximadamente (154.7m² de tarrajeo de cielo raso), luego de la intervención y de la recuperación de ese 10% de desperdicios se pudo calcular que aproximadamente lo recuperado era unos 9.4% del total producido al inicio. Eso significa que aproximadamente se producía a diario unos 14.5m² de tarrajeo de cielo raso.

Cabe aclarar que este valor no significa que son 14.5m² de área acabada incluyendo su frotachado y reglado, más bien este número lo pudimos determinar al hacer la comparación en función al ancho de tarrajeo medio. Eso significa que el cálculo real proviene del total recuperado (0.20m³) medido en campo, en un tarrajeo promedio de 0.014m de ancho.

Finalmente se pudo rescatar que el obrero estaba conforme con el cambio en el proceso, ya que la fatiga diaria (desde su punto de vista) era menor que al inicio.

4.3.1 Experiencia En El Proyecto Inmobiliario Balta 1070

Resumiremos algunos alcances del proyecto donde se realizó la investigación.

Como mostramos en la Figura 4.21, el plan de cumplimiento cumplido ascendió positivamente para el proyecto. Aunque es claro que este plan es parte de todas las partidas en el proceso, el cumplimiento en lo que corresponde al tarrajeo de cielo raso apporto en la mejora.

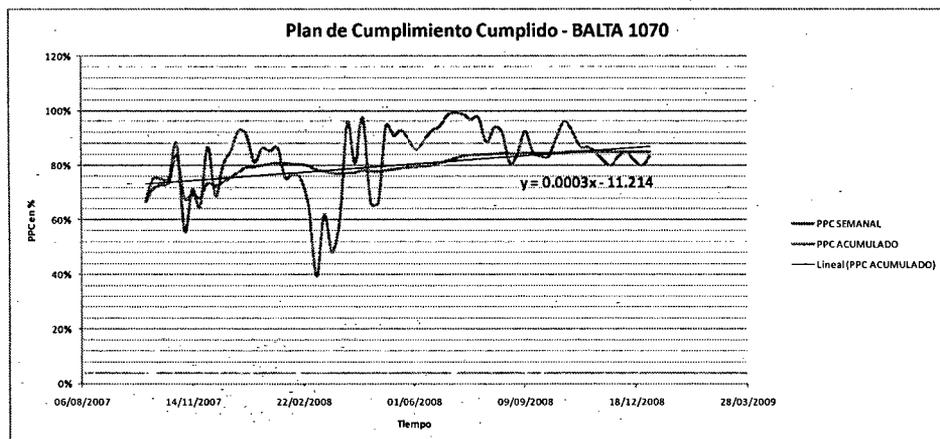


Fig. 4.21. PPC de Octubre del 2007 a Diciembre del 2008,

Fuente: Balta 1070

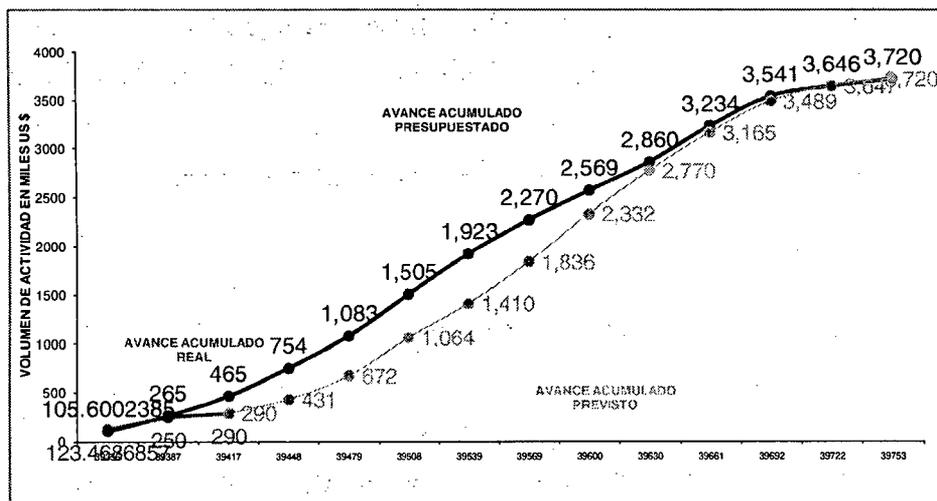


Fig. 4.22. Expectativas del Proyecto a los dos meses de iniciada la obra

Fuente: Propia.

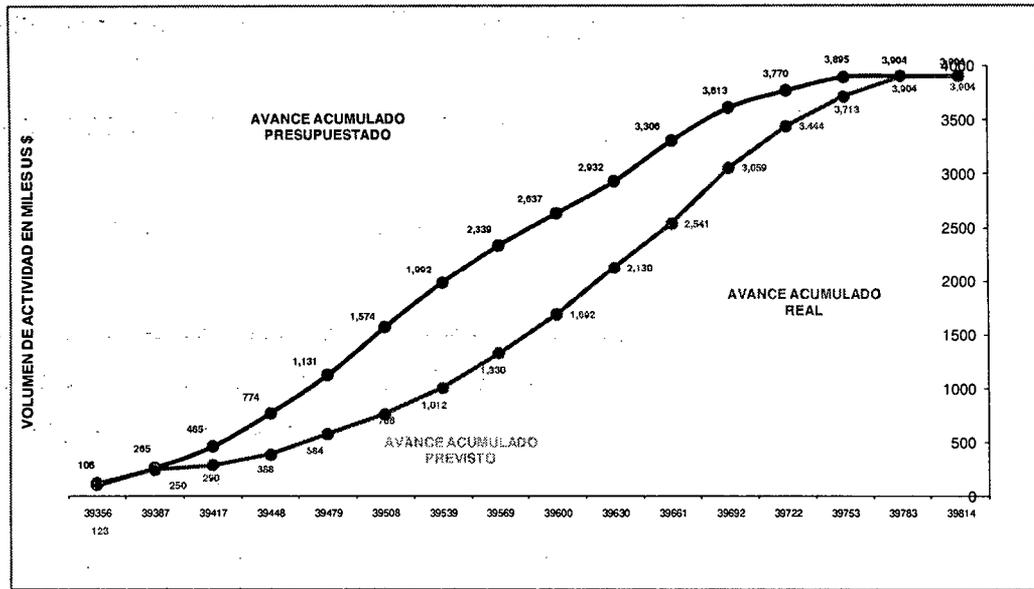


Fig. 4.23. Expectativas del Proyecto al final de la obra

Fuente: Propia.

También para modo de referencia mostramos en la figura 4.22 y 4.23 el comportamiento del proyecto en cuanto a costos mediante la curva 'S', del que detalla el comportamiento al inicio y al final de la obra.

4.3.2 Experiencia en el Proyecto Inmobiliario Golf Millenium

En el Golf Millenium se trabajo por hacer mediciones sectorizadas debido a la variabilidad de áreas que se encontraban en los edificios. Nuestro trabajo fue analizar una de las torres del cual iniciamos sectorizando el área de estudio el cual se diseño de la siguiente manera (ANEXO 4.5: Distribución de Sectores a Tarrajear):

A1	A2	A3	A4	A5
15.400	12.520	8.440	7.56	23.22
B1	B2	B3	B4	B5
16.630	18.980	12.120	6.820	18.140
C1	C2	C3	C4	C5
11.270	5.180	16.050	16.520	17.74
D1	D2	D3	D4	
13.220	10.460	19.130	37.640	
E1				
42.320				

Tabla 9. Sectorización según el área de trabajo

Fuente: Propia

día	fecha	avance (m2)	Avance por operario (m2)			
			Moran	Zanabria	Macha	Lapa
miércoles	4/23/2008	56	14	14	14	14
jueves	4/24/2008	48	13	13	11	11
viernes	4/25/2008	46	12.5	11	11.5	11
sábado	4/26/2008	26	6.5	6.5	6.5	6.5
lunes	4/28/2008	61	16	14	15	16
martes	4/29/2008	58	15	13	15	15
miércoles	4/30/2008	54	14	11	15	14
viernes	5/2/2008	46	11.3	11.3	9.8	13.6
sábado	5/3/2008	30	7.5	7.5	7.5	7.5

Tabla 10 Avance de tarrajeo de Cielo Raso por operario

Fuente: Propia

Finalmente, a pesar de haber planteado un sistema de control del tarrajeo de cielo raso (ANEXO 4.7: Sistema de Control de Consumo) no pudimos obtener resultados, ya que dependió de dos temas fundamentalmente:

- La variabilidad del trabajo complicaba establecer metas y cambios.
- Las cuadrillas de cielo raso se encontraban a un mes de terminar su trabajo, razón por la que no involucraba beneficios el concentrar esfuerzos en esta cuadrilla.

4.4 PROPUESTAS Y HERRAMIENTAS GENERADAS

A continuación mostramos las tres propuestas y herramientas que fueron generadas en el transcurso de la investigación: la Carta Balance Compuesta, el Sistema de Control de Gestión de Desperdicios y el Formato de Experiencias e Innovaciones.

4.4.1 Carta Balance Compuesta

Aunque esta herramienta goza de simplicidad en su elaboración (además de haberla utilizado y mencionado anteriormente), sin duda fue un importante aporte en el proceso. Aunque muchas veces la ingeniería esta copada de complejidad, muchas veces las ideas más sencillas son las que calan mas.

Aunque la idea siempre fue utilizar adecuadamente las herramientas estadísticas conocidas en el mundo de la productividad en la construcción, la unión de estas herramientas ha aportado en el análisis.

A continuación describiremos esta sencilla herramienta:

Punto de partida: Toma de Datos

Aunque algunas bibliografías sugieren ciertos métodos para la toma de datos, debemos mencionar que para la investigación decidimos utilizar la propuesta planteada en el Manual de Gestión de Proyectos de la empresa. Esta nos sugiere hacer mediciones de nivel de actividad en una cantidad de 385 con el fin de alcanzar un grado de confiabilidad del 95%, mientras que para la carta balance nos sugieren 60 tomas. Con el fin de establecer un punto de partida en las mediciones decidimos que lo más adecuado era comenzar por la propuesta más fiable: 385 como mínimo. Es por eso que el formato está diseñado para un aproximado de 400 datos, lo cual nos asegura resultados numéricos más confiables al final.

Procesamiento de Datos

Si bien es cierto el nivel de actividad nos da una relación de porcentajes puntuales al igual que específicos de trabajos productivos, contributorios y no contributorios, sin embargo muchas veces dependemos de otra toma de datos para simplificar el análisis. Para eso el Diagrama de Pareto nos pareció el paso adecuado para el estudio.

CARTA BALANCE COMPUESTA				CARTA BALANCE COMPUESTA			
PROYECTO: <i>Golf Millenium</i>				ACTIVIDAD: <i>Tarrajeo de cielo raso</i>			
MUESTREADOR: <i>Guillermo Arellano Castillo</i>				DESCRIPCION:			
N° FORMULARIO:				FECHA:		HORA INICIO: HORA FIN:	
Características			Características				
SubActividad	Codigo	Tipo	SubActividad	Codigo	Tipo		
SubActividad 01	paneteo	A	P	SubActividad 09	coordinac.	J	C
SubActividad 02	reglado	D	P	SubActividad 10	puntos	O	C
SubActividad 03	frotachado	F	P	SubActividad 11	corte y c.	K	C
SubActividad 04	mojado	R	C	SubActividad 12	espera	M	Nc
SubActividad 05	mezcla	G	C	SubActividad 13	descanzo	N	Nc
SubActividad 06	trans.mez.	T	C	SubActividad 14	bano	Y	Nc
SubActividad 07	limpieza	E	C	SubActividad 15			
SubActividad 08	trans.anda.	B	C	SubActividad 16			

MEDICIONES DE CUADRILLA PARA CARTA BALANCE COMPUESTA										
	I	II	III	IV	V	VI				OBSERVACIONES
1	K	K	E	E	B	T				
2	K	K	K	B	T	T				
3	K	K	K	T	T	T				
4	K	k	K	K	T	T				
5	K	N	E	K	T	T				
6	N	K	K	K	T	E				
7	J	K	K	K	T	T				
8	K	K	K	M	J	T				
9	G	K	K	K	M	T				
10	G	R	R	M	T	T				
11	J	R	R	T	T	R				
12	G	G	G	T	T	T				
13	R	G	G	G	T	T				
14	Y	A	G	G	G	T				
15	A	A	R	G	G	T				
16	A	A	G	R	G	R				
17	A	A	G	G	R	R				
18	A	A	G	A	G	G				
19	Y	G	A	A	K	G				
20	N	A	A	G	K	R				
21	A	A	A	R	K	R				
22	R	A	A	G	R	G				
23	A	J	R	A	R	R				
24	A	J	A	A	J	R				
25	N	J	A	A	J	N				
26	A	A	A	A	N	R				
27	A	A	A	A	A	J				
28	A	A	J	A	A	J				
29	A	A	A	A	A	G				
30	N	A	A	J	A	G				
31	N	A	A	A	A	A				

Fig. 4.25. Plantilla propuesta como Carta Balance Compuesta

Fuente: Propia

Teniendo resultado del nivel de actividad de cada sub división es viable el clasificarlos según el grado de importancia que requieren.

Si tengo (según nuestro ejemplo mostrado en el grafico debajo) 3 subactividades para los trabajos productivos, otros 3 para los contributorios y finalmente dos para los no contributorios, el Diagrama de Pareto nos complementaria al mostrarnos cuales son las actividades que mayores porcentajes tienen. En este caso podemos observar que para las actividades no contributorias (como actividades importantes a analizar debido al no complemento con la productividad) ordenarlas de mayor a menor nos ayuda a elegir cuales serian las actividades a analizar sobre otras. De esta manera me ahorro dos pasos en el análisis: el de graficarlos según los trabajos y ordenarlos según las subactividades mas incidentes en estos procesos.

Sin más que complementar a este nivel observamos que de esta manera podemos analizar de forma más sencilla nuestros datos tomados. Inclusive decisiones inmediatas podrían ser tomadas y enfocadas con esta sencilla herramienta, el cual en el transcurso de nuestra investigación nos apporto mucho.

La segunda hoja está diseñada para mostrar los siguientes resultados:

- El Trabajo Productivo, Contributorio y No Contributorio mostrado en un disco grafico.
- El Diagrama de Pareto del Trabajo No Contributorio (como principal oportunidad de mejora), el Diagrama de Pareto del Trabajo Contributorio (como oportunidad secundaria pero también importante para el análisis) y el Diagrama de Pareto del trabajo Productivo.

De esta manera comenzamos de lo más general a lo más específico.

Lo mencionado en el grafico siguiente:

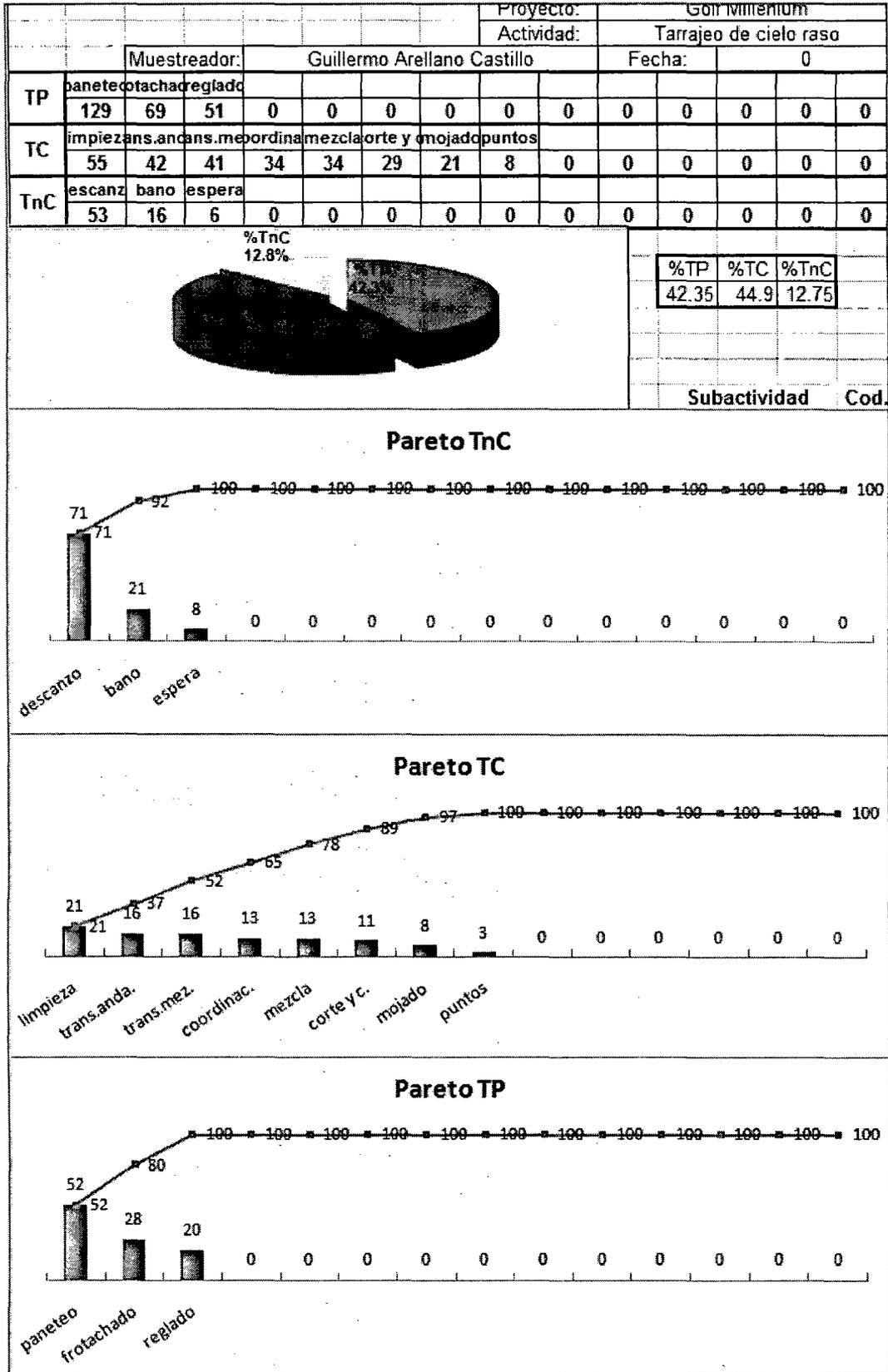


Fig. 4.26. Hoja N1 de Resultados de la CBC

Fuente: Propia.

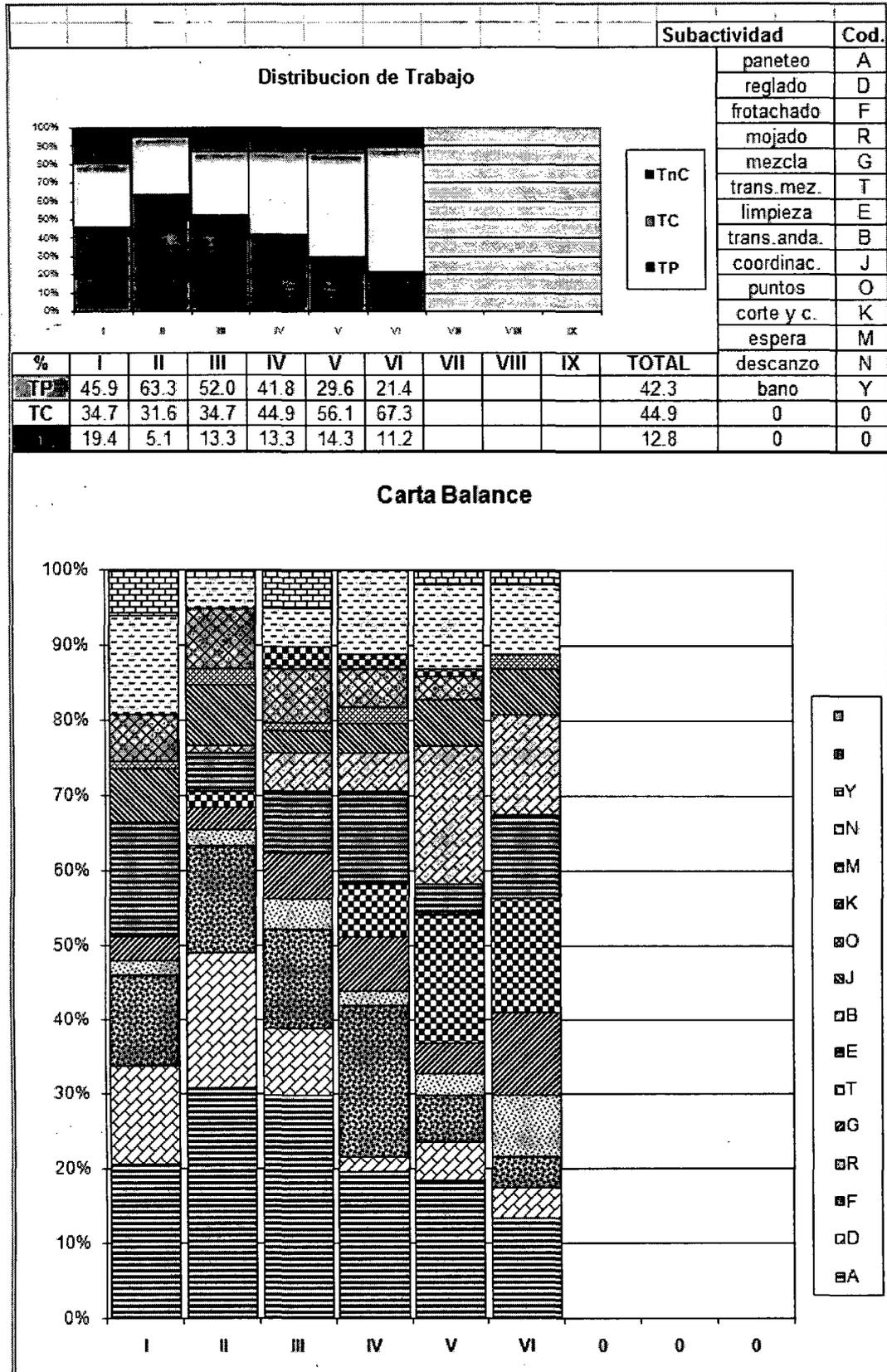


Fig. 4.27. Hoja de Resultados de la CBC

Fuente: Propia.

En la segunda hoja detallamos otros dos grafico procesados de la misma fuente pero ordenadas de la siguiente manera:

- Distribución del Trabajo, mostrada como el Nivel de Actividad de cada obrero miembro de la cuadrilla analizada.
- La Carta Balance, herramienta muy importante para el dimensionamiento de cuadrillas.

4.4.2 Sistema de Control de Gestión de Desperdicios

A partir del enfoque determinado en la investigación fue que entonces, como una respuesta natural del grupo, se buscara establecer un sistema de control de Desperdicios en el proyecto. Esta (basada en el control de materiales y en el avance en obra), se fue acomodando y estableciendo en el rubro de las edificaciones por una razón mencionada casi al inicio: la dinámica de los procesos continuos.

El sistema de Control de Gestión de Desperdicios necesito de los siguientes datos para su seguimiento:

Consumo Semanal

Este valor fue dado por el área de almacén. Además del control administrativo de materiales se acordó el envío semanal de los datos de salida según elementos.

Por ejemplo, para el caso del cielo raso, los datos enviados por almacén están en función a las bolsas de cemento consumidas. Así, este reporte nos ayuda a controlar la cantidad de cemento llevado a campo para el tarrajeo de cielo raso.

Avance Semanal

Este valor se obtuvo según el avance en campo. Este dato era proporcionado semanalmente por el ingeniero de campo (según sus reportes de tareo que,

inclusive, contaban con las horas hombre consumidas por cuadrilla), en este caso en metros cuadrados de avance el cual era medido siempre al final de la jornada diaria.

Así, con los datos dados y con la relación de consumo unitario establecido del concreto-mezcla, determinamos los ratios de desperdicio que nos aporó en el control de materiales perdidos por semana y, por ende, el costo que implicaba tales desperdicios.

Si bien es cierto este control si no es bien llevado te puede generar valores nada fiables, el trabajo de hacer adecuadamente las mediciones nos daba un control adecuado para gestionar los desperdicios dados en obra y así tomar decisiones en el momento oportuno.

Cemento para tarrajeo Cieloraso						
Consumo Semanal (bls)	59.00	76.00	57.00	61.00	56.00	71.00
Consumo Acumulado (bls)	178.00	254.00	311.00	372.00	428.00	499.00
Avance Semanal (m2)	468.92	590.26	432.56	472.19	441.21	580.15
Avance Acumulado (m2)	1,375.58	1,965.84	2,398.40	2,870.59	3,311.80	3,891.95
Consumo Unitario Semanal (bls/m2)	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.12
Consumo Unitario Acumulado (bls/m2)	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
Desperdicio Semanal (%)	3%	1%	-1%	1%	2%	6%
Desperdicio Acumulado (%)	0%	1%	0%	0%	1%	1%
Ganancia / Pérdida a la fecha (bls)	0.83	1.56	0.79	1.18	2.53	6.95

Fig. 4.28. Cuadro de Control de Materiales

Fuente: Propia

Gráficos de Control de Gestión de Desperdicios

Aunque los datos numéricos semanales nos muestran resultados de análisis, siempre un grafico aporta aun mas, es por eso que además de este cuadro mostrado se establecen gráficos (que son llenados en función del tiempo) que nos ayudan a identificar cuáles son las tendencias y serán en el transcurso. El objetivo de interpretación con el grafico es el valor agregado que aporta al conocimiento en obra, considerando que se pueden además tomar decisiones por los resultados mostrados.

El ratio m2 Avance / Bls Consumidas es un grafico que intuitivamente nos muestra dos alternativas: o analizamos la cantidad de bolsas que proporcionalmente se van consumiendo por metro de avance, o analizamos el avance por bolsa consumida. Matemáticamente los análisis son validos, sin

embargo aquí entra a tallar las probabilidades si el m² de Avance podría relacionarse directamente con el m³ de mezcla trabajada (usualmente el ancho de mezcla colocada en campo no suele ser la misma), técnicamente es difícil acertar en los números, sin embargo mostrar valores aproximados a lo real son de mucha ayuda.

Si analizamos nuestro grafico entendemos que cuanto mas pasaba el tiempo el avance comenzaba a mejorar (o se consumían menos bolsas de material), razón para generar un debate de las razones o la confirmación del porque es que se lleva esa tendencia. Muchas veces dependió de la intervención del staff en los procesos, sin embargo también la variabilidad en campo pueden ser indicadores de estos cambios. El hecho y lo único claro en esto es que se generaron cambios que en cada proyecto tendrán su diferente análisis.

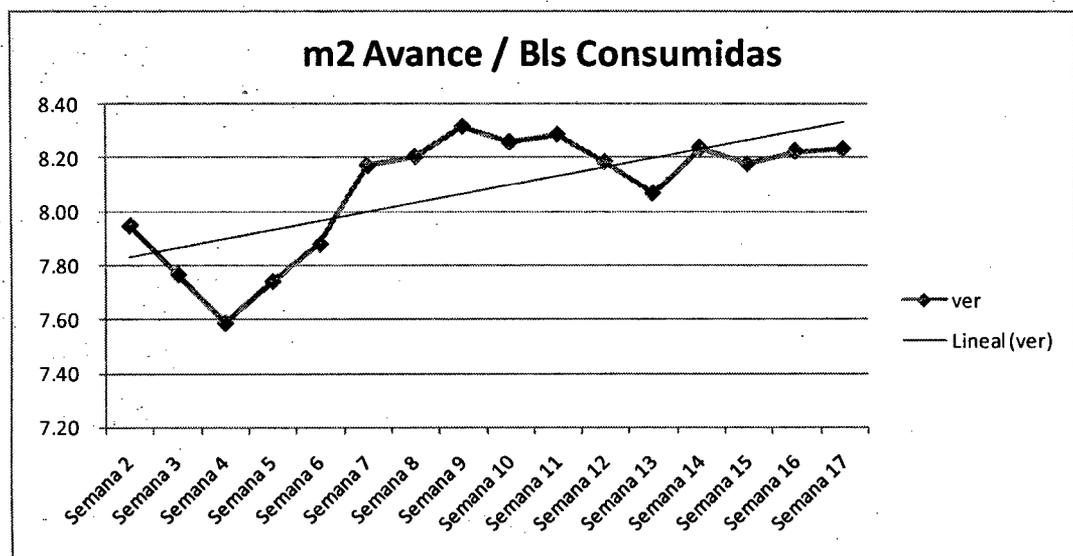


Fig. 4.29.m2 Avance / Bls. Consumidas

Fuente: Propia

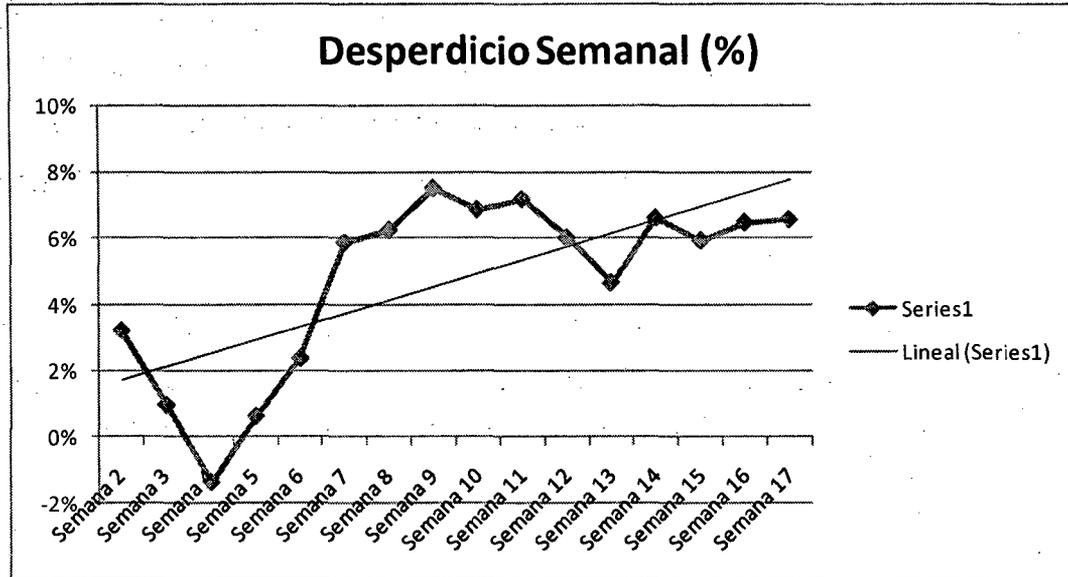


Fig. 4.30. Porcentaje de Desperdicio Semanal

Fuente: propia

Finalmente este control siempre debe ser parte del sistema de gestión de un proyecto, ya que sus costos sin duda son incidentes en obra (no solo si hablamos de bolsas de cemento, sino también de acero, ladrillos, etc.).

4.4.3 Formato de Experiencias e Innovaciones

El Kaizen nos menciona lo importante que es hacer seguimiento a las nuevas tecnologías que aparecen como beneficio a los nuevos procesos, concepto que aun no es calado en el mundo de la construcción en el país como debería. Aunque en teoría el objetivo en la construcción sería llegar a ser una industria de procesos controlados, el camino aun no está siendo claro.

Las medidas propuestas en esta investigación tuvieron que aportar no solo al desarrollo y control del flujo de los procesos, sino además hacer seguimiento y 'enseñar' a todo profesional que ejerce en este fascinante mundo de la construcción.

El conocimiento es un intangible que con el tiempo suele desvanecerse si esta no es difundida o guardada adecuadamente y si no entendiéramos esto lo más seguro es que todo el trabajo realizado en este documento solo quedaría allí, sin

embargo decidimos dar un complemento a la investigación haciendo unos sencillos formatos para la identificación de nuevas tecnologías que aportan a la mejora de procesos y gestión de desperdicios:

FORMATO DE IDENTIFICACION GENERAL DE PROCESOS Y DESPERDICIOS	
GyM S.A.	
PASEO DE LA REPUBLICA 4675	
SURQUILLO LIMA - TELF: 241 0444	
FORMATO DE RECOPIACION DE NUEVAS TECNOLOGIAS	
Etiquetas:	
<i>cajas para valvulas. muros de albanileria. prefabricado</i>	
Tecnología:	<i>Cajas para válvulas en Muro</i>
Proceso Beneficiado:	<i>Muros de Albañileria</i>
Modo de Obtención:	<i>Prefabricado en Obra. Encofrada con madera y llenada con la mezcla recopilada de los desperdicios generados por la cuadrilla de cielo raso.</i>
Proyectos Beneficiados:	<i>Balta 1070.</i>
Responsable Innovador:	<i>Arq. Jaime Cornejo Arenas, jcornejo@gym.com.pe</i>
Sugerencias:	<i>Es suficiente este trabajo con un solo obrero, encargado de recopilar ademas de fabricar las cajas.</i>

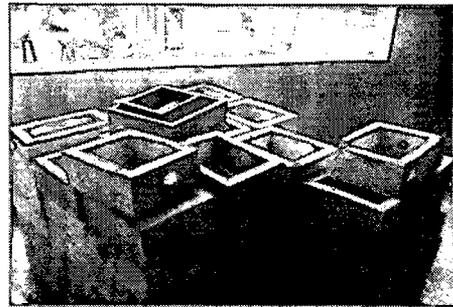


Fig. 4.31. Formato de Identificación de Nuevas Tecnologías, caso 1

Fuente: Propia.

SURQUILLO LIMA - TELF: 241 0444	
FORMATO DE RECOPIACION DE NUEVAS TECNOLOGIAS	
Etiquetas:	<i>andamio, tarrajeo de muros interiores</i>
Tecnología:	<i>Andamios 'Araña'</i>
Proceso Beneficiado:	<i>Muros de Albañilería, Tarrajeo de muros interiores, trabajos que soliciten la utilización de</i>
Modo de Obtención:	<i>Prefabricado, referencia creada en Balta 1070</i>
Proyectos Beneficiados:	<i>Balta 1070, Golf Millenium</i>
Responsable Innovador:	<i>Arq. Jaime Cornejo Arenas. jcornejo@gym.com.pe</i>
Sugerencias:	<i>Es suficiente este trabajo con un solo obrero, encargado de recopilar además de fabricar las cajas.</i>

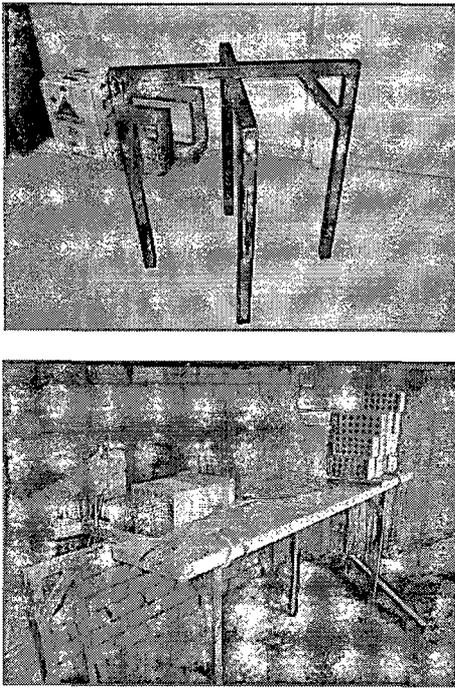


Fig. 4.32. Formato de Identificación de Nuevas Tecnologías, caso 2

Fuente: Propia.

Estos sencillos formatos fueron elaborados con el fin de ser parte de la base de datos de la compañía.

Ahora que está tan inmerso en nosotros el internet, crear una base de datos que, a base de las etiquetas, podamos encontrar la información adecuada para el trabajo que estemos haciendo o estemos interesados es lo que aun no existen referencias.

Es así que, como parte de la investigación, decidimos diseñar estos sencillos formatos para poder almacenar la información técnica adecuada y a disposición, por el momento, de un grupo de profesionales de la construcción.

CONCLUSIONES

1. Aunque muchos puedan mirarla como una simple filosofía nacida en los años 50's en Japón, el Lean Construction ha sido en nuestra investigación una base teórica que adaptamos sin incurrir a algún costo demás. Solo el hecho de involucrar al staff de profesionales y a los obreros con estos conceptos nos han dado claros beneficios en el transcurso.
2. No existen estudios donde se analice la productividad en relación con la jornada diaria del obrero, sin embargo en esta investigación demostramos lo importante que fue para nosotros hacer pequeños cambios en el flujo de las subactividades para encontrar mejoras en la productividad.
3. Aunque la mayoría de estudios entienden que no se puede aplicar un sistema de gestión de desperdicios en los proyectos, nosotros aclaramos que no solo es posible, sino además muy importante, ya que a partir de esta propuesta pudimos entender las razones del por qué y cómo se utilizaban materiales demás, como se perdían y las razones del porque, sustentando al final valores aproximados que en el fondo buscan aclarar el manejo de los materiales en obra.
4. Es común encontrar información donde afirmen que reducir el Trabajo no Contributorio sea la única opción para ser más productivos, sin embargo entendimos en la investigación que es posible reducir los Trabajos contributorios que, mediante un sencillo análisis, dan valor agregado a los Trabajos Productivos. Es por ello que en nuestro Diagrama de Análisis del Estudio (fig. 3.14) consideramos vital el tomar en cuenta los trabajos no productivos (Contributorio y no Contributorio) y no solo el que a primera mano se observa.
5. Aunque todos los pasos utilizados en la investigación son complementarios para tomar decisiones adecuadas, la identificación es un proceso del que consideramos de gran importancia como inicio, ya

que un error o una mala toma de datos aquí te puede llevar a cualquier lado, mas no necesariamente al que se presenta como una oportunidad de mejora.

6. De la misma manera, difundir estos estudios hacen que cada vez la construcción sea manejable y viable a convertirse en un sistema casi industrial a pesar de sus claras variabilidades que presenta.

RECOMENDACIONES

1. Cabe mencionar que siempre se tiene que buscar un equilibrio entre las pérdidas evitables e inevitables, con el fin de no caer en intervenciones que al final no beneficien económicamente al proyecto. Inclusive, en México existe una empresa que se dedica a comprar desperdicio de las empresas constructoras, beneficio del que consideramos inadecuado ya que 'invita' al constructor a inclinarse más por vender sus desperdicios que evitarlos.
2. Es claro que este estudio en general requirió de ciertas condiciones para ser diseñado en un proyecto, como el que tengan procesos continuos (edificaciones), condición que ayuda a fluir este tipo de conocimientos y da oportunidad para aplicarlos y dar un aporte al proyecto con el tiempo.
3. Sin duda recomendamos ampliar la investigación con el fin de aclarar dudas que encontramos en el transcurso del estudio. La gestión de desperdicios es una propuesta aun nueva en el país, el cual requiere un mayor análisis y estudio.

BIBLIOGRAFÍA

1. AWAD S., Hanna, "Impact of Extended Overtime on Construction Labor Productivity", Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, Junio 2005
2. BASSAM T. K., Talhouni, "Measurement and Analysis of Construction Labour Productivity", Department of Civil Engineering of the University of Dundee, Reino Unido, 1990.
3. BOTERO BOTERO, Luis F. "*Identificación de Perdidas en el Proceso Constructivo de la Construcción*", Editorial Universidad EAFIT, Colombia, 2003.
4. BOTERO BOTERO, Luis F. "*Guía de Mejoramiento Continuo*". Medellín, Colombia, 2004.
5. ECHEVERRY, Diego. "Situacion del trabajador de la Construccion: Argumneto en Pro del Incremento de la Productividad y de la Responsabilidad Social". Simposio Brasileiro de Gestao e Economia da Construcao, Porto Alegre, Brasil, 2005.
6. GHIO CASTILLO, Virgilio. "*Productividad en Obras de Construcción, Diagnóstico, Crítica y Propuesta*". Perú, 2001.
7. GONZALEZ, Vicente. "*Buffers de Programación: Una Estrategia Complementaria para Reducir la Variabilidad en los Procesos de Construcción*". GEPUC. Chile, 2003.
8. KOSKELA, Lauri. "*Application of the New Production Philosophy to Construction*". Technical Report #72. CIFE Standford University. Estados Unidos, 1992.
9. KUME, Hitoshi. "*Herramientas Estadísticas Básicas para el Mejoramiento de la Calidad*". Editorial Norma. Bogotá, Colombia, 2002.
10. PALIARI, Jose Carlos. "Metodologia para a Coleta e Analise de Informacoes sobre Consumos e Perdas de Materiais e Componentes nos Canteiros de Obras de Edifícios". Escola Politecnica da Universidade de Sao Paulo, Brasil, 1999.
11. PICCHI, Flavio. "Sistema de Calidad en la Construcción de Edificios", Editorial Pretice Hall, Brasil, 1993.

12. RESIDENTIAL CONSTRUCTION WASTE MANAGEMENT DEMONSTRATION AND EVALUATION, U. S. Environmental Protection Agency, Washington, Estados Unidos, 1995.
13. SERPELL BLEY, Alfredo. *"Administración de Operaciones de Construcción"*. Fondo Editorial, Chile, 2001.
14. S.A. *"Productividad en la Industria de la Construcción Chilena"*. Revista BIT. Chile, 2001.
15. TORRES FORMOSO, Carlos. *"Method for Waste Control in the Building Industry"*. Berkeley, California, Estados Unidos, 1999.
16. WALTON, Mary. *"The Deming Management Method"*. Nueva York, Estados Unidos, 1986.

ANEXOS

- ANEXO 4.1:** Control de Eliminación de Desmonte
- ANEXO 4.2:** Sistema de Control de Desperdicios
- ANEXO 4.3:** Carta Balance Compuesta
- ANEXO 4.4:** Tabla Estadística, Nivel de Dificultad - Likert
- ANEXO 4.5:** Distribución de Sectores a Tarrajear
- ANEXO 4.6:** Control de Avance por Operarios
- ANEXO 4.7:** Sistema de Control de Consumo

ANEXO 4.1: Control de eliminación de Desmante.

Gym S.A. Obra: 1670 Edificio Goff Millenium						
CONTROL DE ELIMINACION DE DESMONTE						
Periodo: Del 25-03-08 a 24-04-08						
Empresa: DE LA CRUZ QUICANO RAUL						
Nº	Fecha	Guía	Unidad	Vol (m3)	Val	Frente
1	4-Jan-08	486	WQ-8167	18.00	Val 01 Feb	
2	24-Jan-08	968	WM-3335	11.00	Val 01 Feb	
3	25-Jan-08	970	WM-3335	11.00	Val 01 Feb	
4	28-Jan-08	975	WM-3335	11.00	Val 01 Feb	
5	30-Jan-08	981	WM-3335	11.00	Val 01 Feb	
6	2-Feb-08	883	XI-8515	18.00	Val 01 Feb	
7	4-Feb-08	954	WM-3335	11.00	Val 01 Feb	
8	5-Feb-08	957	WM-3335	11.00	Val 01 Feb	
9	6-Feb-08	1004	WQ-8167	18.00	Val 01 Feb	
10	7-Feb-08	1008	WQ-8167	18.00	Val 01 Feb	
11	12-Feb-08	1315	WM-3335	11.00	Val 01 Feb	
12	12-Feb-08	1316	WM-3335	11.00	Val 01 Feb	
13	12-Feb-08	1317	WM-3335	11.00	Val 01 Feb	
14	12-Feb-08	1318	WM-3335	11.00	Val 01 Feb	
15	12-Feb-08	1319	WM-3335	11.00	Val 01 Feb	
16	13-Feb-08	1229	WP-2361	8.00	Val 01 Feb	
17	13-Feb-08	1230	WP-2361	8.00	Val 01 Feb	
18	13-Feb-08	1231	WP-2361	8.00	Val 01 Feb	
19	13-Feb-08	1232	WP-2361	8.00	Val 01 Feb	
20	13-Feb-08	1233	WP-2361	8.00	Val 01 Feb	
21	13-Feb-08	1234	WP-2361	8.00	Val 01 Feb	
22	14-Feb-08	1235	WP-2361	8.00	Val 01 Feb	
23	14-Feb-08	1236	WP-2361	8.00	Val 01 Feb	
24	14-Feb-08	1237	WP-2361	8.00	Val 01 Feb	
25	14-Feb-08	1238	WP-2361	8.00	Val 01 Feb	
26	14-Feb-08	1239	WP-2361	8.00	Val 01 Feb	
27	15-Feb-08	1242	WP-2361	8.00	Val 01 Feb	
28	15-Feb-08	1243	WP-2361	8.00	Val 01 Feb	
29	15-Feb-08	1244	WP-2361	8.00	Val 01 Feb	
30	15-Feb-08	1245	WP-2361	8.00	Val 01 Feb	
31	16-Feb-08	1330	WM-3335	11.00	Val 01 Feb	
32	16-Feb-08	1331	WM-3335	11.00	Val 01 Feb	
33	19-Feb-08	1257	WP-2361	8.00	Val 01 Feb	
34	19-Feb-08	1258	WP-2361	8.00	Val 01 Feb	
35	21-Feb-08	1344	WM-3335	11.00	Val 01 Feb	
36	21-Feb-08	1345	WM-3335	11.00	Val 01 Feb	
37	22-Feb-08	1267	WP-2361	8.00	Val 01 Feb	
38	23-Feb-08	1272	WP-2361	8.00	Val 01 Feb	
39	26-Feb-08	1354	WM-3335	11.00	Val 01 Feb	
40	27-Feb-08	1161	WQ-8167	18.00	Val 01 Feb	
41	27-Feb-08	1162	WQ-8167	18.00	Val 01 Feb	
42	28-Feb-08	1046	XI-8515	18.00	Val 01 Feb	
43	29-Feb-08	1049	XI-8515	18.00	Val 01 Feb	
44	1-Mar-08	1048	XI-8515	18.00	Val 01 Feb	
45	4-Mar-08	1173	WQ-8167	18.00	Val 01 Feb	
46	4-Mar-08	1368	WM-3335	11.00	Val 01 Feb	
47	5-Mar-08	1176	WQ-8167	18.00	Val 02 Mar	
48	7-Mar-08	1056	XI-8515	18.00	Val 02 Mar	

49	7-Mar-08	1057	XI-8515	18.00	Val 02 Mar	
50	8-Mar-08	1380	WM-3335	11.00	Val 02 Mar	T3
51	8-Mar-08	1381	WM-3335	11.00	Val 02 Mar	T3
52	10-Mar-08	1183	WQ-8167	18.00	Val 02 Mar	T1
53	11-Mar-08	1060	XI-8515	18.00	Val 02 Mar	T3
54	12-Mar-08	1187	WQ-8167	18.00	Val 02 Mar	T2
55	14-Mar-08	1062	XI-8515	18.00	Val 02 Mar	T2
56	17-Mar-08	1064	XI-8515	18.00	Val 02 Mar	T2
57	17-Mar-08	1193	WQ-8167	18.00	Val 02 Mar	ZC
58	17-Mar-08	1195	WQ-8167	11.00	Val 02 Mar	ZC
59	18-Mar-08	1196	WQ-8167	18.00	Val 02 Mar	T1
60	18-Mar-08	1399	WM-3335	11.00	Val 02 Mar	ZC
61	19-Mar-08	1197	WQ-8167	18.00	Val 02 Mar	ZC
62	24-Mar-08	2201	WQ-8167	18.00	Val 02 Mar	T1
63	25-Mar-08	2202	WQ-8167	18.00	Val 02 Mar	ZC
64	25-Mar-08	2203	WQ-8167	18.00	Val 02 Mar	ZC
65	25-Mar-08	2305	WM-3335	11.00	Val 03 Abr	ZC
66	26-Mar-08	2207	WQ-8167	18.00	Val 02 Mar	ZC
67	26-Mar-08	2208	WQ-8167	18.00	Val 02 Mar	T1/T2
68	26-Mar-08	2377	WM-3335	11.00	Val 03 Abr	T4
69	27-Mar-08	1078	XI-8515	18.00	Val 02 Mar	ZC
70	27-Mar-08	1079	XI-8515	18.00	Val 02 Mar	ZC
71	27-Mar-08	2209	WQ-8167	18.00	Val 02 Mar	ZC
72	28-Mar-08	2210	WQ-8167	18.00	Val 03 Abr	ZC
73	28-Mar-08	2211	WQ-8167	18.00	Val 03 Abr	ZC
74	28-Mar-08	2310	WM-3335	11.00	Val 03 Abr	T1/T2
75	28-Mar-08	2311	WM-3335	11.00	Val 03 Abr	T1/T2
76	29-Mar-08	2312	WM-3335	11.00	Val 03 Abr	ZC
77	31-Mar-08	2314	WM-3335	11.00	Val 03 Abr	ZC
78	31-Mar-08	2315	WM-3335	11.00	Val 03 Abr	ZC
79	31-Mar-08	2316	WM-3335	11.00	Val 03 Abr	T1
80	1-Apr-08	1479	WP-2361	8.00	Val 03 Abr	ZC
81	1-Apr-08	1480	WP-2361	8.00	Val 03 Abr	ZC
82	1-Apr-08	2318	WM-3335	11.00	Val 03 Abr	T3
83	2-Apr-08	2320	WM-3335	11.00	Val 03 Abr	T1
84	4-Apr-08	2324	WM-3335	11.00	Val 03 Abr	T2/T2
85	8-Apr-08	2335	WM-3335	11.00	Val 03 Abr	T3
86	9-Apr-08	1091	XI-8515	18.00	Val 03 Abr	T3
87	10-Apr-08	2341	WM-3335	11.00	Val 03 Abr	T1
88	14-Apr-08	2379	WQ-8167	18.00	Val 03 Abr	T1
89	15-Apr-08	2348	WP-2361	8.00	Val 03 Abr	ZC
90	15-Apr-08	2349	WM-3335	11.00	Val 03 Abr	T2
91	16-Apr-08	1094	XI-8515	18.00	Val 03 Abr	T1
92	16-Apr-08	2290	WP-2361	8.00	Val 03 Abr	T3
93	18-Apr-08	2293	WP-2361	8.00	Val 03 Abr	T3
94	19-Apr-08	2296	WP-2361	8.00	Val 03 Abr	T1
95	21-Apr-08	1498	WP-2361	8.00	Val 03 Abr	T2
96	21-Apr-08	2299	WP-2361	8.00	Val 03 Abr	T4
97	22-Apr-08	2382	WQ-8167	18.00	Val 03 Abr	T1
98	23-Apr-08	2383	WQ-8167	18.00	Val 03 Abr	T4
99	24-Apr-08	2393	XI-8515	18.00	Val 03 Abr	T2
100	26-Apr-08	2387	WQ-8167	18.00	Val 03 Abr	T1/T2
101	28-Apr-08	1620	WP-2361	8.00	Val 04 May	
102	28-Apr-08	1621	WP-2361	8.00	Val 04 May	T1
103	28-Apr-08	1619	WP-2361	8.00	Val 04 May	T2
104	28-Apr-08	1618	WP-2361	8.00	Val 04 May	T4
105	29-Apr-08	1627	WP-2361	8.00	Val 04 May	T3

106	2-May-08	1711	WM-3335	11.00	Val 04 May	T4
107	2-May-08	1710	WM-3335	11.00	Val 04 May	T1
108	5-May-08	1639	WP-2361	8.00	Val 04 May	T1
109	5-May-08	1641	WP-2361	8.00	Val 04 May	T4
110	6-May-08	1643	WP-2361	8.00	Val 04 May	T4
111	6-May-08	1645	WP-2361	8.00	Val 04 May	T1
112	6-May-08	1644	WP-2361	8.00	Val 04 May	T1
113	8-May-08	1650	WP-2361	8.00	Val 04 May	T3
114	9-May-08	1653	WP-2361	8.00	Val 04 May	T4
115	10-May-08	1657	WP-2361	8.00	Val 04 May	ZC
116	13-May-08	1664	WP-2361	8.00	Val 04 May	T3
117	13-May-08	1665	WP-2361	8.00	Val 04 May	T3
118	14-May-08	1861	WQ-8167	18.00	Val 04 May	T2
119	14-May-08	1923	XI-8515	18.00	Val 04 May	T1
120	19-May-08	1684	WP-2361	8.00	Val 04 May	T3
121	19-May-08	1685	WP-2361	8.00	Val 04 May	T3
122	20-May-08	1689	WP-2361	8.00	Val 04 May	T4
123	21-May-08	1694	WP-2361	8.00	Val 04 May	T1
124	21-May-08	1695	WP-2361	8.00	Val 04 May	T2/T1
125	22-May-08	1699	WP-2361	8.00	Val 04 May	T2
126	23-May-08	1761	WM-3335	11.00	Val 04 May	
127	26-May-08	1940	XI-8515	18.00	Val 04 May	T3
128	27-May-08	1942	XI-8515	18.00	Val 04 May	
129	28-May-08	1944	XI-8515	18.00	Val 04 May	ZC/T4
130	28-May-08	1945	XI-8515	18.00	Val 04 May	T1
131	29-May-08	1883	WQ-8167	18.00	Val 04 May	
132	29-May-08	1885	WQ-8167	18.00	Val 04 May	T1
133	31-May-08	1572	XI-8595	18.00	Val 05 Jun	T2
134	2-Jun-08	1573	XI-8595	18.00	Val 05 Jun	ZC/T4
135	2-Jun-08	1784	WM-3335	11.00	Val 05 Jun	T2
136	2-Jun-08	1574	XI-8595	18.00	Val 05 Jun	
137	4-Jun-08	1789	WM-3335	11.00	Val 05 Jun	
138	5-Jun-08	1791	WM-3335	11.00	Val 05 Jun	ZC/T4
139	6-Jun-08	2148	WQ-8167	18.00	Val 05 Jun	
140	6-Jun-08	1795	WM-3335	11.00	Val 05 Jun	
141	6-Jun-08	2151	WQ-8167	18.00	Val 05 Jun	T1
142	7-Jun-08	2153	WQ-8167	18.00	Val 05 Jun	
143	9-Jun-08	1588	XI-8595	18.00	Val 05 Jun	T3/T4
144	9-Jun-08	2156	WQ-8167	18.00	Val 05 Jun	T2
145	10-Jun-08	1591	XI-8595	18.00	Val 05 Jun	
146	11-Jun-08	1593	XI-8595	18.00	Val 05 Jun	T2
147	13-Jun-08	2120	XQ-4258	12.00	Val 05 Jun	T4
148	17-Jun-08	2131	XQ-4258	12.00	Val 05 Jun	T4
149	17-Jun-08	2130	XQ-4258	12.00	Val 05 Jun	T2
150	19-Jun-08	2176	WQ-8167	18.00	Val 05 Jun	
151	19-Jun-08	1827	WM-3335	11.00	Val 05 Jun	T1
152	19-Jun-08	1828	WM-3335	11.00	Val 05 Jun	T1
153	19-Jun-08	1829	WQ-8167	18.00	Val 05 Jun	T2
154	20-Jun-08	2610	XQ-4258	12.00	Val 05 Jun	T4/ZC
155	20-Jun-08	2410	XI-8595	18.00	Val 05 Jun	
156	20-Jun-08	2409	XI-8595	18.00	Val 05 Jun	
157	20-Jun-08	2611	XQ-4258	12.00	Val 05 Jun	T4
158	20-Jun-08	2612	XQ-4258	12.00	Val 05 Jun	
159	23-Jun-08	1837	WM-3335	11.00	Val 05 Jun	T1/T4
160	25-Jun-08	2415	XI-8595	18.00	Val 05 Jun	
161	27-Jun-08	2631	XQ-4258	12.00	Val 05 Jun	T1
162	27-Jun-08	2420	XI-8595	18.00	Val 05 Jun	T3

163	27-Jun-08	2180	WQ-8167	18.00	Val 05 Jun	
164	28-Jun-08	2182	WQ-8167	18.00	Val 05 Jun	
165	30-Jun-08	2425	XI-8595	18.00	Val 05 Jun	ZC/T4
166	1-Jul-08	2186	WQ-8167	18.00	Val 06 Jul	T3
167	2-Jul-08	2648	XQ-4258	12.00	Val 06 Jul	T2
168	3-Jul-08	2436	XI-8595	18.00	Val 06 Jul	
169	3-Jul-08	2194	WQ-8167	18.00	Val 06 Jul	T1/T2
170	5-Jul-08	2662	XQ-4258	12.00	Val 06 Jul	T4
171	8-Jul-08	2670	XQ-4258	12.00	Val 06 Jul	T3
172	8-Jul-08	2669	XQ-4258	12.00	Val 06 Jul	T3
173	12-Jul-08	2689	XQ-4258	12.00	Val 06 Jul	T2
174	12-Jul-08	2529	WQ-8167	18.00	Val 06 Jul	T2
175	12-Jul-08	2746	WP-2361	12.00	Val 06 Jul	T4
176	12-Jul-08	2745	WP-2361	12.00	Val 06 Jul	
177	14-Jul-08	2748	WP-2361	12.00	Val 06 Jul	
178	16-Jul-08	2760	WP-2361	12.00	Val 06 Jul	T4
179	17-Jul-08	2766	WP-2361	12.00	Val 06 Jul	T3
180	17-Jul-08	2489	XI-8595	18.00	Val 06 Jul	T3
181	18-Jul-08	2770	WP-2361	12.00	Val 06 Jul	
182	18-Jul-08	2542	WQ-8167	18.00	Val 06 Jul	T2
183	19-Jul-08	2571	XI-8595	18.00	Val 06 Jul	T4
184	22-Jul-08	2549	WQ-8167	18.00	Val 06 Jul	
185	22-Jul-08	2550	WQ-8167	18.00	Val 06 Jul	
186	22-Jul-08	2781	WP-2361	12.00	Val 06 Jul	T4
187	22-Jul-08	2780	WP-2361	12.00	Val 06 Jul	T1
188	23-Jul-08	2579	XI-8595	18.00	Val 06 Jul	T4
189	23-Jul-08	2552	WQ-8167	18.00	Val 06 Jul	T2
190	24-Jul-08	2556	WQ-8167	18.00	Val 06 Jul	
191	25-Jul-08	2558	WQ-8167	18.00	Val 06 Jul	T3
192	25-Jul-08	2585	XI-8595	18.00	Val 06 Jul	T4
193	30-Jul-08	2835	XQ-4258	12.00	Val 06 Jul	ZC/T4
194	31-Jul-08	2947	WP-2361	12.00	Val 06 Jul	T3
195	2-Aug-08	2891	WQ-8167	18.00	Val 07 Agos	
196	2-Aug-08	2958	WP-2361	12.00	Val 07 Agos	
197	2-Aug-08	2892	WQ-8167	18.00	Val 07 Agos	
198	4-Aug-08	2960	WP-2361	12.00	Val 07 Agos	
199	5-Aug-08	3103	WQ-8167	18.00	Val 07 Agos	
200	7-Aug-08	3011	XI-8595	18.00	Val 07 Agos	T3
201	7-Aug-08	3305	WP-2361	12.00	Val 07 Agos	T4
202	7-Aug-08	3107	WQ-8167	18.00	Val 07 Agos	ZC
203	8-Aug-08	3112	WQ-8167	18.00	Val 07 Agos	
204	8-Aug-08	3111	WQ-8167	18.00	Val 07 Agos	
205	9-Aug-08	3311	WP-2361	12.00	Val 07 Agos	T4
206	12-Aug-08	2868	XQ-4258	12.00	Val 07 Agos	T3
207	12-Aug-08	2869	XQ-4258	12.00	Val 07 Agos	T1
208	12-Aug-08	3029	XI-8595	18.00	Val 07 Agos	T1
209	13-Aug-08	3032	XI-8595	18.00	Val 07 Agos	T4
210	14-Aug-08	3034	XI-8595	18.00	Val 07 Agos	
211	14-Aug-08	2874	XQ-4258	12.00	Val 07 Agos	T2
212	18-Aug-08	3402	WM-3335	12.00	Val 07 Agos	T3
213	18-Aug-08	3332	WP-2361	12.00	Val 07 Agos	
214	20-Aug-08	3049	XI-8595	18.00	Val 07 Agos	
215	20-Aug-08	3050	XI-8595	18.00	Val 07 Agos	T3
216	21-Aug-08	3413	WM-3335	12.00	Val 07 Agos	
217	25-Aug-08	3228	XQ-4258	12.00	Val 07 Agos	
218	25-Aug-08	3056	XI-8595	18.00	Val 07 Agos	
219	27-Aug-08	3137	WQ-8167	18.00	Val 07 Agos	T1

ANEXO 4.2: Sistema de Control de Desperdicios

Lunes				Buguis	m3	Area (m2)	Espesor Tarraj. (cm)		
		Aguaje	Mezcla		Total utilizado	24.0	1.70	92.40	1.84
Material utilizado/dia	Cemento	Cemento	Arena	Desperd. Tradicional	4.0	0.28	15.40		
	3	12	60	Desperd. Ultimo	1.6	0.11	6.16		
Total Cemento (bls):		15		Desperd. Recuperado	2.4	0.17	8.30	2.04	
				Porcentaje Total	10.00%			8.98%	
Martes				Buguis	m3	Area (m2)	Espesor Tarraj. (cm)		
		Aguaje	Mezcla		Total utilizado	24.0	1.70	98.20	1.73
Material utilizado/dia	Cemento	Cemento	Arena	Desperd. Tradicional	3.8	0.27	15.55		
	4	12	60	Desperd. Ultimo	1.4	0.10	5.73		
Total Cemento (bls):		16		Desperd. Recuperado	2.4	0.17	8.60	1.97	
				Porcentaje Total	10.00%			8.76%	
Miercoles				Buguis	m3	Area (m2)	Espesor Tarraj. (cm)		
		Aguaje	Mezcla		Total utilizado	24.0	1.70	88.23	1.92
Material utilizado/dia	Cemento	Cemento	Arena	Desperd. Tradicional	4.0	0.28	14.71		
	4	12	60	Desperd. Ultimo	1.1	0.08	4.04		
Total Cemento (bls):		16		Desperd. Recuperado	2.9	0.21	8.30	2.47	
				Porcentaje Total	12.08%			9.41%	
Jueves				Buguis	m3	Area (m2)	Espesor Tarraj. (cm)		
		Aguaje	Mezcla		Total utilizado	24.0	1.70	92.40	1.84
Material utilizado/dia	Cemento	Cemento	Arena	Desperd. Tradicional	4.1	0.29	15.79		
	3	12	60	Desperd. Ultimo	1.8	0.13	6.93		
Total Cemento (bls):		15		Desperd. Recuperado	2.3	0.16	8.30	1.96	
				Porcentaje Total	9.58%			8.98%	
Viernes				Buguis	m3	Area (m2)	Espesor Tarraj. (cm)		
		Aguaje	Mezcla		Total utilizado	24.0	1.70	96.60	1.76
Material utilizado/dia	Cemento	Cemento	Arena	Desperd. Tradicional	4.2	0.30	16.91		
	4	12	60	Desperd. Ultimo	1.6	0.11	6.44		
Total Cemento (bls):		16		Desperd. Recuperado	2.6	0.18	10.00	1.84	
				Porcentaje Total	10.83%			10.35%	
Sabado				Buguis	m3	Area (m2)	Espesor Tarraj. (cm)		
		Aguaje	Mezcla		Total utilizado	24.0	1.70	90.12	1.88
Material utilizado/dia	Cemento	Cemento	Arena	Desperd. Tradicional	4.0	0.28	15.02		
	3	12	60	Desperd. Ultimo	1.8	0.13	6.76		
Total Cemento (bls):		15		Desperd. Recuperado	2.2	0.16	8.30	1.92	
				Porcentaje Total	9.17%			8.99%	

ANEXO 4.3: Carta Balance Compuesta.

CARTA BALANCE COMPUESTA						CARTA BALANCE COMPUESTA			
PROYECTO: <i>Balta 1070</i>						ACTIVIDAD: <i>Tarrajeo de cielo raso</i>			
MUESTREADOR: <i>Guillermo Arellano Castillo</i>						DESCRIPCION:			
N° FORMULARIO:						FECHA:	HORA INICIO:		HORA FIN:

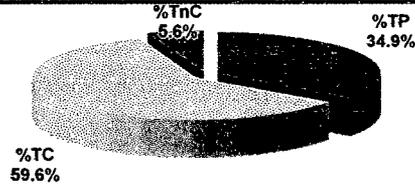
Caracteristicas				Caracteristicas			
SubActividad	Codigo	Tipo		SubActividad	Codigo	Tipo	
SubActividad 01	paneteo	A	P	SubActividad 09	coordinac.	J	C
SubActividad 02	reglado	D	P	SubActividad 10	puntos	O	C
SubActividad 03	frotachado	F	P	SubActividad 11	corte y c.	K	C
SubActividad 04	mojado	R	C	SubActividad 12	espera	M	Nc
SubActividad 05	mezcla	G	C	SubActividad 13	descanzo	N	Nc
SubActividad 06	trans.mez.	T	C	SubActividad 14	bano	Y	Nc
SubActividad 07	limpieza	E	C	SubActividad 15			
SubActividad 08	trans.anda.	B	C	SubActividad 16			

MEDICIONES DE CUADRILLA PARA CARTA BALANCE COMPUESTA

	I	II	III	IV	V	VI				OBSERVACIONES
1	K	K	G	K	T	T				
2	G	K	K	K	T	T				
3	K	K	K	K	T	T				
4	K	G	K	G	T	T				
5	R	G	G	G	T	T				
6	R	G	G	G	T	T				
7	R	R	R	R	G	T				
8	R	R	R	R	Y	T				
9	R	R	R	R	G	T				
10	R	R	R	N	G	T				
11	R	R	R	R	G	T				
12	R	R	R	R	N	R				
13	N	R	R	R	T	T				
14	R	R	R	R	T	T				
15	E	E	G	R	R	T				
16	E	E	G	G	T	T				
17	Y	J	J	G	T	T				
18	E	J	J	J	T	T				
19	E	A	A	J	T	T				
20	A	A	A	T	T	T				
21	A	A	A	A	T	G				
22	A	A	A	A	T	G				
23	A	A	A	A	T	G				
24	A	A	A	A	T	J				
25	A	Y	A	J	T	G				
26	A	J	A	A	T	G				
27	J	A	A	A	T	N				
28	A	N	J	A	T	T				
29	A	A	A	A	J	T				

30	A	A	A	A	A	T			
31	A	A	A	A	A	T			
32	A	A	A	A	A	T			
33	A	A	A	A	A	M			
34	A	A	F	A	G	T			
35	A	A	F	F	G	J			
36	A	A	F	F	G	J			
37	A	A	F	O	D	D			
38	F	F	O	O	D	D			
39	F	F	O	O	D	D			
40	F	F	O	O	D	D			
41	O	O	D	D	N	N			
42	O	O	D	M	D	B			
43	D	O	D	J	J	B			
44	D	D	J	N	D	B			
45	D	D	D	D	D	B			
46	D	D	D	J	D	B			
47	D	D	D	D	D	B			
48	D	D	N	D	D	B			
49	D	D	B	D	J	B			
50	J	B	B	B	J	B			
51	J	B	B	B	N	B			
52	B	B	B	B	E	B			
53	B	J	M	N	E	B			
54	B	J	B	E	E	E			
55	B	B	N	E	E	E			
56	B	B	D	E	E	E			
57	B	D	D	E	E	E			
58	D	D	D	E	E	E			
59	D	N	D	E	E	N			
60	D	D	D	N	E	E			
61	D	D	D	E	E	E			
62	D	D	D	E	E	E			
63	D	D	D	E	E	E			
64	D	E	D	E	N	E			
65	D	E	D	E	E	E			
66	E	E	D	E	E	E			
67									
68									
69									
70									
71									
72									
73									
74									
75									
76									
77									
78									
79									
80									
81									
82									
83									
84									

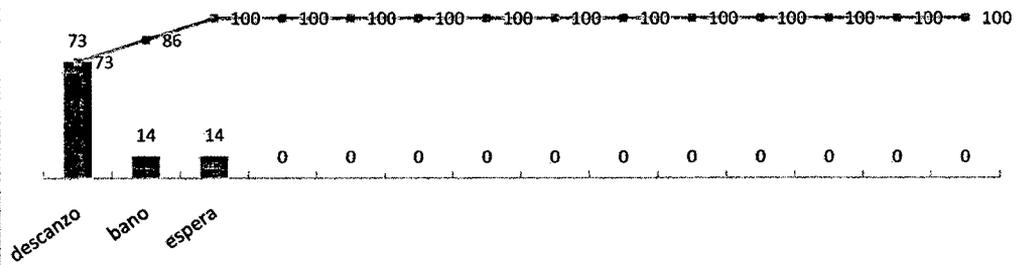
										Proyecto: Balta 1070			
										Actividad: Tarrajeo de cielo raso			
Muestreador: Guillermo Arellano Castillo										Fecha: 0			
TP	reglado	pariete	otachad										
	63	63	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TC	limpieza	trans.mej.	mojado	trans.and.	mezcla	coordinac.	corte y c.	puntos					
	48	48	35	31	26	24	12	12	0	0	0	0	0
TnC	descanzo	bano	espera										
	16	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



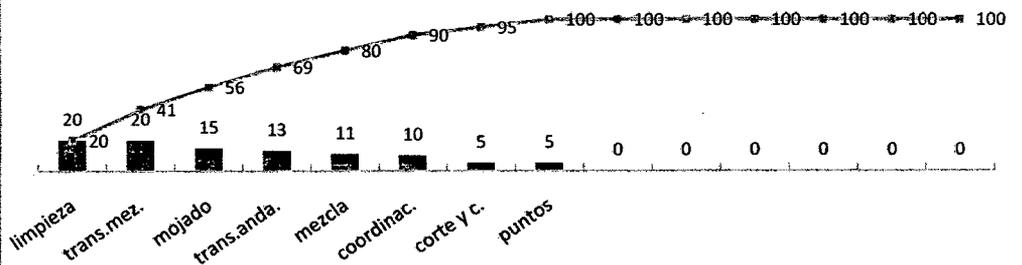
%TP	%TC	%TnC
34.85	59.59	5.555

Subactividad Cod.

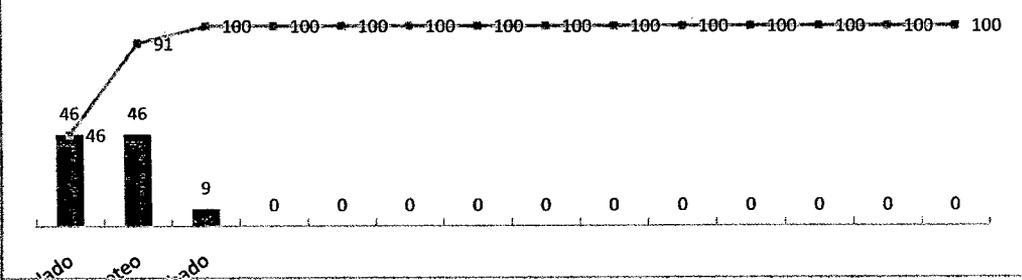
Pareto TnC

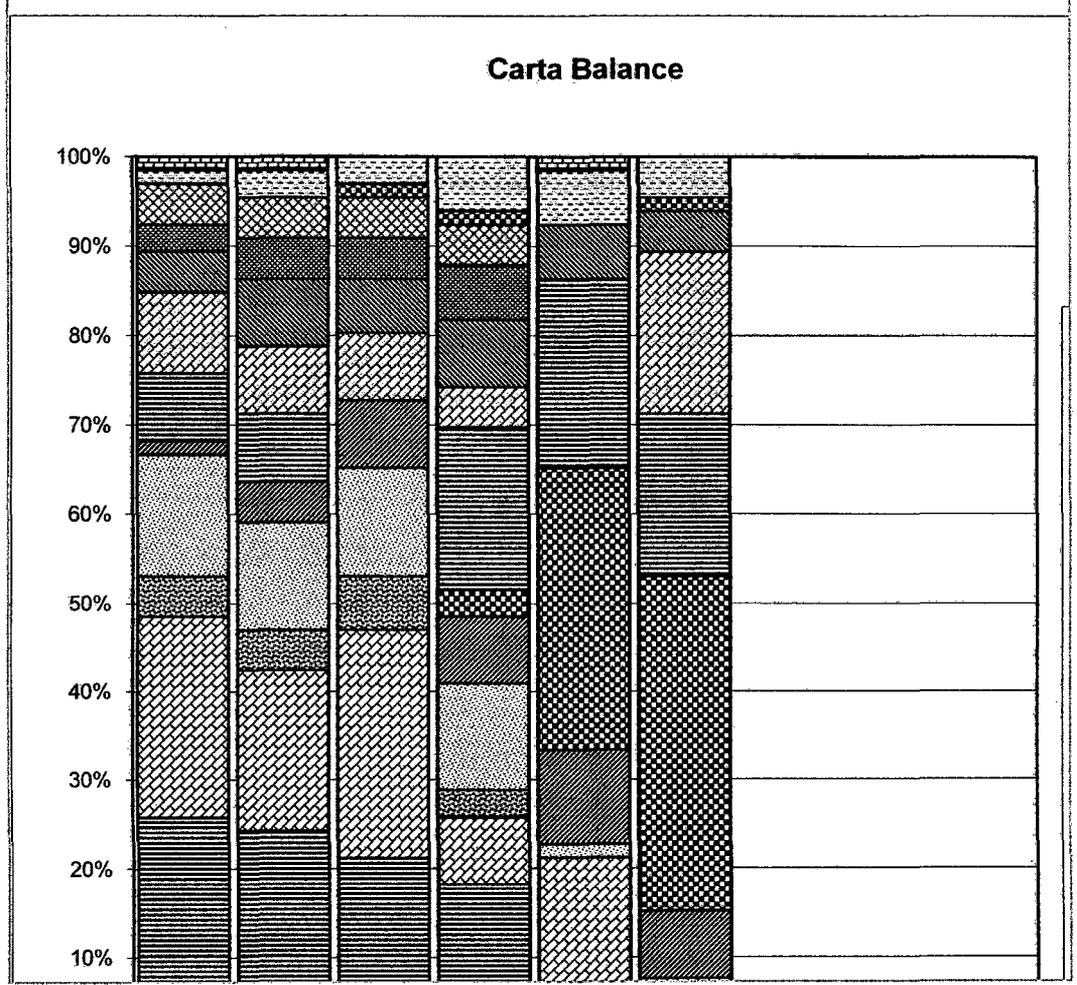
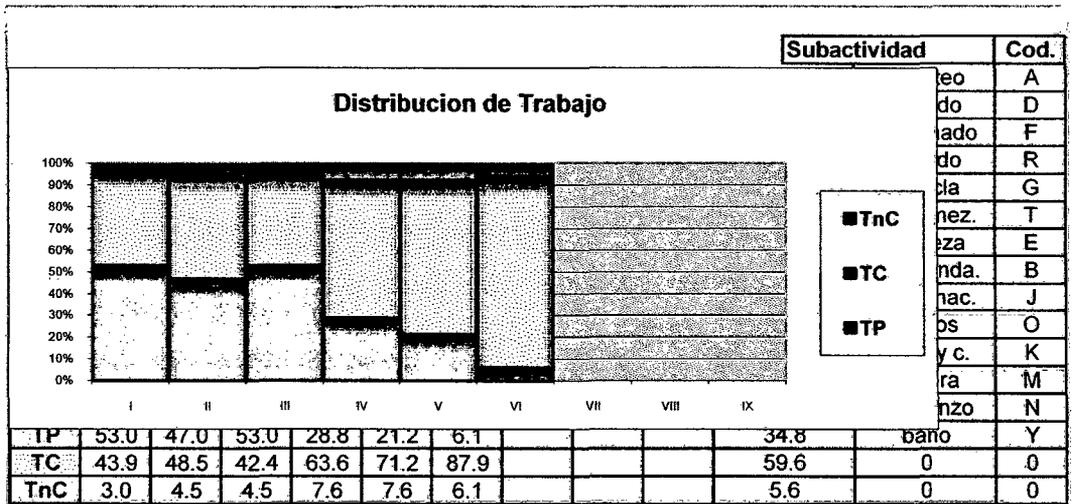


Pareto TC



Pareto TP



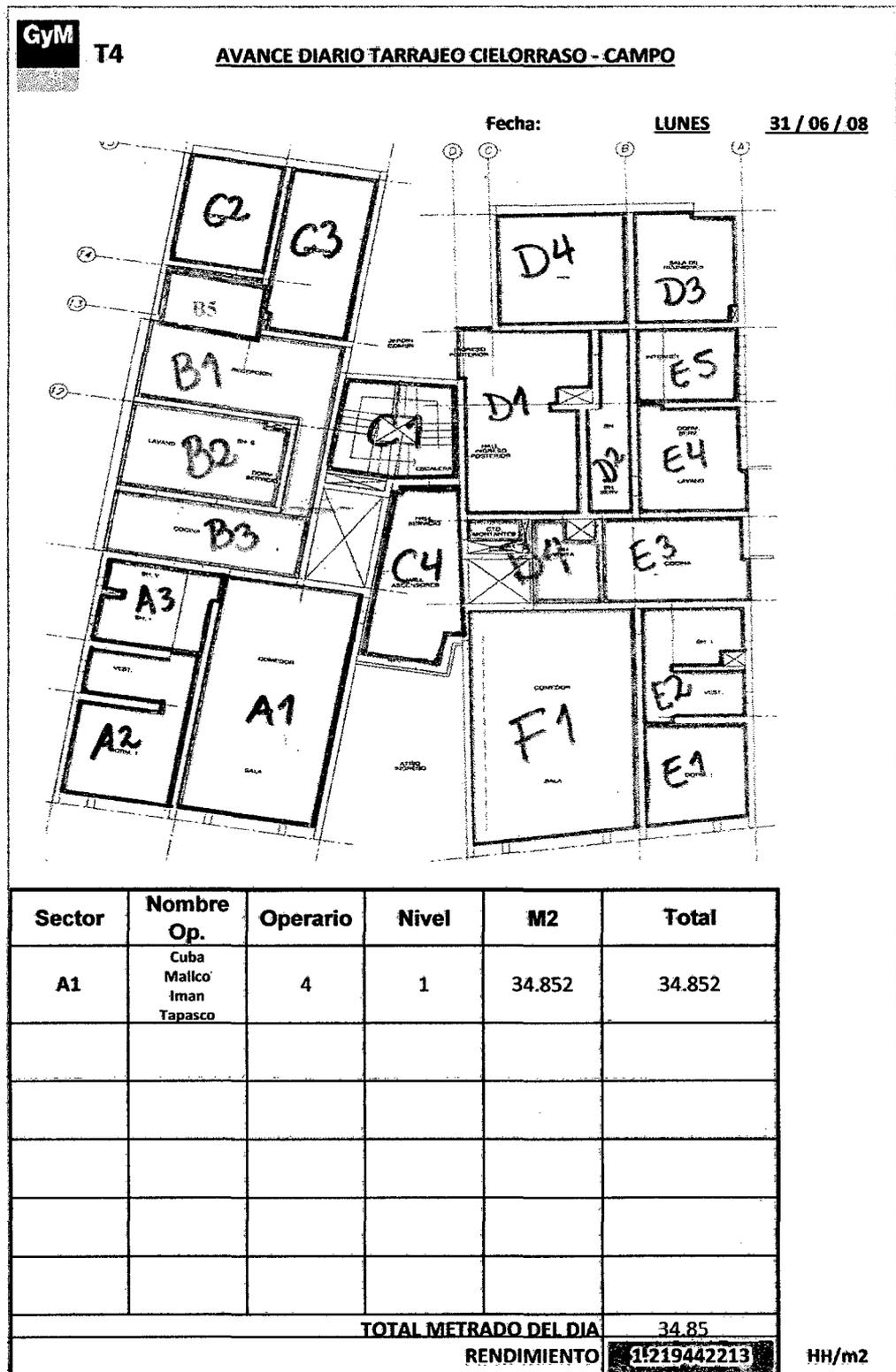


ANEXO 4.4: Tabla Estadística, Nivel de Dificultad - Likert

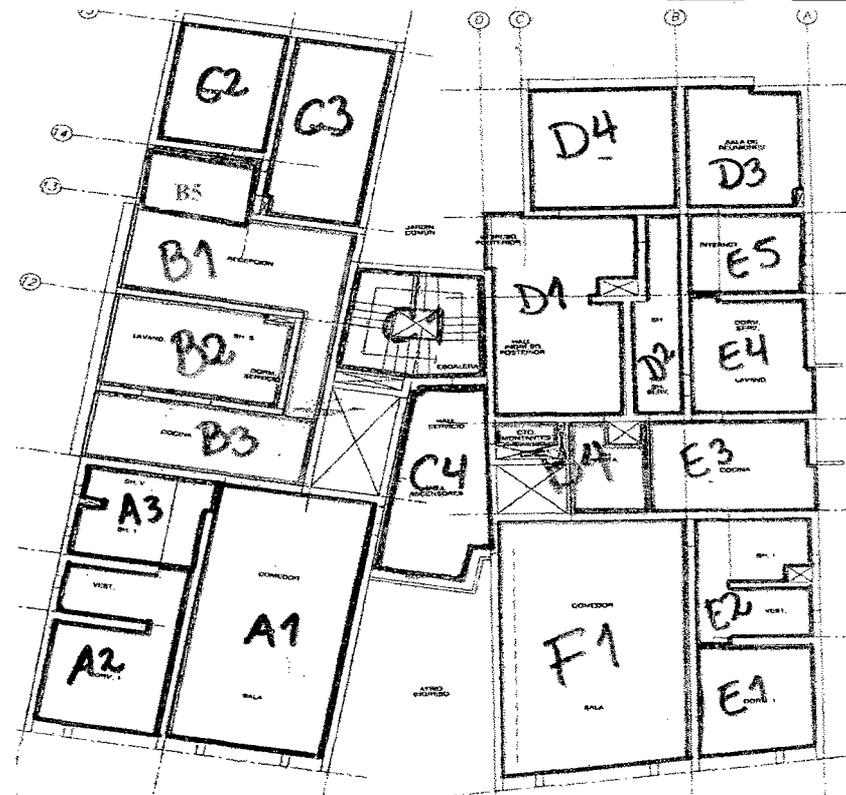
		Pafeteo	Reglado	Aguaje	Frotachado	Transp.	Limpiar	andamio	Mexcl.	Recoger	Coord.	Puntos	Destanzo	Cortés	Reparar	Conversar	Espera	Baño	Caminar
Muy facil	1										X	X			X	X	X	X	X
	2			X								X		X					
Facil	3						X	X		X									
	4																		
Regular	5								X										
	6					X													
Difcil	7		X		X										X				
	8	X																	
Muy Difcil	9																		
	10																		

ANEXO 4.4: Tabla Estadística, Nivel de Dificultad - Likert

ANEXO 4.5: Distribución de Sectores a Tarrajear



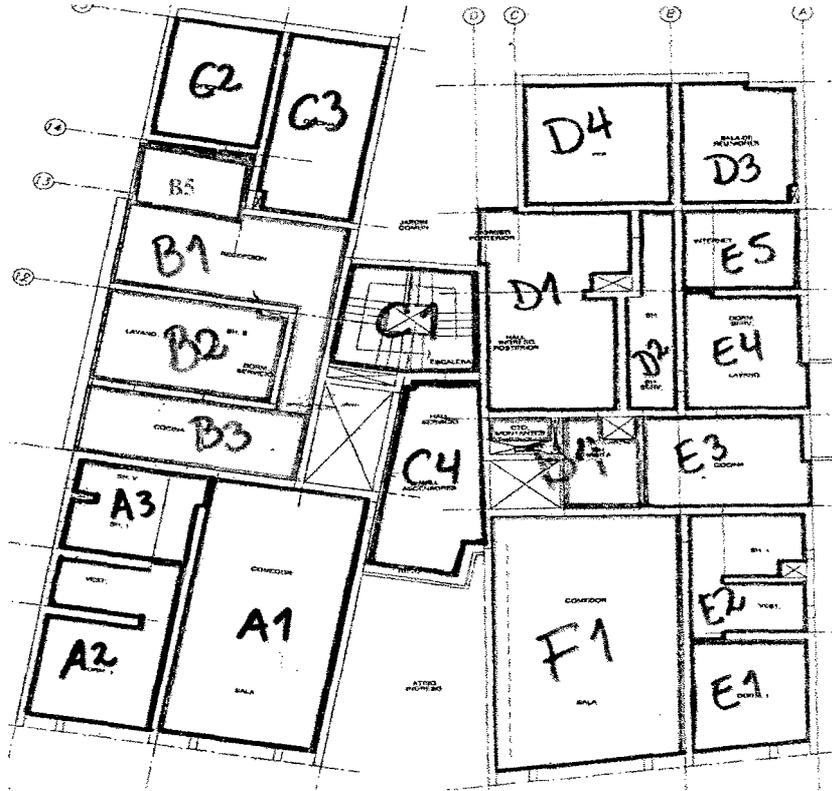
Fecha: **MARTES** 01 / 07 / 08



Sector	Nombre Op.	Operario	Nivel	M2	Total
A2	Cuba Mallico	2	1	16.95	16.95
A3	Iman Tapasco	2	1	9.98	9.98
B1	Iman Tapasco	2	1	16.296	16.296
B2	Cuba Mallico	2	1	13.96	13.96
TOTAL METRADO DEL DIA					57.19
RENDIMIENTO					0.891826671

HH/m2

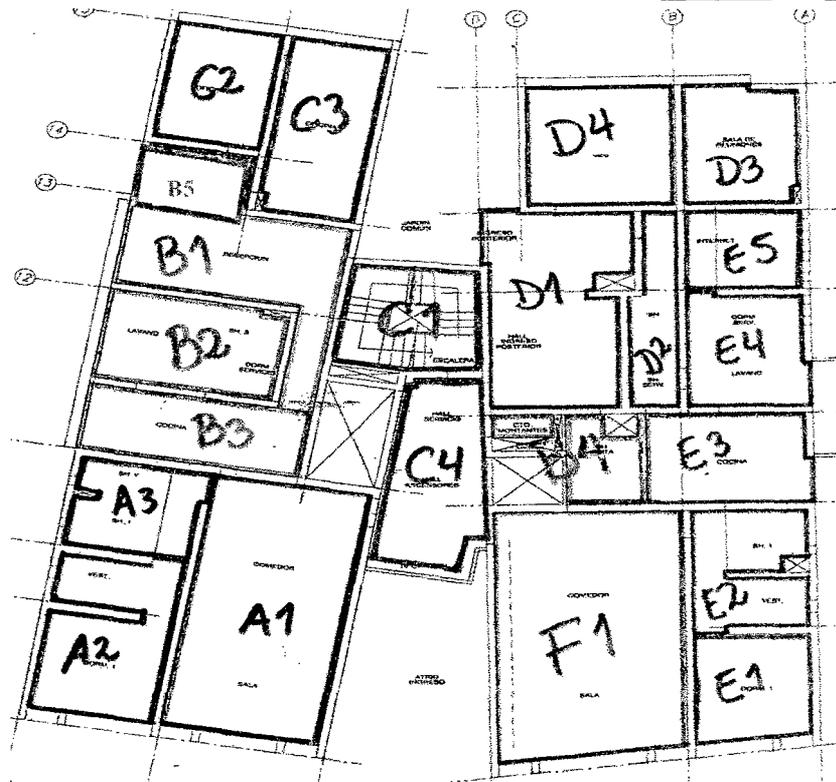
Fecha: **MIÉRCOLES 02 / 07 / 08**



Sector	Nombre Op.	Operario	Nivel	M2	Total
C2	Iman Tapasco Ramos	2	1	10.92	10.92
B5	Mallco	1	1	5.0361	5.0361
B1-(Pasadizo)	Cuba	1	1	3	3
B3	Cuba Mallco	2	1	12.76	12.76
E5	Iman Ramos	2	1	5.9625	5.9625
TOTAL METRADO DEL DIA					37.68
RENDIMIENTO					1:31374308

HH/m2

Fecha: / /



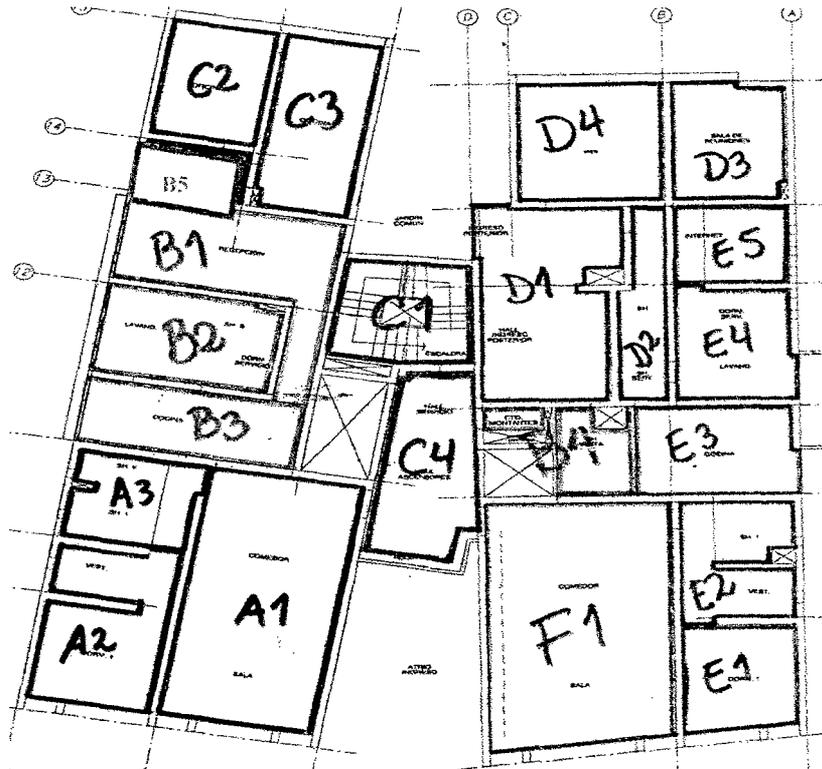
Sector	Nombre Op.	Operario	Nivel	M2	Total
C3	Cuba Mallico	2	1	15.22	15.22
C4	Iman Ramos	2	1	16.90	16.90
D4	Cuba Mallico	2	1	15.20	15.20
D3	Iman Ramos	2	1	11.82	11.82
TOTAL METRADO DEL DIA					59.15
RENDIMIENTO					0.862273019

HH/m2

Fecha:

VIERNES

04 / 07 / 08



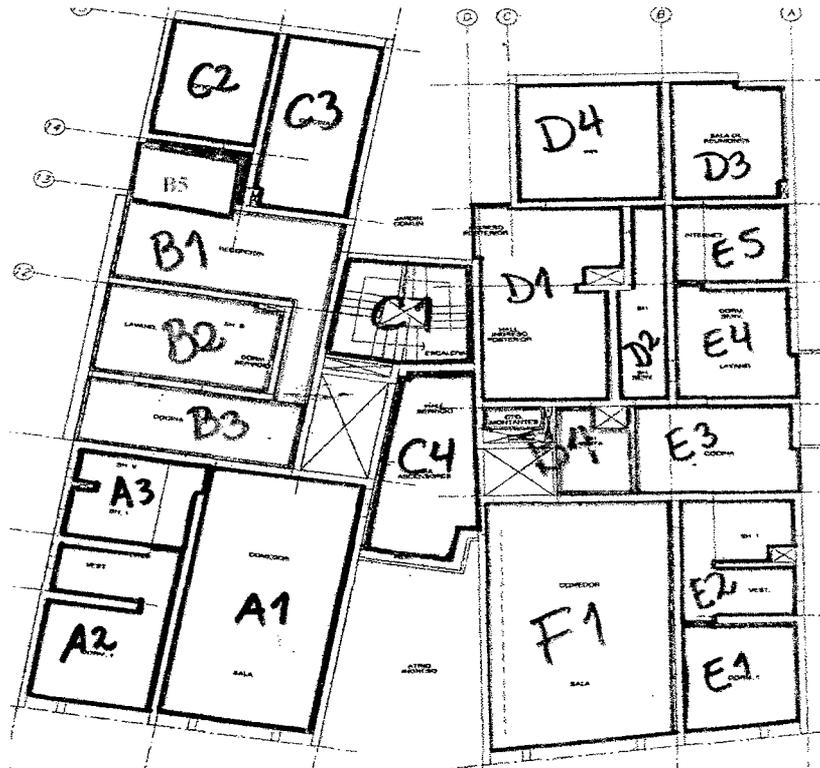
Sector	Nombre Op.	Operario	Nivel	M2	Total
D1	Iman Tapasco	2	1	22.9	22.90
E4	Cuba Malico	2	1	11.75	11.75
E5(Pasadizo)	Malico	1	1	2.12	2.12
B4 + E3	Iman Tapasco	2	1	18.39	18.39
D2	Cuba	1	1	7.375	7.375
TOTAL METRADO DEL DIA					62.53
RENDIMIENTO					0.815628074

HH/m2

Fecha:

SÁBADO

05 / 07 / 08



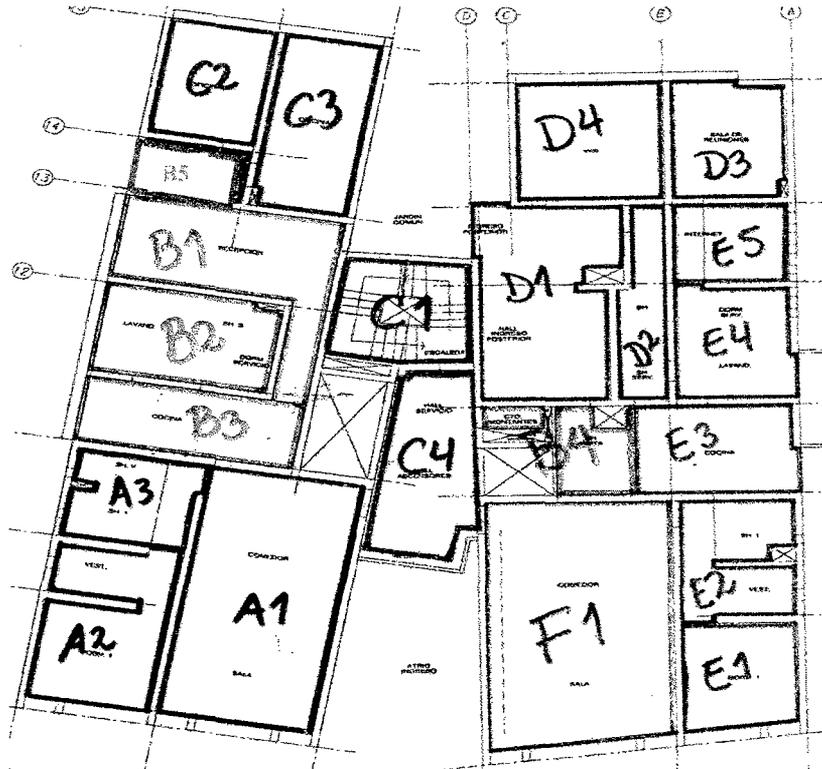
Sector	Nombre Op.	Operario	Nivel	M2	Total
F1	iman Tapasco Cuba Malco	4	1	39.55	39.55
TOTAL METRADO DEL DIA					39.55
RENDIMIENTO					0:758571862

HH/m2

Fecha:

LUNES

7/7/2008



Sector	Nombre Op.	Operario	Nivel	M2	Total
C2	Iman	1	2	10.92	10.92
C3	Tapasco	1	2	15.22	15.22
E1+ E2(vest + pesadizo SH1)	Cuba	1	1	18.08	18.08
E2(s.H. 1)	Malico	1	1	4.19	4.19
B4(cuarto montante)	Malico	1	1	1.2	1.2
TOTAL METRADO DEL DIA					49.61
RENDIMIENTO					1.028010256

HH/m2

ANEXO 4.6: Control de Avance por Operarios.

dia	fecha	avance (m2)	Avance por operario (m2)					
			Moran	Zanabria	Macha	Laps		
miercoles	4/23/2008		56	14	14	14	14	
jueves	4/24/2008		48	13	13	11	11	
viernes	4/25/2008		46	12.5	11	11.5	11	
sábado	4/26/2008		26	6.5	6.5	6.5	6.5	
lunes	4/28/2008		61	16	14	15	16	
martes	4/29/2008		58	15	13	15	15	
miércoles	4/30/2008		54	14	11	15	14	
viernes	5/2/2008		46	11.3	11.3	9.8	13.6	
sábado	5/3/2008		30	7.5	7.5	7.5	7.5	
			Moran	Qutspe	Macha	Laps		
lunes	5/5/2008		65	17.5	17.5	15	15	
martes	5/6/2008		73	18.5	18.5	18	18	
			Moran	Qutspe	Macha	Ávila		
miercoles	5/7/2008		62	15.5	15.5	16	15	
jueves	5/8/2008		62	15	15	15.5	14.5	
viernes	5/9/2008		71	18	18	17.5	17.5	
			Moran	Martinez	Macha	Ávila	Huaychani	Salas
sabado	5/10/2008		73	12.16	12.16	12.16	12.16	12.16
lunes	5/12/2008		70.8	11.69	11.69	11.05	12.35	11.05
			Moran	Martinez	Macha	Huaychani		Quiroz (escalera)
martes	5/13/2008		70.42	16.45	16.45	18.76	18.76	
miércoles	5/14/2008		62.26	16.13	16.13	15	15	
lunes	5/19/2008		96	8.7	8.4	19.13	19.13	
martes	5/20/2008		61	20.33	20.33	20.33	faltó	
miércoles	5/21/2008		57.37	14.34	14.34	14.34	14.34	
jueves	5/22/2008		62	16	16	15	15	
viernes	5/23/2008		68.35	18.58	18.58	15.61	15.61	
sabado	5/24/2008		36.13	9.8	9.8	8.25	8.25	
lunes	5/26/2008		55	18.77	18.77	faltó	17.37	
martes	5/27/2008		44.44	9.9	9.9	12.47	12.47	
miercoles	5/28/2008		73.35	19	19	17.68	17.68	
jueves	5/29/2008		61	15.99	15.99	14.51	14.51	
viernes	5/30/2008		70.18	18.58	18.58	20.83	12.2	
sabado	5/31/2008		28.12	5.8	5.8	8.26	8.26	
lunes	6/2/2008		54	13.8	13.8	14.4	12	2.08
martes	6/3/2008		58	15	15	14	14	5.46
miércoles	6/4/2008		73.35	18.34	18.34	18.34	18.34	5.28
jueves	6/5/2008		65.96	15.15	17.23	16.79	16.79	
viernes	6/6/2008		69.38	15.83	15.83	18.23	19.49	
sábado	6/7/2008		22.48	5.74	5.74	5.5	5.5	
lunes	6/9/2008		58.04	15.02	15.02	14	14	7.32

	Moran	Martinez	Macha	Huaychani	Quiroz (escalera)
total m2	307.25	309.03	301.43	288.7	20.14
total horas	169.5	169.5	161	161	34
avance diario promedio (m2)	15.41	15.50	15.91	15.24	0.59
ranking	3	2	1	4	

ANEXO 4.7: Sistema de Control de Consumo

