

**IMPLEMENTACION Y SEGUIMIENTO DE LA METODOLOGIA LEAN CONSTRUCTION A LAS
ACTIVIDADES CONSTRUCTIVAS DE LA OBRA METROPOLITAN BUSINESS PARK EN LA
EMPRESA MARVALS.A**

CLEMENTE ANDRES LUENGAS ZUÑIGA

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE ADMINISTRACIÓN E INGENIERÍAS
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
BUCARAMANGA
2011**

**IMPLEMENTACION Y SEGUIMIENTO DE LA METODOLOGIA LEAN CONSTRUCTION A LAS
ACTIVIDADES CONSTRUCTIVAS DE LA OBRA METROPOLITAN BUSINESS PARK EN LA
EMPRESA MARVALS.A**

CLEMENTE ANDRES LUENGAS ZUÑIGA

**DIRECTOR
ORLANDO FEDERICO GONZALEZ CASALLAS
Ingeniero Industrial
Magister en Ingenieria Industrial**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE ADMINISTRACIÓN E INGENIERÍAS
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
BUCARAMANGA
2011**

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	1
1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA	3
1.1 ORGANIZACIÓN	3
1.2 ACTIVIDAD ECONÓMICA /PRODUCTOS Y SERVICIOS	3
1.3 NÚMERO DE EMPLEADOS	3
1.4 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL	4
1.4.1 Misión	4
1.4.2 Visión	4
1.4.3 Objetivos corporativos	4
1.4.4 Razón Social	5
1.4.5 Teléfono	5
1.4.6 Dirección	5
1.5 RESEÑA HISTÓRICA	5
1.6 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA ESPECÍFICA DE TRABAJO	7
1.7 NOMBRE Y CARGO DEL SUPERVISOR TÉCNICO	7
2. DIAGNÓSTICO DE LA EMPRESA	8
3. ANTECEDENTES	11
4. JUSTIFICACIÓN	19
5. OBJETIVOS	21
5.1 Objetivo General	21
5.2 Objetivos Específicos	21
6. MARCO TEÓRICO	23

6.1 LOS PRINCIPIOS DE LEAN CONSTRUCTION	23
6.2 EL CONCEPTO DE PÉRDIDA EN LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN	23
6.3 HERRAMIENTAS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE PÉRDIDAS	26
6.3.1 Determinación de Pérdidas	29
6.3.2 Pareto de Tiempos Contributivos	29
6.3.3 Evolución Semanal	30
6.4 EL SISTEMA DEL ÚLTIMO PLANIFICADOR (LAST PLANNER)	31
6.4.1 Plan Maestro (Workflow)	32
6.4.2 Planificación Intermedia (Look Ahead)	32
6.4.3 Planificación Semanal (Last Planner)	34
7. IMPLEMENTACIÓN METODOLÓGIA LEAN CONSTRUCCION EN LA OBRA	38
7.1 GENERALIDADES DE LA OBRA	38
7.2 ESTUDIO DE PÉRDIDAS EN ACTIVIDADES CONSTRUCTIVAS	39
7.2.1 TAMAÑO DE LA MUESTRA	39
7.2.2 MEDICIÓN DE PÉRDIDAS MENSUALES	41
7.2.2.1 Reporte Perdidas Mes de Agosto de 2010	43
7.2.2.1.1 Causas de los tiempos Contributivos (TC)	44
7.2.2.1.2 Causas de los Tiempos No Contributivos (TNC)	45
7.2.2.1.3 Evolución semanal Pérdidas	47
7.2.2.1.4 Plan de Acción - Eliminación y/o Reducción de las Fuentes de b Pérdidas Agosto.	48
7.2.2.2 Reporte Perdidas Mes de septiembre de 2010	50
7.2.2.2.1 Causas de los tiempos contributivos Septiembre 2010	51
7.2.2.2.2 Causas de los Tiempos No Contributivos (TNC)	52

7.2.2.3	Reporte Perdidas Mes de Octubre de 2010	53
7.2.2.3.1	Causas de los tiempos contributivos	53
7.2.2.3.2	Causas de los Tiempos No Contributivos (TNC)	54
7.2.2.3.3	Evolución semanal Pérdidas	54
7.2.2.3.4	Plan de Acción - Eliminación y/o Reducción de las Fuentes de Pérdidas	54
7.3	ESTUDIO DE RENDIMIENTOS	59
7.3.1	Rendimientos Estructura	61
7.3.1.1	Proceso Constructivo Estructura	61
7.3.1.2	Metodología para la medición de Rendimientos.	66
7.3.1.3	Análisis y resultados Rendimientos.	70
7.3.1.4	Análisis de varianza de un factor.	72
7.4	PLANEACION SEMANAL LAST PLANNER	78
7.4.1.	Calificación y Seguimiento a Contratistas	80
7.4.1.1.	Reporte Calificación Agosto 2010	80
7.4.1.1.1.	Seguimiento a PAC	80
7.4.1.1.2.	Causas de No cumplimiento	80
7.4.1.1.3.	Calificación a contratistas	83
7.4.1.2.	Reporte Calificación Septiembre 2010	84
7.4.1.2.1.	Seguimiento a PAC Septiembre	84
7.4.1.2.2.	Causas de No cumplimiento	85
7.4.1.2.3.	Calificación a Contratistas	85
7.4.1.3.	Reporte Calificación Octubre 2010	86
7.4.1.3.1.	Seguimiento a PAC Octubre	86
7.4.1.3.2.	Causas de No cumplimiento	86
7.4.1.3.3.	Calificación a contratistas	87

7.4.1.4. Reporte Calificación Noviembre 2010	89
7.4.1.4.1. Causas de No cumplimiento	89
7.4.1.4.2. Calificación a contratistas	90
7.4.1.5. Reporte Calificación Diciembre 2010	91
7.4.1.5.1. Seguimiento a PAC Diciembre	91
7.4.1.5.2. Causas de No cumplimiento	92
7.5 PLANIFICACION INTERMEDIA LOOK AHEAD	94
7.5.1 Seguimiento a Restricciones Mes de Julio 2010	94
7.5.2 Seguimiento a Restricciones Mes de Septiembre – Octubre 2010	95
7.5.3 Seguimiento a Restricciones Mes de Octubre-Noviembre 2010	97
7.5.4 Seguimiento a Restricciones Mes de Diciembre 2010 – Enero 2011	99
7.6 MEJORAS LEAN CONSTRUCTION EN METROPOLITAN BUSINESS PARK	102
7.6.1 Creación de un lenguaje de señas para los operarios de malacate.	102
7.6.2 Montaje de Layout de la Obra Metropolitan Business Park	102
7.6.3 Andamio doble escalera	103
7.6.4 Cambio en el proceso de Construcción torre 33 piso 6 a piso 10.	104
7.6.5 Orden y Aseo en Placas	107
7.6.6 Sistema Andamio para trabajo en Fosos	108
7.6.6. Re organización de materiales (Hierro Recto y Figurado y corpalosa)	109
7.6.7 Alistamiento de Hierro por Secciones de Viga.	111
CONCLUSIONES	113
RECOMENDACIONES	115
BIBLIOGRAFIA	117
ANEXOS	119

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Comportamiento del PIB por ramas de Actividad Económica 2008/2009	12
Tabla 2. Actividades y Subactividades Sistema Constructivo Tipo Tradicional	41
Tabla 3. Subactividades Estructura a Analizar	42
Tabla 4. Criterios de calificación para los resultados obtenidos en el análisis de pérdidas	43
Tabla 5. Plan de Acción Agosto.	48
Tabla 6. Plan de Acción Metropolitan Septiembre	54
Tabla 7. Plan de Acción Octubre	59
Tabla 8. Seguimiento a Rendimientos	69
Tabla 9. Registro de Rendimientos antes de la mejor	70
Tabla 10. Registro de rendimientos después de la mejora.	71
Tabla 11. Anova Armado de Columna	73
Tabla 12. Anova Encofrado de Columna	74
Tabla 13. Anova Encofrado de Columna	75
Tabla14. Anova Armado de Viga	76
Tabla 15. Anova Embandada de Viga	77
Tabla 16. Criterios de Calificación a Contratistas Marval S.A	78
Tabla 16. Ranking Mensual Agosto Contratistas	82
Tabla 17. Ranking Mensual Agosto Contratistas	85

Tabla 18. Ranking Mensual Contratistas	88
Tabla 19. Ranking Mensual Noviembre Contratistas	90
Tabla 20. Ranking Mensual Noviembre Contratistas	93
Tabla 21. Restricciones Julio- Agosto	94
Tabla 22. Restricciones Septiembre – Octubre	95
Tabla 23. Restricciones Octubre- Noviembre 2010	97
Tabla 24. Restricciones Diciembre 2010 – Enero 2011	99
Tabla 25. Estudio de Costo de Mejora andamio doble.	103
Tabla 26. Estudio de rendimientos por placa.	105
Tabla 27. Comparativo Costos	105
Tabla 28. Limpieza y Orden en Placa.	107
Tabla 29. Impacto económico	108
Tabla 30. Antes y después de la mejora.	110
Tabla 31. Impacto económico	111

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Logo de Marval S.A	3
Figura 2. Características de la construcción	8
Figura 3. Implementación de Lean Construction en Estados Unidos.	13
Figura 3. Distribución general de categorías de trabajo. Experiencia Chilena	14
Figura 4. Distribución del tiempo no contributivo. Experiencia Chilena.	14
Figura 5. Distribución general de categorías de trabajo. Experiencia Colombia (Medellín)	15
Figura 6. Distribución del tiempo no contributivo. Experiencia Colombia (Medellín).	15
Figura 7. Diagrama de influencia para pérdidas por “Esperas”	27
Figura 8. Programa de Pérdidas Marval S.A	28
Figura 9. Determinación de Pérdidas	29
Figura 10. Pareto de Tiempos Contributivos	29
Figura 11. Pareto de Tiempos No Contributivos	30
Figura 12. Evolución Semanal	30
Figura 13. Estructura de la Planificación según Lean Construction.	31
Figura 14. Ejemplo Estructura Workflow	32
Figura 16. Ejemplo Estructura Planificación Intermedia R-ING 130	33
Figura 17. Ejemplo Estructura Planificación Semanal R-ING 129	36

Figura 18. Render Obra Metropolitan Business Park	38
Figura 19. Determinación de Perdidas General Mes de Agosto	43
Figura 20. Determinación de pérdidas para las actividades constructivas de estructura Agosto 2010	44
Figura 21. Pareto Tiempo Contributivo Agosto 2010	44
Figura 22. Pareto Tiempo No Contributivo Agosto 2010	45
Figura 23. Pareto Esperas Tiempo No Contributivo Agosto 2010	46
Figura 26. Pareto Tiempo Ocioso TNC Agosto 2010	46
Figura 27. Evolución semanal Perdidas	47
Figura 28. Determinación de Pérdidas General Mes de Septiembre 2010	50
Figura 29. Determinación de pérdidas para las actividades constructivas de estructura Septiembre 2010	51
Figura 30. Pareto Tiempo Contributivo Septiembre 2010	51
Figura 31. Pareto Tiempo No Contributivo Septiembre 2010	52
Figura 32. Pareto Tiempo No Contributivo Septiembre 2010	52
Figura 33. Pareto Tiempo No Contributivo Septiembre 2010	53
Figura 34. Evolución semanal Perdidas	54
Figura 35. Determinación de Pérdidas General Mes de Octubre 2010	55
Figura 36. Determinación de pérdidas para las actividades constructivas de estructura octubre de 2010	56
Figura 37. Pareto Tiempo Contributivo Octubre 2010	56
Figura 38. Pareto Tiempo No Contributivo Octubre 2010	57
Figura 39. Pareto Esperas Tiempo No Contributivo Octubre 2010	57

Figura 41. Evolución semanal Perdidas	59
Figura 42. Encerchado y entablado.	62
Figura 43. Amarre de vigas.	62
Figura 44. Embandada de viga	62
Figura 45. Encofrado de Columna	63
Figura 46. Instalación de Perlones	63
Figura 47. Instalación de Corpalosa	64
Figura 48. Soldadura de Conectores.	64
Figura 49. Fundida de Columnas y Plac	65
Figura 50. Ciclo constructivo entre placa.	65
Figura 51. Requerimientos de material torre 33	68
Figura 52. Factores que afectaron los rendimientos de estructura.	72
Figura 53. Rendimiento Antes y Después de la mejora	73
Figura 54. Rendimiento Antes y Después de la mejora	74
Figura 55. Rendimiento Antes y Después de la mejora	75
Figura 56. Rendimiento Antes y Después de la mejora Armado de Viga	76
Figura 57. Rendimiento Antes y Después de la mejora Armado de Viga	77
Figura 58. Cartelera de Calificación a Contratistas Lean Construction	78
Figura 59. Evolución PAC Metropolitan	79
Figura 60. Causas de no cumplimiento	79
Figura 59. Evolución PAC Metropolitan Septiembre	83

Figura 60. Causas de No Cumplimiento	83
Figura 61. Evolución PAC Metropolitan Octubre	86
Figura 62. Causas de No Cumplimiento	89
Figura 63. Causas de No Cumplimiento	89
Figura 64. Seguimiento a PAC Diciembre	91
Figura 65. Causas de No Cumplimiento	92
Figura 63. Señas para operarios de Malacate	102
Figura 66. Layout de Obra MBP	102
Figura 65. Layout de Obra MBP	103
Figura 66. Vista Aérea Cambio Constructivo.	104
Figura 67. Limpieza y Orden en Placa.	106
Figura 68. Sistema tubular para trabajo seguro en fosos de ascensores.	107
Figura 70. Sistema tubular para trabajo seguro en fosos de ascensores.	109
Figura 71. Alistamiento de hierro y clasificación por vigas y columnas.	110

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Organigrama Marval S.A Bucaramanga.	120
Anexo B. Formato medición de Pérdidas- Prueba 5 min.	121
Anexo C. Criterios de calificación de tiempos contributivos y no contributivos.	122
Anexo D. Formato medición de rendimientos	124
Anexo E. Implementación de la Planificación Intermedia en las Obras de la empresa Marval S.A.	125
Anexo F. Planificación de las Actividades Constructivas a Realizar la siguiente semana.	126
Anexo G. Instructivo De Evaluación y Re-Evaluación De Contratistas Todo Costo y Mano De Obra – I ING 035	127

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: Implementación y seguimiento de la metodología Lean Construction a las actividades constructivas de la obra Metropolitan Business Park en la empresa Marval S.A

AUTOR(ES): Andrés Luengas Zúñiga

FACULTAD: Facultad de Ingeniería Industrial

DIRECTOR(A): ORLANDO FEDERICO GONZALEZ CASALLAS

RESUMEN

La construcción como sector productivo de nuestro país, es de gran importancia en el desarrollo económico, pues su dinámica, es un motor que impulsa de manera continua a la sociedad. A pesar de su valor, la industria de la construcción es, de manera incomprensible, uno de los sectores que menor grado de desarrollo presenta en el país, convirtiéndose en una actividad caracterizada por grandes deficiencias y falta de efectividad. Como una solución para dar fuerza a este sector de la industria, aparece la metodología Lean Construction, filosofía que tiene sus raíces en Lean Production, aplicada al sistema automotriz Toyota en Japón, la cual se enfoca en aumentar el valor del producto a partir de la eliminación de cualquier tipo de actividad que no genere valor para el cliente, conocido como pérdida. Lean Construction se orienta en cambiar el pensamiento de la industria constructora impulsándola a desarrollar innovadoras estrategias y formas de trabajar a través de una metodología aplicada en los sistemas de gestión de calidad, planificación de las actividades semanales y reducción de pérdidas en el sector de la construcción así como también el estudio de rendimientos de las actividades constructivas. De esta manera, se ejecuto el estudio de pérdidas y rendimientos a las actividades constructivas de Estructura en la Obra Metropolitan Business Park de la empresa Marval S.A, a través de una propuesta de metodología para la toma de tiempos y análisis de rendimientos de las actividades. Adicional, se implemento la filosofía Lean Construction como una alternativa de mejora para el control de la programación de obra y se realizaron mejoras continuas que contribuyeron al aumento de la productividad.

PALABRA CLAVES:

Lean Construction, rendimientos, planificación de obra, perdidas.

V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

ABSTRACT

TITLE: Implementation and follow up of the Lean Construction method for construction activities of Metropolitan Business Park of Marval S.A. Construction Company.

AUTHOR Clemente Andrés Luengas Zúñiga

FACULTY: Faculty of Industrial Engineering

DIRECTOR: ORLANDO FEDERICO GONZALEZ CASALLAS

ABSTRACT

The construction business like a productive sector of our country has an important role in the economical development because this industry dynamic give a continues impulse to the society. Despite of his value this industry is, for incomprehensible reason, one of the sector with the lower level of development in this country., therefore this is an activity that is characterize for a lack of efficiency. Now to give a new direction and power to that part of the industry appear the Lean Construction Methodology, philosophy that have its root in Lean Production concept, that was apply to the Toyota Auto industry in Japan, which focuses on increasing the value of the product from the elimination of any activity that does not create customer value, known as a loss. Lean Construction is focused on changing the thought of propelling the construction industry to develop innovative strategies and ways of working through a methodology applied in quality management systems, planning weekly activities and reducing losses in the construction sector as well as the study of income from construction activities. Thus, the study was implemented and yield losses to construction activities in the Metropolitan Business Park Construction Company SA Marval, through a proposed methodology for taking time and performance analysis of activities. Also, implement Lean Construction philosophy as a better alternative to control the scheduling of work and continuous improvements were made which contributed to increased productivity.

KEY WORDS:

Lean Construction, yields, planning work, lost

INTRODUCCION

La construcción como sector productivo de nuestro país, es de gran importancia en el desarrollo económico, ya que su dinámica, es un motor que impulsa de manera continua a la sociedad. A través de la construcción se da respuesta a las necesidades de la población, con el desarrollo de proyectos de infraestructura y soluciones de vivienda, constituyéndose en fuente permanente de trabajo, con la utilización de mano de obra de manera intensiva y generando una importante actividad indirecta en otros sectores de la economía del país.

A pesar de su importancia, la industria de la construcción es, de manera incomprensible, uno de los sectores que menor grado de desarrollo presenta en la mayoría de los países latinoamericanos, convirtiéndose en una actividad caracterizada por grandes deficiencias y falta de efectividad. Lo que conlleva a ser un sector de poca competitividad y coloca a las empresas constructoras en desventaja frente a los mercados de la economía internacional.

Como una solución para dar fuerza a este sector de la industria, aparece la metodología Lean Construction o Construcción sin pérdidas, filosofía que tiene sus raíces en la filosofía lean Production, aplicada al sistema automotriz Toyota en Japón, la cual se enfoca en “aumentar el valor del producto a partir de la eliminación cualquier tipo de actividad que no genere valor para el cliente, conocido como pérdida”¹. Lean Construction se orienta en cambiar el pensamiento de la industria constructora impulsándola a desarrollar innovadoras estrategias y formas de trabajar a través de una metodología aplicada en los sistemas de gestión de calidad, planificación de las actividades semanales y reducción de pérdidas en el sector de la construcción así como también el estudio de rendimientos de las actividades constructivas.

Por medio de este trabajo, se busca seguir con la implementación de Lean Construction en las obras de la Constructora Marval S.A y apoyar de manera continua a la búsqueda de la mejora continua de los procesos constructivos con el objetivo de satisfacer las necesidades de los clientes aumentando el valor del producto para impulsar a la empresa en el mundo globalizado de la competitividad. Este trabajo fue realizado en una obra especial de la constructora llamada METROPOLITAN BUSINESS PARK, centro de negocios de oficinas y locales comerciales en donde se realizaron estudios de pérdidas

¹Lean manufacturing center. Lean Production: Producción esbelta: gestión del flujo del valor. Pagina Web. Versión PDF, (citado el 14 de Junio de 2010) disponible en Internet: http://www.prompex.gob.pe/prompex/documents/miercoles_exportador/2006/02-15_lean_manufacturing.pdf

de mano de obra, actividades constructivas, análisis de rendimientos e implementación de *Last planner* como eje controlador de programación general de obra.

8. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

8.1 ORGANIZACIÓN

- **MARVAL S.A.**
- **NIT : 890.205.645-0**
- **IMAGEN:**

Figura 1. Logo de Marval S.A



Fuente: Página web oficial. www.marval.com.co

8.2 ACTIVIDAD ECONÓMICA /PRODUCTOS Y SERVICIOS

La empresa MARVAL S.A. se dedica al diseño, construcción y comercialización de “proyectos de vivienda, centros de negocios y grandes obras de ingeniería en todo el territorio Colombiano.

Sus diseños están enfocados en la comunidad Colombiana en general², teniendo en cuenta factores importantes del sector constructivo como diseños arquitectónicos innovadores, demanda del mercado, versatilidad de productos ofrecidos (zonas infantiles, salones sociales, de conferencia y comerciales, parqueaderos, entre otros), vías de acceso y zonas amplias de construcción.

8.3 NÚMERO DE EMPLEADOS

MARVAL S.A cuenta con tres razones sociales, de las cuales el número de empleados por razón social está distribuido de la siguiente manera:

“MARVAL S.A.:	112	empleados en Bucaramanga
URBANIZADORA MARÍN VALENCIA:	8	empleados en Bucaramanga
CONSTRUCCIONES MARVAL S.A.:	23	empleados en Bucaramanga”

² Marval, Su empresa, Quienes somos, Pagina Web versión HTML, (citado el 7 Julio de 2010) disponible en Internet: <http://www.marval.com.co/inicio.html>

Estas empresas son administradas bajo el mismo personal, donde se utilizan los mismos edificios, equipos, personal de ventas, operativo y administrativo, manejando los mismos proveedores y contratistas. Cada empresa legalmente tiene inscritos determinados proyectos para el adecuado manejo contable y financiero. Por lo tanto su estructura del SGC es la misma para ellas.

8.4 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

8.4.1 Misión

“Proporcionar a nuestros clientes comodidad y seguridad, dentro de un entorno amable, construyendo con calidad a través de una organización honesta que trabaja en equipo y está comprometida con el desarrollo de sus accionistas, clientes, colaboradores y de la comunidad.”³

8.4.2 Visión

“En el año 2010, seremos líderes en el mercado nacional a través de la consolidación en nuestros mercados regionales, con presencia en el mercado latinoamericano, distinguiéndonos por la calidad superior y entrega a tiempo de nuestras construcciones integrales e innovadoras, la excelencia de nuestra gente y el servicio al cliente. Nuestra organización sólida y eficiente garantizará nuestra permanencia y permitirá el progreso de sus colaboradores y de la comunidad”.⁴

8.4.3 Objetivos corporativos

- “Desarrollar una empresa competitiva sostenible
- Aumentar y mejorar el valor de la empresa.”⁵

8.4.4 Razón Social

La empresa posee tres razones sociales. En ellas labora el mismo equipo de trabajo, el cual se encuentra distribuido de acuerdo a los cargos que desempeñan y las áreas a las

³ *Ibíd.*

⁴ Marval, Su empresa, Quienes somos, Pagina Web versión HTML, (citado el 7 de Julio de 2010) disponible en Internet: <http://www.marval.com.co/inicio.html>

⁵ *Ibíd.*

cuales pertenecen. Las áreas que integran la empresa, los niveles jerárquicos y las líneas de autoridad se pueden apreciar en el organigrama de la organización (Ver Anexo A. Organigrama de la empresa MARVAL S.A, sucursal Bucaramanga.)

8.4.5 Teléfono

TEL: (7) 642 2423 - 633 3987

FAX: (7) 630 3260 - 644 2432

8.4.6 Dirección

Edificio La Triada. Calle 35 N° 19 - 41 piso 16 - Bucaramanga.

8.5 RESEÑA HISTÓRICA

“MARVAL (MARÍN VALENCIA) nace como persona Jurídica el 24 de diciembre de 1976 en Bucaramanga. Primero fue Sociedad Limitada, convertida en Anónima en 1995.

Se creó para trabajar unidos en el desarrollo industrial de la región y del país, y lo ha cumplido. El primer Edificio que construyó se llama MARVAL y está ubicado en la calle 36 con carrera 13 de Bucaramanga. En la década de los 80 construyó la urbanización MANUELA BELTRÁN en el Socorro y CORVIANDI UNO en Girón, en donde se hicieron las primeras viviendas sin cuota inicial en Colombia en el gobierno de BELISARIO BETANCUR. En esta misma década siguió construyendo diferentes urbanizaciones de vivienda unifamiliar y multifamiliar, con zonas recreativas dentro de los conjuntos, agregando valor a los inmuebles. Se destacan: TORRES DE ALEJANDRÍA, SANTA BÁRBARA, QUINTAS y PALMERAS DEL CACIQUE en Bucaramanga, EL LIMONCITO en Floridablanca y SAN CARLOS en Piedecuesta.

A principios de la década de los 90 se implementa la construcción de conjuntos cerrados en viviendas más económicas y se continúa en el mejoramiento del orden urbano, calidad de los espacios con diseño progresivo. Fuimos pioneros en ofrecer diferentes alternativas de acomodación y uso de los espacios interiores. Entre los conjuntos desarrollados se destacan: MIRADORES DE SAN LORENZO y VERSALLES, logrando una integración total entre lo urbano y la vivienda.

A mediados de esta década se realiza una de las construcciones más significativas en Bucaramanga: el CENTRO INTERNACIONAL DE NEGOCIOS LA TRIADA, con 30.000 m² de construcción, en el centro de la ciudad, considerado el edificio más importante de

todo Santander, destinado a oficinas, hotel, centro financiero y cafetería. En esta misma década, se inician nuevos proyectos en el área metropolitana de Bucaramanga, como PARQUE SAN AGUSTÍN, BODEGAS LA ESMERALDA, LOS ANDES y SAN FRANCISCO DE LA CUESTA.

Actualmente MARVAL está a la vanguardia de la promoción, construcción y venta de proyectos inmobiliarios en el área metropolitana de Bucaramanga.

Con la política “CONSTRUCCIÓN CON CALIDAD Y PROYECCIÓN HUMANA”, incursiona en la ciudad de Bogotá con proyectos importantes como ALEJANDRA, de 1.100 apartamentos y PRADOS DE CASTILLA con 2.400 viviendas.

Adicionalmente, se desarrollaron proyectos de interés prioritario, en programas organizados por el Distrito de Bogotá Metrovivienda, en urbanizaciones con un total de 2000 unidades habitacionales.

En el año 1996 se inician las operaciones en la Costa Atlántica con importantes proyectos de vivienda en las ciudades de Santa Marta y Barranquilla, donde se continúan ofreciendo diferentes soluciones habitacionales.

Igualmente, en el Occidente del país MARVAL cuenta con sucursales en las ciudades de Cali y Palmira, aportando desarrollo en esa región. En Medellín, a partir del año 2001, participa en la construcción de importantes conjuntos multifamiliares en el poblado, uno de los sectores más exclusivos de la ciudad.

Iniciando el nuevo siglo, contando con el conocimiento y la experiencia, la organización se decide a participar en obras públicas, y es así que somos parte del importante desarrollo que ha tenido Bogotá; destacando proyectos de ciclo rutas como LA ALAMEDA EL PORVENIR II, convirtiéndose en el paseo peatonal más ancho y largo de Latinoamérica y aportando también en el sistema de buses articulados de la capital: Transmilenio.

También ha participado en iniciativas gubernamentales como en el desarrollo de los más importantes Centros Penitenciarios del País y de Latinoamérica. La Sociedad cuenta con la Certificación de Calidad ISO 9001 Versión 2000.”⁶

8.6 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA ESPECÍFICA DE TRABAJO

⁶ Marval, Su empresa, Historial. Pagina Web versión HTML, (citado el 7 de Julio de 2009) disponible en Internet: <http://www.marval.com.co/inicio.html>

El área de trabajo donde se desarrollará el proyecto es el Departamento de Sistemas de Gestión de la empresa Marval S.A., área encargada del desarrollo, implementación y certificación del Sistema de Gestión de Calidad, basado en la norma ISO 9001/2000.

Su objetivo es asegurar la conveniencia, adecuación y eficacia continua de los Sistemas de Gestión de Calidad, Orden y aseo, Documental y de Seguridad y Salud Ocupacional, que garanticen el cumplimiento de las políticas y de los objetivos de la organización. El departamento de sistemas de gestión en la empresa Marval S.A, tiene entre sus funciones:

- ✓ Programación y realización de Auditorías Internas de los Sistemas de Gestión de calidad, Orden y Aseo, Documental y Seguridad y Salud Ocupacional.
- ✓ Documentación e Implementación de los Sistemas de Gestión.
- ✓ Actualización y Control de documentos.
- ✓ Seguimiento Acciones correctivas, preventivas y/o de mejora.

Como una alternativa que mejore la competitividad y productividad de la empresa en el mercado, la eficiencia en los recursos y la efectividad en la construcción, el departamento ha desarrollado la implementación de la filosofía LEAN CONSTRUCTION (Construcción Sin Perdidas) como una necesidad para fortalecer el sistema de producción y la integración óptima de las actividades y procesos. Agregar valor a al producto final, mediante la eliminación de perdidas y el mejoramiento continuo de los procesos en los proyectos constructivos.

El área de trabajo estará directamente relacionada con las obras de construcción que esté llevando a cabo la empresa MARVAL S.A, para este trabajo se realizará en la Obra METROPOLITAN BUSINESS PARK ubicada entre las carreras 29 y 33 con calle 45 en la ciudad de Bucaramanga, con el propósito de realizar un seguimiento a los diferentes comportamientos de los procesos productivos de la compañía.

8.7 NOMBRE Y CARGO DEL SUPERVISOR TÉCNICO

ING. IVAN MAURICIO PUENTES ARANGO

Ingeniero Industrial UIS

MBA – Universidad Politécnica de Cataluña

Director Nacional de Sistemas de Gestión – Marval S.A

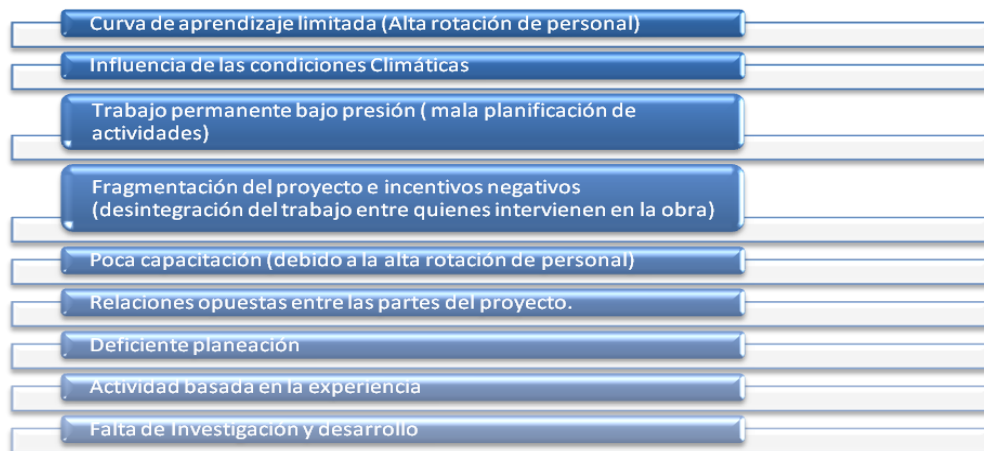
9. DIAGNÓSTICO DE LA EMPRESA

Marval S.A es una compañía líder en el sector de la construcción con una clara visión y misión y con unas competencias organizaciones que definen las características que deben poseer para ser exitosos en la organización. Actualmente y a pesar de la crisis ha logrado mantener proyectos en marcha en la Costa Atlántica, el Valle, Bogotá y Bucaramanga.

La experiencia de treinta y cuatro años en el mercado de la construcción y el compromiso del equipo humano le ha permitido a la empresa ser una de las mejores del país en el sector con 56 proyectos constructivos (vivienda, centros de negocios y obras civiles de ingeniería) aportando al desarrollo del país con la generación de empleo, infraestructura y ofertas de interés social.

Es por esto que la construcción en el país es de gran importancia, pues su dinámica impulsa constantemente al progreso de la sociedad. Pero a pesar de su importancia, la industria es, de manera incomprensible, uno de los sectores con menor grado de desarrollo, caracterizada principalmente por grandes deficiencias y falta de efectividad que se traducen en la poca competitividad que coloca a la empresa constructora en desventaja frente a mercados globalizados⁷. Como industria, la construcción presenta características únicas que explican, aunque no justifican, el grado de desarrollo en que se encuentra:

Figura 2. Características de la construcción



Fuente: Autor

⁷ BOTERO BOTERO, Luis Fernando. Construcción si pérdidas, análisis de procesos y filosofía lean Construction. 2 ed. Colombia.: Legis 2006 17-18 p.

Las empresas constructoras del país presentan serias dificultades para la identificación de todas aquellas actividades que no agrega valor, consideradas como pérdidas. Su sistema convencional de trabajo no les permite identificar las posibles causas por las cuales se generan los problemas de eficiencia de sus procesos y aumento de la productividad, y de esta manera, es imposible empezar a tomar acciones correctivas sobre los mismos.

Teniendo en cuenta lo anterior, la empresa Marval S.A a través del Departamento Nacional de Gestión comienza a implementar a partir del año 2009 una nueva metodología o filosofía de construcción: LEAN CONSTRUCCIÓN o CONSTRUCCIÓN SIN PERDIDAS la cual apunta a⁸:

- ✓ Reducción o eliminación de las actividades que no agregan valor
- ✓ Incremento del valor del producto
- ✓ Reducción de la variabilidad
- ✓ Reducción del tiempo del ciclo
- ✓ Simplificación de procesos
- ✓ Incremento de la flexibilidad de la producción
- ✓ Transparencia del proceso
- ✓ Enfoque del control al proceso completo
- ✓ Mejoramiento continuo del proceso
- ✓ Balance de mejoramiento de flujo con mejoramiento de conversión
- ✓ Referenciación (Benchmarking)

Es así como se da inicio a la capacitación del personal encargado de la producción, la creación de una cultura de medición enfocada en la obtención de indicadores de desempeño y el establecimiento de un sistema de referencia, planificación y mejora continua. La implementación del sistema requiere de un proceso largo de capacitación, sensibilización y creación de una cultura de medición en la empresa. El proceso está dividido en tres etapas, que son:

Etapa 1: Sensibilización y capacitación general sobre teoría Lean Construction y su aplicación a las empresas de construcción.

Etapa 2: Implementación General del sistema en una obra piloto por sucursal (Bucaramanga, Bogotá, Barranquilla y Cali).

Etapa 3: Utilización de la plataforma Web GICO (Gestión Integrada de la Construcción) por la empresa MARVAL en las obras piloto durante 1 año.

La metodología se ha aplicado con excelentes resultados en obras como NATURA, BRITANIA Y CALLEJUELAS por parte de Ingenieros Industriales Practicantes. Como

⁸ BOTERO, Luis Fernando. Construcción si pérdidas, análisis de procesos y filosofía lean Construction. 2 ed. Colombia.: Legis 2006 28-38 p.

parte de la Etapa 2, en los siguientes seis meses se pretende iniciar la implementación en la Obra METROPOLITAN BUSINESS PARK gestionando en la medición y toma de datos, tabulación de datos, análisis estadístico, presentación de informes regularmente e implementar las técnicas de medición de perdidas y una planificación semanal, conocida como Last Planner (Ultimo Planeador).

10. ANTECEDENTES

Es indudable que el sector de la construcción es un componente significativo en la economía de un país. Su aporte fue de 0,6 puntos porcentuales en el PIB colombiano y presentó un crecimiento de 12,8% en el año 2009, respecto al año 2008.⁹ (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, DANE), siendo uno de los sectores que mayor crecimiento ha experimentado en el último año. (Ver Tabla 1.)

Tabla 1. Comportamiento del PIB por ramas de Actividad Económica 2008/2009

Comportamiento del PIB por Ramas de Actividad Económica 2008 / 2009		
Variación porcentual anual - Series desestacionalizadas		
Ramas de actividad	2008	2009
Agropecuaria, silvicultura, caza y pesca	2,6	1,0
Explotación de minas y canteras	7,3	11,3
Industria manufacturera	-1,8	-6,3
Electricidad, gas de ciudad y agua	1,2	1,2
Construcción	-0,3	12,8
Comercio, reparación, restaurantes y hoteles	1,7	-2,9
Transporte, almacenamiento y comunicación	4,0	-1,2
Establecimientos financieros, seguros, inmuebles y servicios a las empresas	5,6	3,1
Servicios sociales, comunales y personales	2,1	1,3
Subtotal valor agregado	2,4	0,8
Impuestos menos subvenciones sobre la producción e importaciones	3,2	-4,4
PRODUCTO INTERNO BRUTO	2,4	0,4

Fuente: DANE - Dirección de Síntesis y Cuentas Nacionales

Fuente: DANE. Dirección de Síntesis y Cuentas Nacionales

A pesar de su importancia, los problemas que enfrenta el sector son bien conocidos: baja productividad, pobre calidad, altos índices de accidentes, desviaciones en cumplimiento de plazos y presupuestos, entre otros.

Por muchos años, la industria manufacturera ha sido tomada como modelo para la realización de innovaciones en la construcción. Sin embargo, esta industria continúa en la exploración permanente de técnicas, herramientas y principios que permitan su modernización. Esa búsqueda permanente ha generado una nueva visión de la producción en construcción, diferente del enfoque tradicional basado en los modelos de conversión con antecedentes en las teorías de Taylor y Ford. El nuevo modelo denominado Lean Construction (construcción sin pérdidas), propuesto por Lauri Koskela (1992), analiza los principios y las aplicaciones del JIT (justo a tiempo) y TQM (control total de la calidad) en la industria de la construcción, intentando identificar las bases que él define como “la nueva filosofía de producción”, conocida como Lean Production.

⁹ DANE. Producto interno bruto – Cuarto Trimestre y total anual 2009 http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/pib/cp_PIB_IVtrim09.pdf

La idea de la nueva filosofía de producción se originó en Japón en el 1950. La aplicación más prominente fue el sistema de producción de la industria automovilística Toyota. El artífice de estas ideas fue el ingeniero Taiichi Ohno. Las ideas básicas en el sistema de producción de Toyota fueron la eliminación del inventario, la disminución del desperdicio presente en los procesos, la cooperación con los diferentes proveedores y el respeto por el trabajador. Simultáneamente, los asuntos relativos a la calidad fueron atendidos igualmente por la industria japonesa bajo la guía de asesores americanos como Deming y Juran. Sin embargo, sólo al comienzo de los 90s, esta nueva filosofía empezó a afirmarse y a aplicarse en el mundo industrial.

Esta nueva filosofía de producción se conoce con varios nombres; sin duda, el más conocido es aquel de *Lean Production* o Toyota Production System. Esta filosofía de producción, en el estado actual, no se basa en una sola teoría; más bien es el resultado de varias técnicas y teorías que se han desarrollado en el tiempo.

Lean Construction nace como una necesidad de adoptar una serie de estándares emanados de la empresa manufacturera. La industria de la construcción observó por muchos años, de manera expectante, cómo el mundo oriental le entrega una gran cantidad de ideas, filosofías y prácticas al mundo occidental. La nueva filosofía de producción ha demostrado que las nuevas técnicas, difundidas ampliamente en la industria automotriz, podían ser implementadas de forma exitosa en la industria de la construcción. Experiencias internacionales han demostrado que la implementación de la filosofía *Lean Construction* puede mejorar la coordinación de todos los agentes participantes en el proyecto y por ende aumentar la fiabilidad de éste.

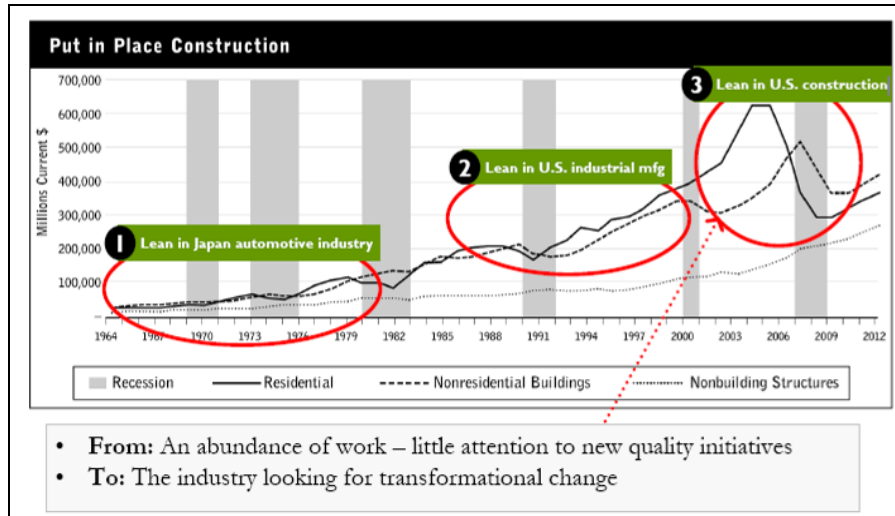
A la luz de los principios *Lean Construction* derivados de los conceptos *Lean Production*, se evalúan las actividades de recolección de datos durante el control de avance de la construcción, desarrollo crítico que alimenta otros procesos desde la planeación media y semana, hasta el cierre del proyecto.

Lean Construction tiene sus orígenes después de la segunda guerra mundial. Este sistema de producción está fundamentalmente a eliminar pérdidas en los procesos productivos, entendiéndose como pérdida en general todo aquello que no genera valor al producto final.

Esta filosofía ha sido implementada con éxito en algunos países del mundo desde 1993. Grupos como el *Lean Construction Institute*, *International Group For Lean Construction* conformados por una red de investigadores y profesional en la Arquitectura, Ingeniería y Construcción, plantean que la educación, práctica e investigación en estos campos debe

ser renovada con nuevos conceptos para responder a los desafíos que el nuevo mercado impone.¹⁰

Figura 2. Implementación de Lean Construction en Estados Unidos.



Fuente: Achieve Breakthrough Performance Using Lean Construction Philosophies. Noviembre 12, 2009 <http://www.fminet.com/assets/DemystifyingLeanConstruction.pdf>

- **Experiencia en Chile**

En Chile, pionero en Latinoamérica en implantación de esta nueva filosofía, la experiencia del ingeniero Luis Fernando Alarcón, del Centro de Excelencia en Gestión de Producción de la Universidad Católica (GEPUC) y responsable por haber introducido este esquema en este país, indica que una vez se hace un diagnóstico previo y se implementan los sistemas de gestión basados en la filosofía de la construcción sin pérdidas, hay mejoras significativas en la ejecución de un proyecto constructivo.¹¹

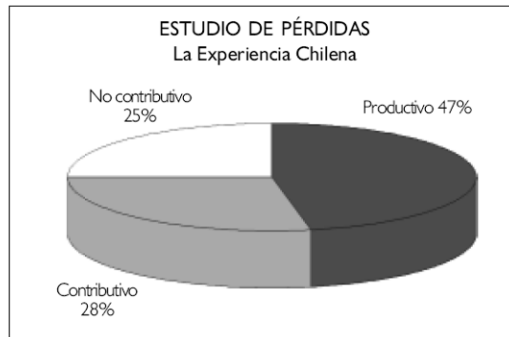
Durante 5 años, se realizaron mediciones en más de 40 proyectos de construcción (oficinas, hoteles, vivienda), en un total aproximado a 370.000 m² construidos, demostrando que la identificación de pérdidas es una herramienta efectiva para generar el

¹⁰BOTERO BOTERO, Luis Fernando. ALVARÉZ VILLA, María Eugenia. Identificación de pérdidas en el proceso productivo de la construcción. Página web. Versión PDF. (citado el día 7 julio e 2010). Disponible en Internet <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/215/21513006.pdf>

¹¹ CAMACOL. **Filosofía lean Construction o construcción sin pérdidas.** Lecciones del Congreso Colombiano de la Construcción 2009. (citado el día 7 julio e 2010). Disponible en <http://www.camacol.org.co/adminSite/Archivos/EE20091007055357.pdf> Agosto y Septiembre de 2009

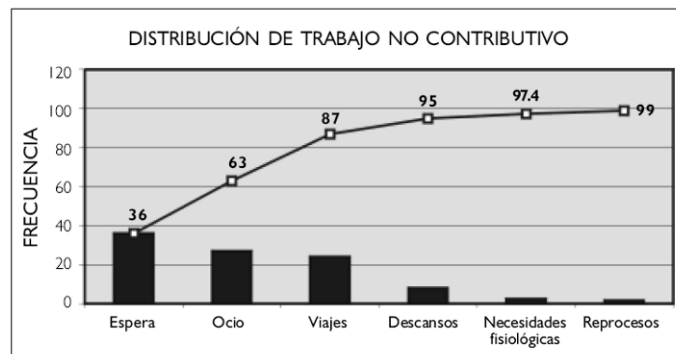
mejoramiento en la construcción. Estas investigaciones permitieron obtener los siguientes resultados¹²:

Figura 3. Distribución general de categorías de trabajo. Experiencia Chilena



Fuente: Identificación de pérdidas en el proceso productivo de la construcción. Página web. Versión PDF. (Citado el día 7 julio e 2010). Disponible en Internet <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/215/21513006.pdf>

Figura 4. Distribución del tiempo no contributivo. Experiencia Chilena.



Fuente: Identificación de pérdidas en el proceso productivo de la construcción. Página web. Versión PDF. (Citado el día 7 julio e 2010). Disponible en Internet <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/215/21513006.pdf>

De acuerdo a las graficas anteriores (Figura 3 y 4), 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 improductividades en los proyectos de construcción.

De acuerdo con los índices de desempeño de los proyectos a los que hace seguimiento el GEPUC, hay un mejor entendimiento de los procesos, cuanto mayor es el acceso a la información, todo lo cual redundará en la toma de mejores decisiones y en ahorros en

¹² BOTERO BOTERO, Luis Fernando. ALVARÉZ VILLA, María Eugenia .Identificación de pérdidas en el proceso productivo de la construcción. Página web. Versión PDF. (citado el día 7 julio e 2010). Disponible en Internet <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/215/21513006.pdf>

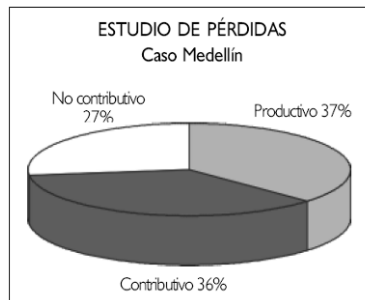
tiempo de entre 30% y 56%, dependiendo del tipo de proyecto, y en costos directos de la obra, de entre 10% y 36%.

- **Experiencia en Colombia**

En Colombia, el conocimiento de la teoría de construcción sin pérdidas es reciente. Empresas constructoras en las ciudades de Bogotá, Medellín y Manizales han implementado estos principios, y han obtenido excelentes resultados en el desarrollo de los proyectos de construcción.

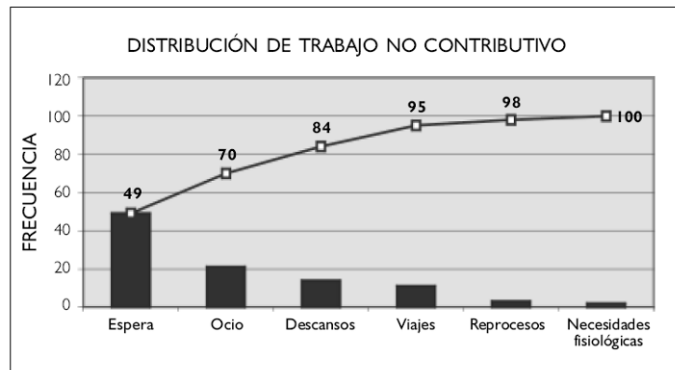
El departamento de Ingeniería Civil de la Universidad EAFIT conjuntamente con un importante grupo de constructores de la ciudad de Medellín lideró un estudio dónde consistía en la identificación de pérdidas en tres diferentes proyectos de vivienda, para un total aproximado de 12.000 m2. Los resultados fueron los siguientes:

Figura 5. Distribución general de categorías de trabajo. Experiencia Colombia (Medellín)



Fuente: Identificación de pérdidas en el proceso productivo de la construcción. Página web. Versión PDF. (Citado el día 7 julio e 2010). Disponible en Internet <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/215/21513006.pdf>

Figura 6. Distribución del tiempo no contributivo. Experiencia Colombia (Medellín).



Fuente: Identificación de pérdidas en el proceso productivo de la construcción. Página web. Versión PDF. (Citado el día 7 julio e 2010). Disponible en Internet <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/215/21513006.pdf>

Muy similar a Chile, un gran porcentaje del tiempo (63%) se utiliza en actividades no productivas y la causa de mayor frecuencia de ocurrencia son las esperas en el proceso constructivo, lo cual se convierte en un resto y una gran oportunidad de mejoramiento en el desempeño del sector de la construcción en Colombia. (Ver Figuras 5 y 6).

A nivel nacional la Universidad EAFIT con su *Grupo de Investigación en Gestión de la Construcción* (GESCON), liderado por el Arq. Luis Fernando Botero, ha desarrollado la implementación del concepto Lean Construcción o Construcción Sin Pérdidas, contando con la participación de 25 empresas colombianas¹³. Entre sus investigaciones en el tema de encuentran:

- *Proyecto De Consumo De Mano De Obra (2001)*

Investigación sobre rendimientos y consumos de mano de obra en actividades de construcción de proyectos de vivienda de interés social en mampostería estructural.

- *Identificación De Pérdidas En Los Diferentes Procesos De La Construcción (2002)*

Conceptos y aplicaciones de la nueva filosofía de gestión en la construcción, que pueden ser aplicados por las empresas constructoras, identificando las pérdidas del proceso productivo, como punto de partida en la búsqueda del mejoramiento de su desempeño.

- *Proyecto Benchmarking (2006-2007)*

Búsqueda de la excelencia a través de la comparación con los mejores, en actividades claves del negocio, con el fin de medir el desempeño de la empresa y establecer metas de mejoramiento.

- *Proyecto De Gestión Integrada En La Construcción GICO(2006-2007)*

“GICO es un sistema de gestión integrada en la construcción, es el resultado de un proyecto de investigación aplicada en el sector de la construcción, desarrollada por GESCON (grupo de investigación en gestión de la construcción, UNIVERSIDAD EAFIT), conjuntamente con ciudades importantes de la ciudad de Medellín y Manizales.¹⁴

En otra experiencia colombiana, el arquitecto César Augusto Ramírez presenta algunas ideas de aplicación del sistema lean que pueden consolidar sistemas de producción óptimos y eficientes. Entre otras aplicaciones están la cuantificación de desperdicios en

¹³ Vivir en el poblado, Pagina Web versión HTML, (citado el 10 de julio de 2010), disponible en Internet:http://www.vivirenelpoblado.com/index.php?option=com_content&task=view&id=3237&Itemid=100

¹⁴ Grupo de investigación en gestión de la construcción, ingeniería civil, Universidad EAFIT. Programas y contenido [diapositivas]. Medellín: Informática académica, 2008. 28 diapositivas, lectura.

obras, el layout, la línea de balance, el registro del Porcentaje de Actividades Completadas (PAC), la medición de la productividad y la planeación del proceso constructivo. Así mismo, resulta indispensable conocer de qué forma el personal de la obra distribuye su tiempo, durante su jornada laboral. Si se identifican las actividades que hay en cada una de las etapas en tiempo productivo, trabajo contributivo y trabajo no contributivo, es posible lograr mejorías en la productividad.

Con la idea de eliminar pérdidas en los procesos productivos Camacol Bogotá-Cundinamarca, se puso en la tarea de promover entre sus afiliados capacitaciones en el nuevo sistema con la alianza de la Universidad EAFIT de Medellín. Estas han logrado eliminar pérdidas en los procesos constructivos, implementar un nuevo sistema de planificación y control de los proyectos (Last Planner o el último planificador), medir las tasas de producción, referenciar los desempeños entre proyectos y empresas, e identificar la distribución en planta de las instalaciones provisionales, el almacenamiento de materiales, las rutas de transporte de personas y equipos, y la simulación de operaciones, entre otros.

"De hecho, ya hay casos para mostrar. Veinte empresas colombianas llevan implementado los principios Lean Construction en Bogotá, Medellín y Manizales, con notables avances en su gestión. La construcción del conjunto residencial San Sebastián, en Medellín, es una muestra de ello". Allí, las empresas AIA y PSI Edicreto concibieron y construyeron el proyecto con el modelo Lean y alcanzaron grandes desempeños en términos de plazos, costos y calidad de producto", señaló Forero.¹⁵

En el caso concreto de la obra San Sebastián, mencionada como caso de éxito, el constructor reportó un ahorro de 17.271 pesos por metro cuadrado en el 2002, que se traduce en un menor valor de precio de venta en beneficio del cliente, utilidad para el constructor y bonificación hacia el grupo de trabajo, incluyendo los obreros que permitieron con su desempeño y compromiso obtener el resultado.

Todos estos casos de éxito con la implementación del sistema de "Construcción sin pérdidas", han motivado a la organización Marval S.A., ha capacitarse e implementar dicho sistema para estar a la vanguardia de los métodos constructivos y con el firme propósito de aumentar la productividad de sus obras y hacer de la empresa una compañía competitiva y preparada para los retos del mañana. Además de ser una de las primeras en implementar dicha filosofía de construcción. Desde el año 2009 se ha venido trabajando en la implantación de Lean Construction en las obras de Marval S.A por parte

15 Sector edificador adopta Lean Construction, estrategia de gestión para proyectos de construcción (citado el 10 de julio de 2010), disponible en Internet: http://www.portafolio.com.co/economia/vivienda_eco_portafolio/2008-09-11/ARTICULO-WEB-NOTA_INTERIOR_PORTA-4519595.htm

de los practicantes de Ingeniería Industrial. Es así como se tienen los siguientes proyectos:

- Implementación de las herramientas de medición de pérdidas y planificación semanal (Last Planner) en una obra piloto de la empresa Marval s.a, bajo la metodología de Lean Construction. Desarrollado por la Ingeniera Karol Tatiana Verter en el año 2009.
- Planeación e implementación de la filosofía Lean Construction en base al estudio de pérdidas y aplicación del sistema Last Planner en un proyecto constructivo de la empresa Marval S.A 2010. Desarrollado por el Ingeniero. Gustavo Andrés Araque en el primer semestre de 2010.

11. JUSTIFICACIÓN

En cualquier sector de la industria siempre se ha presentado el deseo y la necesidad de mejorar de forma continua sus procesos, para esto se han diseñado estrategias, metodologías y filosofías con el ánimo de incrementar la calidad de sus productos, satisfacer las necesidades de sus clientes y disminuir los tiempos y costos para su producción. El sector de la construcción no es la excepción, y en los últimos años se ha incursionado en la implementación y adaptación de filosofías de otras industrias para el mejoramiento de la productividad. Una de las filosofías más conocidas a nivel internacional y de la industria, es la de “Lean Production”, cuyas estrategias y principios se han adecuado a las características y exigencias de la industria de la construcción, con el ánimo de optimizar todos los procesos que se ven involucrados a lo largo de todas las etapas de la vida de un proyecto, y que se conoce actualmente como “Lean Construction”.

Este esquema se basa en la planeación para el aprovechamiento de todos los recursos disponibles en un proyecto constructivo para optimizar el costo, el tiempo y la calidad del producto final. La filosofía Lean Construction se preocupa por obtener mejoras continuas, concurrentes y globales en todas las dimensiones del ambiente construido y natural: desde la planificación, el diseño, la construcción y la puesta en marcha, hasta la recuperación y el reciclaje.

En todo proceso de mejoramiento de productividad con base en la filosofía “Lean Construction” se hace necesario implementar un sistema de medición con el fin de aumentar la transparencia de los procesos, apoyar el proceso de aprendizaje y retroalimentación en el nivel operativo. Por lo general en las compañías constructoras colombianas no se tiene una cultura de documentación, medición y control de procedimientos y de los factores que afectan los mismos. En el sector de la construcción hay existencia de bases de datos sobre rendimientos y consumos de mano de obra, poco confiables e intentos aislados para recoger y analizar datos en obra, sin una metodología definida. El Ingeniero Industrial, a través de la práctica empresarial, definirá una metodología adecuada para la toma, análisis e interpretación de los datos que le permita a la empresa tener una aproximación de la realidad permitiendo que la toma de decisiones sea la más adecuada y se ajuste a las necesidades de la empresa.

Teniendo en cuenta esta necesidad, la empresa Marval S.A ha venido estableciendo la utilización de herramientas que permitan identificar y evaluar los factores que afecten el desempeño y la productividad Y los resultados de la ejecución del proyecto Lean Construction han sido positivos para la constructora desde su implementación en el año 2009 que las decisiones que lo rodean terminaron por establecerlo dentro de la compañía. Los practicantes de ingeniería industrial han logrado determinar las causas de las

pérdidas más representativas de los procesos y establecer medidas de mejoramiento para los mismos.

El compromiso es seguir gestionando dentro de la organización la planificación, aplicación, cumplimiento, análisis y retroalimentación constante de Lean Construction en todos los aspectos industriales que rodean la organización.

El objetivo no es simplemente implementarlo en la compañía, la idea es buscar las diferentes alternativas que pueden ir surgiendo de los errores causados, llevar a cabo un control y mejoramiento de los mismos, realizar un seguimiento del comportamiento de la productividad y el análisis constante de los estadísticos de tiempos y movimientos para dar soluciones efectivas a los tiempos de ciclo prolongados por diversas razones que se pueden presentar. De esta forma y de manera sistemática, Marval S.A promueve y asegura dentro de su organización la cultura de la medición del desempeño de los proyectos de construcción.

12. OBJETIVOS

12.1 Objetivo General

- Implementar las herramientas de la filosofía Lean Construction para la identificación de pérdidas y análisis de rendimientos de las actividades constructivas con el fin de controlar los procesos y el mejoramiento continuo.

12.2 Objetivos Específicos

- Realizar estudios de Métodos y tiempos de las actividades constructivas más representativas en la Obra.
- Identificar, caracterizar y analizar las actividades constructivas de la obra.
- Analizar el comportamiento estadístico de las actividades constructivas mediante el análisis de los datos a través de herramientas estadísticas.
- Identificar las pérdidas que se presentan en las actividades más representativas del proceso constructivo y las posibles causas de las mismas.
- Efectuar la herramienta de planificación Last Planner para controlar los procesos constructivos y reducir su variabilidad.
- Definir una metodología para la toma, análisis e interpretación de los datos que le permita a la empresa tener una aproximación de la realidad.
- Encontrar las causas de los problemas generados en los procesos productivos y que afectan la productividad de los mismos y realizar la respectiva evaluación y toma de decisiones para la mejora en las actividades laborales.
- Gestionar planes de mejoramiento de los procesos productivos mediante la utilización de herramientas de gestión de calidad (Identificación de pérdidas, Last Planner, acciones correctivas y control), enfocados en el aumento de la productividad de la organización.

- Informar a la alta dirección de la empresa los resultados, análisis y conclusiones obtenidas en cada una de las etapas del proceso constructivo, seleccionadas para el análisis y medición de pérdidas.
- Asesorar y apoyar en la gestión de funciones externas al sistema Last Planner mediante el compromiso con el proyecto y con el equipo de colaboradores del mismo.

13. MARCO TEÓRICO

Por muchos años, la industria manufacturera ha sido tomada como modelo para la realización de innovaciones en la construcción. Sin embargo, esta industria continúa en la exploración permanente de técnicas, herramientas y principios que permitan su modernización. Esa búsqueda permanente ha generado una nueva visión de la producción en construcción, diferente del enfoque tradicional basado en los modelos de conversión con antecedentes en las teorías de Taylor y Ford. El nuevo modelo denominado *Lean Construction* (construcción sin pérdidas), propuesto por Lauri Koskela (1992), analiza los principios y las aplicaciones del JIT (justo a tiempo) y TQM (control total de la calidad) en la industria de la construcción, intentando identificar las bases que él define como “la nueva filosofía de producción”, conocida como *lean production*.

Lean Construction introduce principios que cambian el marco conceptual de la administración el mejoramiento de la productividad y enfoca todos los esfuerzos a la estabilidad del flujo de trabajo.

Mediante el enfoque *Lean Construction* se han desarrollado diversas herramientas tendientes a reducir las pérdidas a través del proceso productivo. Una de estas herramientas de planificación y control fue diseñada por Ballard y Howell. El sistema denominado el último planificador (*Last Planner System*) presenta cambios fundamentales en la manera como los proyectos son planificados y controlados. El método incluye la definición de unidades de producción y el control del flujo de actividades, mediante asignaciones de trabajo. Adicionalmente facilita la obtención del origen de los problemas y la toma oportuna de decisiones relacionada con los ajustes necesarios en las operaciones para tomar acciones a tiempo, lo cual incrementa la productividad.

13.1 LOS PRINCIPIOS DE LEAN CONSTRUCTION¹⁶

13.1.1 Reducir las actividades que no agregan valor. (Pérdidas)

Reducir la parte de actividades que no agregan valor es una pauta fundamental. La experiencia muestra que las actividades que no agregan valor dominan la mayor parte de los procesos; por lo general sólo el 3 al 20 % de pasos añaden valor (Ciampa 1991), y su parte de tiempo del ciclo total es insignificante, de 0.5 al 5 % (Stalk & Hout 1990) Parecen haber tres causas de origen: el diseño, la ignorancia y la naturaleza propia de producción en la construcción tocada anteriormente.

¹⁶ BOTERO, Luis Fernando. Construcción si pérdidas, análisis de procesos y filosofía lean Construction. 2 ed. Colombia.: Legis 2006 29-38 p.

Para la aplicación de este principio se debe realizar un diagramas de flujo de lo que se está haciendo actualmente, luego analizar y evaluar para mejorar este diagrama pensando en los flujos, luego realizar entrenamiento del personal para aplicar el sistema mejorado y seguirlo mejorando en busca del óptimo.

13.1.2 Incrementar el valor del producto a través de la consideración sistemática de los requerimientos del cliente

Este es otro principio fundamental. El fundamento práctico de este principio es realizar un diseño de flujo sistemático, donde los clientes sean definidos para cada etapa.

13.1.3 Reducir la variabilidad

Todos los procesos de producción son variables. Hay dos motivos para reducir la variabilidad del proceso. Primero, del punto de vista del cliente un producto uniforme siempre es mejor. En segundo lugar, la variabilidad, especialmente de la duración de alguna actividad, aumenta el volumen de actividades que no agregan valor.

13.1.4 Reducir el tiempo del ciclo

Un principio básico de la nueva filosofía de producción es la compresión de los tiempos de ciclo, que obliga a la reducción de inspecciones, movimientos y esperas. En suma, los esfuerzos por eliminar las pérdidas y la compresión del tiempo total del ciclo podrían producir las siguientes ventajas:

- Cumplimientos de las fechas planificadas.
- Reducir la necesidad de hacer pronósticos sobre la demanda futura.
- Se disminuye la interrupción del proceso de producción debido a un cambio de órdenes.
- La gestión resulta más fácil porque hay menos requerimientos del cliente.

13.1.5 Simplificar mediante minimización de los pasos, las partes y la necesidad de conciliar información y uniones

- Acortamiento de los flujos por la consolidación de actividades repetitivas. Se debe evaluar constantemente la calidad y el grado de aprendizaje de la mano de obra mediante sistemas de calificación del personal a corto plazo.
- Reducir la cantidad de partes del producto mediante cambios de diseño o partes prefabricadas.
- Estandarizar ciertas partes, materiales, herramientas, etc.
- Reducir al mínimo la cantidad necesaria de información para el control por una

cantidad excesiva de índices de productividad medidos.

13.1.6 Incrementar la transparencia en los procesos.

Un proceso a la vista de la gente en sus métodos y procedimientos, es transparente. Algunos esfuerzos prácticos para mejorar la transparencia son:

- Hacer los procesos directamente observables a través de planos en planta apropiados, figura anterior.
- Incorporar la información de los proceso en las áreas de trabajo, instrumentos, contenedores, materiales y sistemas de información.
- La utilización de órdenes visuales para permitir a cualquier persona inmediatamente reconocer normas y desviaciones de ellas.

13.1.7 Enfocar el Control del proceso al proceso completo

Los compromisos en la planificación solucionan en parte el control del proceso completo. El sistema del Ultimo Planificador es el encargado de generar estos compromisos mediante reuniones de planificación periódicas. Hay al menos dos requisitos previos para el Control enfocado sobre el proceso completo.

13.1.8 Introducir el mejoramiento continuo de los procesos.

El esfuerzo de reducción de pérdidas y aumento del valor en la gestión de los procesos tiene carácter incremental, interno a la organización, que debe ser conducida u por un grupo especial responsable. Este principio está basado en el Kaizen, filosofía japonesa del Mejoramiento Continuo en general (no sólo de los procesos) sino de toda la cadena de valor.

13.1.9 Referenciar permanentemente los procesos. (Benchmarking).

A diferencia de la tecnología para conversiones, el mejor proceso de flujo no está referenciado; tenemos que encontrarlo en algún proceso de clase mundial. A menudo el Benchmarking es un estímulo útil para alcanzar la brecha de mejoramiento. Esto ayuda a vencer viejas rutinas inculcadas y las malas prácticas.

13.2 EL CONCEPTO DE PÉRDIDA EN LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

La nueva filosofía de “Construcción sin pérdidas” acepta el concepto adoptado por Ohno como: “Todo lo que sea distinto de la cantidad mínima de equipos, materiales, piezas, y tiempo laboral absolutamente esenciales para la producción”.

Para eliminar pérdidas en la construcción, primero debemos saber las fuentes de ellas. Si se busca clasificaciones de pérdidas podremos encontrar diferentes tipos de clasificaciones como la de Shingo en su estudio del Sistema Toyota, y Plosslen en su análisis de la dirección de producción enfocado a la manufactura, pero la visión más reciente y adecuada al campo de la construcción es entregada por Borcharding en 1986 quien propone un modelo cualitativo para identificar las causas de reducción de productividad en la construcción. Postula que la pérdida de productividad, en construcciones grandes y complejas, se explica con el uso de cinco grandes categorías de tiempo improductivo (Ver Figura 7. Diagrama de influencia para pérdidas por “Esperas”)

- a) Pérdidas por esperas (inactividad)
- b) Pérdidas por traslados
- c) Pérdidas por trabajo lento
- d) Pérdidas por trabajo inefectivo
- e) Pérdidas por trabajo rehecho

A su vez pueden ser clasificadas de acuerdo a su fuente según al área a la que pertenecen:

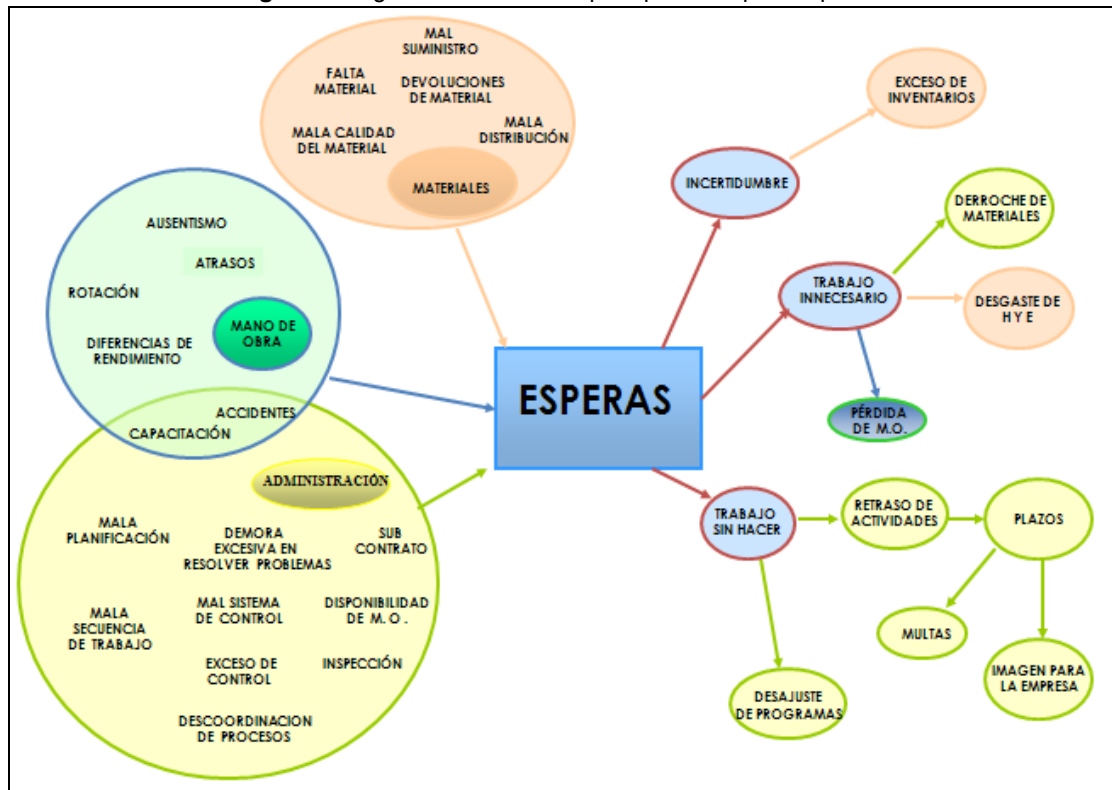
- a) Administración: Requerimientos innecesarios, exceso o falta de control, mala planificación o excesiva burocracia.
- b) Uso de Recursos: Exceso o falta de cantidad, mala distribución o disponibilidad.
- c) Sistemas de Información: No necesaria, defectuosa, atrasada o poco clara.

El enfoque en la productividad de la “Construcción sin Pérdidas” propone nuevas herramientas de diagnóstico, medición y mejoramiento para este propósito. Encuestas de detección a los capataces, métodos de muestreo del trabajo, registros de materiales y otras herramientas han sido desarrolladas para permitir la toma de decisiones para el mejoramiento de la productividad en la construcción. El principal objetivo de estas herramientas es reducir las demoras, interrupciones y mejorar el almacenamiento de recursos, la coordinación y la planificación en la construcción.

El objetivo fundamental es eliminar “las restricciones de la organización” propias de la naturaleza de la producción en la construcción, por ejemplo: reducir el tiempo de transporte para la provisión de materiales o almacenaje de herramientas próximas al lugar

de construcción, modificar la distribución de las instalaciones, proveer de grúas o elementos de transporte de materiales para las eliminaciones de los tiempos de transporte y traslado.

Figura7. Diagrama de influencia para pérdidas por “Esperas”



Fuente: BOTERO BOTERO, Luis Fernando. Pérdidas. [diapositiva39].

13.3 HERRAMIENTAS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE PÉRDIDAS

En esta etapa se desarrollan unas mediciones de los tiempos y movimientos de los trabajadores en los puestos de trabajo. La prueba es realizada mediante un formato llamado Formato de medición de pérdidas, prueba de los 5 minutos (ver anexo B. Formato de medición de pérdidas, prueba de los 5 minutos). Para completar el formato, se debe tomar un muestreo aleatorio simple de la población de estudio (obreros de la construcción) en sus actividades laborales y tomar el tiempo respectivo (5 minutos por trabajador). En el formato es analizado 3 tipos de tiempos que el operario puede desarrollar en el puesto de trabajo:

- **“Tiempo Productivo (TP):** Es aquel tiempo que el trabajador destina a acciones de producción de alguna unidad de construcción.

- Tiempo Contributivo (TC): Es aquel tiempo dedicado a labores de apoyo necesarias para que se realicen las acciones productivas. Ejemplos de esta categoría son: Transporte, Aseo, Instrucción, Medición, etc.
- Tiempo No Contributivo (TNC): Es cualquier otra actividad que no corresponde a las categorías anteriores y que implica tiempo que no se aprovecha por diferentes causas. Ejemplos: Viajes, Descanso, Tiempo Ocioso, Necesidades Fisiológicas, etc.”¹⁷

En el formato existe un sistema de codificación de acuerdo a las actividades realizadas. Los movimientos que realiza el trabajador en el puesto de trabajo en la mayoría de veces presentan alta variabilidad; por lo tanto, cada una de estas actividades presenta tiempos diferentes (establecidos en la escala de tiempos). El formato de codificación de tiempos (ver anexo C. Valores de las observaciones para cada uno de los tiempos) permite observar los diferentes causales tanto de tiempos Contributivos como de Tiempos no contributivos. Una vez son recopilados los datos en los formatos se procede al proceso de tabulación a través de la herramienta PROGRAMA DE PÉRDIDAS¹⁸.

El programa de Perdidas permite identificar por medio de diagramas de Pareto las principales causas de las perdidas en las actividades constructivas analizadas. Dichas causas son el punto de partida para realizar estrategias de mejora que logren reducir los tiempos que no generan valor al producto. (Ver Figura 8. Programa de Perdidas Marval)

Figura 8. Programa de Pérdidas Marval S.A



Fuente: Autor.

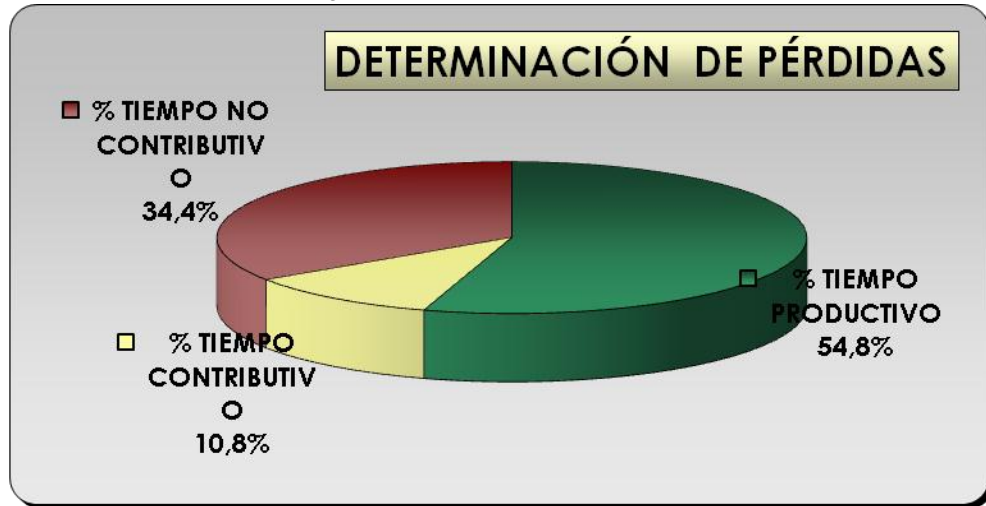
¹⁷ BOTERO BOTERO, Luis Fernando. Lean Construction, aplicación al caso colombiano [diapositivas]. Medellín: Informática académica, 2008. 60 diapositivas, lectura.

¹⁸ Universidad EAFIT. Análisis de rendimientos y consumos de mano de obra. Página Web. Versión PDF.(citado el día 17 julio de 2010) Disponible en Internet: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/215/21512802.pdf>

Este programa permite generar de manera rápida y confiada las siguientes estadísticas:

13.3.1 Determinación de Pérdidas

Figura 9. Determinación de Pérdidas

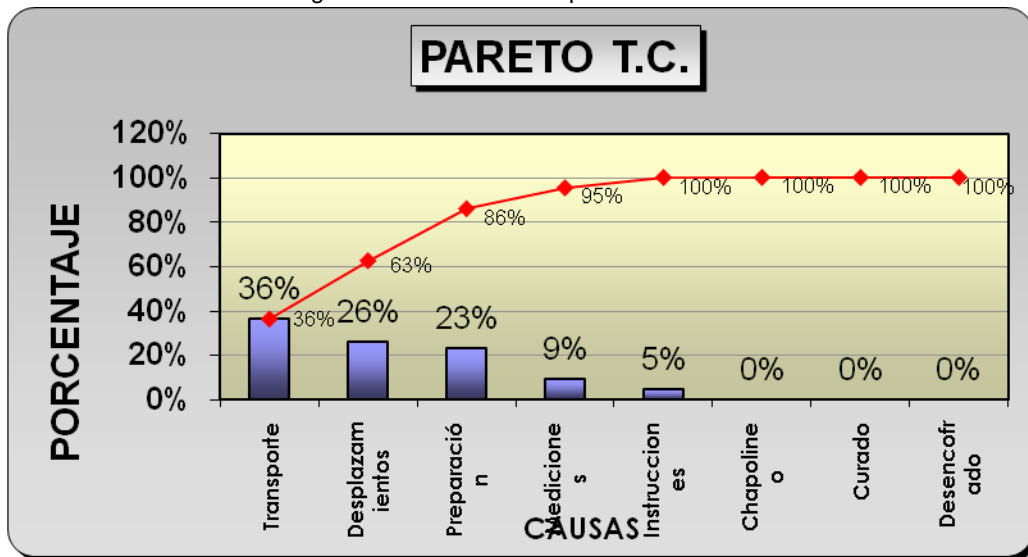


Fuente: Autor Informe Lean Construction Metropolitan Septiembre

Este grafico permite identificar de manera general y resumida el estado de los tiempos productivos, no contributivos y contributivos en los procesos constructivos analizados.

13.3.2 Pareto de Tiempos Contributivos

Figura 10. Pareto de Tiempos Contributivos

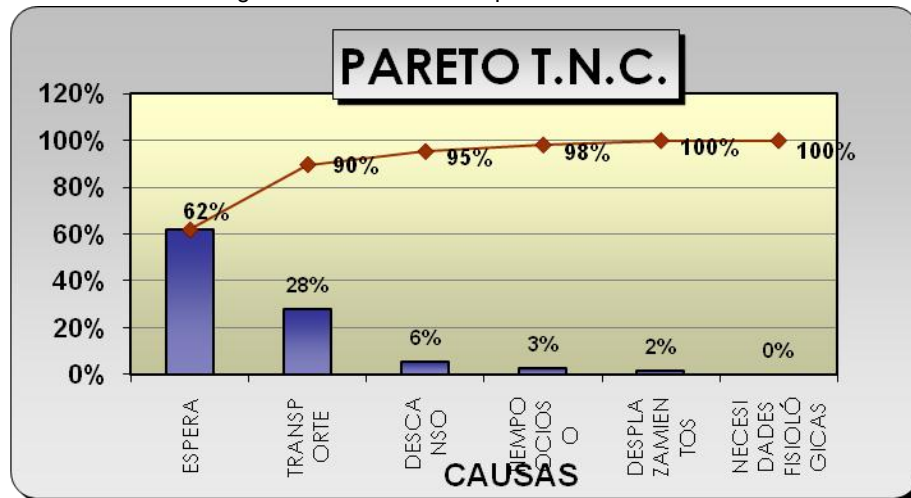


Fuente: Autor Informe Lean Construction Metropolitan Septiembre

Este grafico permite identificar de manera precisa cuales son la o las principales causas que generan mayores tiempos contributivos a las actividades. Aunque son actividades que son indirectas, se trabaja para identificar mejoras que reduzcan estos tiempos y sea más productiva la actividad.

13.3.3 Pareto de Tiempos No Contributivos

Figura 11. Pareto de Tiempos No Contributivos

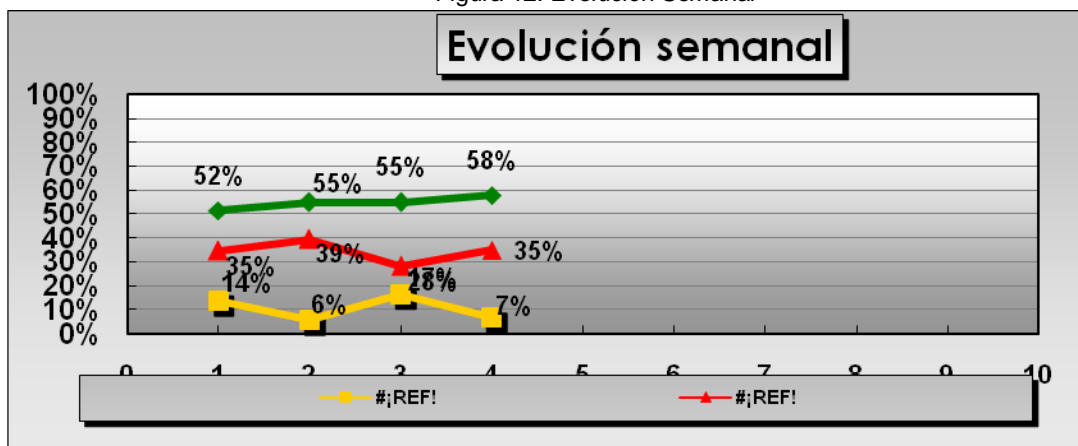


Fuente: Autor Informe Lean Construction Metropolitan Septiembre

Este grafico muestra el porcentaje de las principales causas que se deben contrarrestar para aumentar de manera sustancial la productividad en la obra.

13.3.4 Evolución Semanal

Figura 12. Evolución Semanal



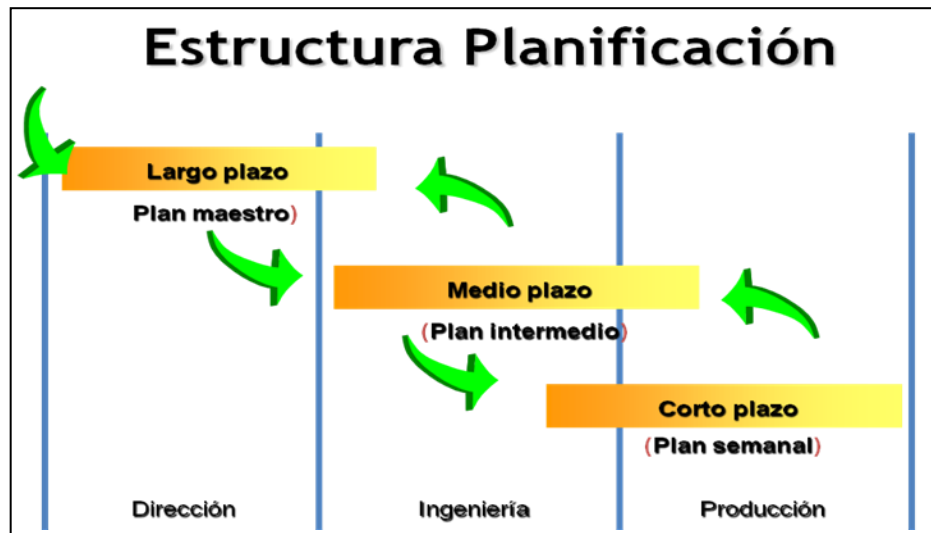
Fuente: Autor. Informe Lean Construction Metropolitan Septiembre

Esta grafica permite observar de manera general el comportamiento de los tiempos descritos anteriormente las cuatro semanas que dura el estudio.

13.4 EL SISTEMA DEL ÚLTIMO PLANIFICADOR (LAST PLANNER)

El sistema Last Planner es el paso final (como su nombre lo indica) que se debe realizar en obra para el cumplimiento de la programación. Toda planificación de obra bajo la metodología Lean Construction está basada de esta manera:

Figura 13. Estructura de la Planificación según Lean Construction.



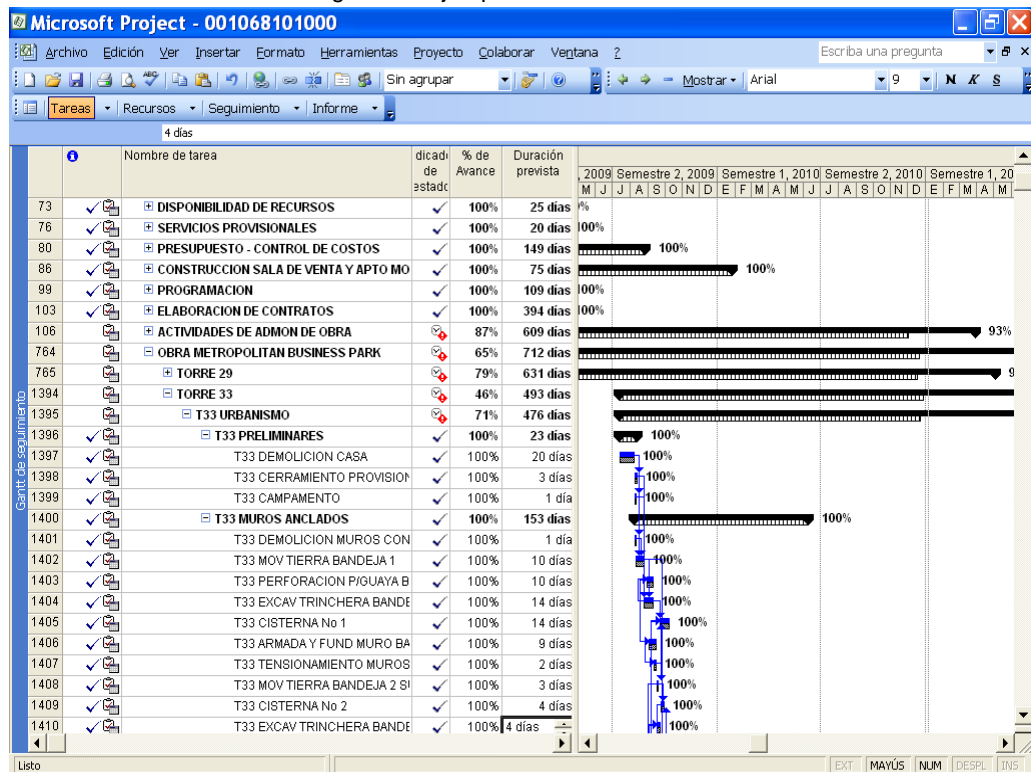
Fuente: BOTERO BOTERO, Luis Fernando. Sistema Last Planner. [diapositiva20].

Toda obra constructiva parte de un Plan Maestro (Workflow) en donde se realiza la programación general de obra con tiempos, recursos y restricciones a largo plazo, generalmente esta bajo una Dirección (ver Figura 14. Estructura de la Planificación según Lean Construction). Pero de manera táctica, se realiza la Programación Intermedia (Look Ahead) en donde se realiza la programación a seis o cinco semanas basada en el Plan Maestro prediciendo las posibles restricciones de mano de obra, materiales y equipos, prerequisites, contrataciones, etc. que se puedan presentar en el mediano plazo, con el ánimo de liberarlas para que se puedan completar las actividades sin ningún inconveniente reduciendo de manera considerable la incertidumbre. Adicional a esto, se realiza de manera consecutiva la programación Semanal o Last Planner (Ultimo Planificador), en donde se asignan las actividades de la planificación intermedia de manera específica para dar cumplimiento al plan maestro.

13.4.1 Plan Maestro (Workflow)

El plan Maestro o Workflow es la Planificación General de la Obra a desarrollarse, liderado por el equipo de Dirección de Obra y su objetivo es ser la guía para desarrollar las actividades constructivas sin perder el rumbo. El Workflow además, permite planificar las actividades de la planeación intermedia y por supuesto de las actividades semanales. Esta programación se realiza en software, lo mas utilizado es en la aplicación Project de Windows Office, donde permite tener mayor control y seguimiento del mismo. (Ver Figura 14. Ejemplo Estructura WorkFlow)

Figura 14. Ejemplo Estructura Workflow



Fuente: Workflow Metropolitan Business Park. Marval S.A

13.4.2 Planificación Intermedia (Look Ahead)

Corresponde al segundo nivel de la jerarquía en la planificación, y le sigue la planificación inicial, de la cual se deriva el plan maestro y antecede a la planificación compromiso, que genera el plan de trabajo semanal (Last Planner).

- La planificación intermedia abarca intervalos de 5 a 6 semanas. (Mediano Plazo)
- Las actividades son exploradas con más detalle, lo cual permite determinar las subtareas para su ejecución, y que pueden entenderse como prerequisites de

trabajo, directrices o recursos necesarios para su realización, que se conocen como **restricciones**. (Ver Anexo E. Implementación de la Planificación Intermedia en las Obras de la empresa Marval S.A)

- Una vez éstas se determinan, las actividades deben someterse al proceso de preparación, donde las restricciones son eliminadas, dejando la actividad lista para ser ejecutada
- En Marval S.A, la planificación se realiza bajo el registro R-ING 130 (Formato de Planificación Intermedia)

Figura 16. Ejemplo Estructura Planificación Intermedia R-ING 130

PLANIFICACION INTERMEDIA (LOOK AHEAD)										METROPOLITAN BUSINESS PARK														
Elaborado por: Inq. Andrés Lencinas					Fecha Inicio: 30-11-10					DESCRIPCION Y SEGUIMIENTO DE LOS REQUISITOS PARA EL DE														
Revisado: Inq. Jorge Sandoval - Inq. Carolina Reatequi - Inq. D.					Fecha Termina: 12-1-11																			
ACTIVIDADES										MATERIALES														
Et.	Descripción de la Actividad	Unid.	DURACION DE LA ACTIVIDAD			Total	MATERIALES						HERRAMIENTAS Y EQUIPOS						DISEÑOS					
			Inicio	Fin	Total		Seguimiento		Descripción		Seguimiento		Descripción		Seguimiento									
69	T23 EST DRYWALL CIRC P5 a P20	m2	15-12-10	31-12-10	16																			
70	T23 LAMINA DRYWALL CIRC PF P5-P20	m2	31-12-10	30-01-11	30																			
71	MUROS OFICINAS MARVAL P18	m2	20-12-10	26-12-10	6														DISEÑOS OFICINAS MARVAL					
72	MUROS OFICINAS MARVAL P19	m2	26-12-10	01-01-11	6														DISEÑOS OFICINAS MARVAL					
73	MUROS OFICINAS MARVAL P20	M2	01-01-11	07-01-11	6														DISEÑOS OFICINAS MARVAL					
74	T23 ESTRUCTURA DRYWALL P55 A 17 OFICINAS	M2	15-12-10	30-12-10	15																			
75	T23 LAMINA DRYWALL P55 P5 17 OFICINAS	M2	30-12-10	23-01-11	30																			
76																								
77	PINTURA SAN DESCOLGADA	M2	23-11-10	14-12-10	15																			
78	T23 GRANIFLAST FACHADA NORTE	M2	06-12-10	16-12-10	10																			
79	T23 GRANIFLAST FACHADA SUR	M2	06-12-10	26-12-10	20																			
80	T23 PINTURA PASAMANOS	M2																						
81	Escaleres Escaleras PF. 16 A 6	M2	06-12-10	24-12-10	18														PASAMANOS ESCALERAS					
82	MORTERO PISO 1	M2	20-12-10	19-01-11	30																			
83	Inicio Mortero Cuarto Maquinas	M2	20-12-10	25-12-10	5																			
84	T23 PORCELANATO VC PF P11-P12	M2	06-12-10	09-12-10	3														CERAMICA W.C					
85	T23 PORCELANATO VC PF P13-P14	M2	09-12-10	12-12-10	3														CERAMICA W.C					
86	T23 PORCELANATO VC PF P15-P16	M2	12-12-10	15-12-10	3														CERAMICA W.C					
87	T23 PORCELANATO VC PF P17-P18	M2	15-12-10	18-12-10	3														CERAMICA W.C					
88	T23 PORCELANATO VC PF P19	M2	18-12-10	21-12-10	3														CERAMICA W.C					
89																								
91	Enchape Salon Social Piso 5	m2	20-12-10	26-12-10	6																			
92	Enchape Terraza Piso 6	m2	20-12-10	26-12-10	6														IMPERMEABILIZACION					
93	Enchape Terraza Piso 12	m2	26-12-10	01-01-11	6														IMPERMEABILIZACION					
94	Enchape Terraza Piso 18	m2	01-01-11	07-01-11	6														IMPERMEABILIZACION					
95	Enchape Cuartos Punto Fijo Piso 5 a Piso 10	m2	06-12-10	09-12-10	3																			
96	Enchape Cuartos Punto Fijo Piso 11 a piso 15	m2	09/12/10	12-12-10	3																			
97	Enchape Cuartos Punto Fijo Piso 16 a piso 20	m2	12/12/10	18-12-10	6																			
98	Enchape Cuartos Basura T23	m2	06-12-10	12-12-10	6																			
99	Enchape Lobby T 23	m2	09-12-10	15-12-10	6																			
100	Enchape piso Taquilla	m2	12-12-10	18-12-10	6																			
101	Enchape Cuarto Celaduría T 23	m2	20-12-10	22-12-10	2																			
102	Porcelanato Salon Social Piso 5	M2	19-10-10	25-10-10	6																			

Fuente: Intermedia Metropolitan Business Park. Marval S.A

El Registro para llevar la planificación intermedia es el **R ING 130 REGISTRO DE PLANIFICACION INTERMEDIA LOOK AHEAD** (Ver figura 16. Ejemplo Estructura Planificación Intermedia R-ING 130), en donde de manera ordenada se desglosan para cada proceso constructivo en obra (Friso y Mampostería, Estructura, Pisos y enchapes, etc.) cada actividad con fecha de ejecución y si presenta una restricción (Material, Equipo, Mano de Obra, Diseños, Prerrequisitos, etc.) se señala en la columna correspondiente para llevar el seguimiento a las restricciones. De esta manera quedan programadas las actividades para las siguientes seis semanas de donde se basa el Último planificador o Last Planner.

13.4.3 Planificación Semanal (Last Planner)

Planificar adecuadamente se convierte en uno de los más efectivos métodos para incrementar la productividad, lo cual mejora la producción mediante la eliminación de esperas, se realizan las actividades en la secuencia más conveniente y coordina la interdependencia de las múltiples actividades por realizar.

En este nuevo sistema se introduce adicionalmente a la planificación general de la obra (plan maestro), realizando tradicionalmente, planificaciones intermedias y semanales y el seguimiento de lo planificado a través del indicador PAC (Porcentaje de asignaciones completadas).

El profesor Glenn Ballard, desarrollo conceptualmente el modelo denominado Ultimo Planificador (Last Planner), cuya finalidad es aumentar la confiabilidad, disminuyendo la incertidumbre de la planificación de los proyectos constructivos, que trae como consecuencia mejoras sustanciales en su desempeño.

El sistema Ultimo Planificador, se presenta de modo que ejemplifique el control como causante de que los eventos se ajusten a un plan, en contraposición al concepto tradicional de control de proyectos en términos de detección de varianzas después de los hechos.

Los controles de proyectos constructivos se han enfocado en detectar varianzas de los objetivos del proyecto tanto en costos como en programación y no han tratado directamente con la administración de la producción. El sistema Ultimo Planificador es una herramienta efectiva para mejorar la productividad de las unidades de producción que implementan sus procedimientos y técnicas.¹⁹

El sistema necesita medir el desempeño de cada plan de trabajo semanal para estimar su calidad de planificación. Esta medición, que es el primer paso para aprender de las fallas e implementar las mejoras, se realiza a través del Porcentaje de Asignaciones Completadas (PAC) que se es el número de realizaciones divididas por el número de asignaciones para una semana dada:

Ecuación 1. Porcentaje de Actividades Completadas (PAC)

$$PAC = \frac{N^{\circ} \text{ de Tareas Realizadas}}{N^{\circ} \text{ Total de Tareas Asignadas}}$$

Fuente: Autor

¹⁹ BOTERO, Luis Fernando. Guía de Mejoramiento Continuo para la productividad en la construcción de proyectos de vivienda (Lean Construction como estrategia de mejoramiento). En: Revista Universidad EAFIT. Enero, 2004. vol. 40, no. 13, p. 55

El PAC así evalúa hasta qué punto el Sistema de Last Planner permite anticiparse al trabajo que se haría en la semana siguiente. Es decir compara lo que será hecho según el plan de trabajo semanal, con lo que realmente fue hecho, reflejando así la fiabilidad del sistema de planificación.

- Un Excelente desempeño se sitúa por encima del **80%**;
- Un buen desempeño esta por entre el 60 y 80%
- Un desempeño pobre está por debajo del **60%**.

Equipos con experiencia en el sistema mantienen un desempeño por encima del 85% (Howell, 2002). Es necesario igualmente determinar las razones para el no cumplimiento de las asignaciones de trabajo. Esta acción proveerá información necesaria para el mejoramiento del PAC que traerá como resultado que el proyecto sea completado más eficientemente.

El sistema del último planificador pretende incrementar la calidad del plan de trabajo semanal (PTS), el cual cuando se combina con el proceso de planificación intermedia genera el control del flujo de trabajo. Algunas características comprometidas en la realización de planes acertados de trabajo semanal son las siguientes:

- La correcta selección de la secuencia del trabajo, de acuerdo con el plan maestro establecido, las estrategias de ejecución y la constructabilidad (características que hacen que un diseño pueda ser construido).
- La correcta cantidad de trabajo seleccionada, teniendo en cuenta la capacidad de trabajo de las cuadrillas que ejecutarán las actividades.
- La definición exacta del trabajo por realizar y que puede hacerse, es decir, la garantía de que todos los prerrequisitos se han ejecutado y que se cuenta con recursos disponibles para tal fin.²⁰

La planificación semanal del trabajo es la planificación con mayor nivel de detalle, antes de realizar un trabajo. La realizan los ingenieros residentes de obra y directores de obra.

El proceso consiste en definir las actividades y un programa de trabajo, antes de comenzar, de acuerdo a lo que debe hacerse. Las actividades se identifican, se calcula su duración y se organizan secuencialmente para servir de la mejor forma los objetivos del proyecto. Se asigna las cuadrillas para hacer lo que el programa dice que debe hacerse, los recursos se consideran disponibles cuando se necesiten.

²⁰ BOTERO, Luis Fernando. *Last Planner*, un avance en la planificación y control de proyectos de construcción. Estudio del caso de la ciudad de Medellín. Luis Fernando Botero Botero*, Martha Eugenia Álvarez Villa.

Después de que el programa ha sido determinado y el trabajo está en progreso, se reúnen los recursos de materiales y mano de obra, adhiriéndose estos al programa de la mejor forma posible. (Ver Anexo F. Planificación de las Actividades Constructivas a Realizar la siguiente semana.)

Figura 17. Ejemplo Estructura Planificación Semanal R-ING 129

PLANIFICACION SEMANAL - LAST PLANNER																
Fecha de Inicio		20-sep-10				Semana				4						
Fecha de Revisión		26-sep-10				Elaboró				ING. JORGESANDOVAL - ING. ANDRÉS LUENGAS						
Fecha de Culminación		26-sep-10				Versión				04						
Nº	UBICACIÓN	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	META		CUMPLIMIENTO	Causas de no Cumplimiento							Observación		
				Completado	Avanzado		Del Contratista		No imputable al Contratista							
							Falta de personal	Mala planeación	Olvído	Otros	Proveedor	Mano de obra - Equipos	Mal tiempo	Prerequisito	Falta de Diseños	Cambios de diseños
18	T33	PLACA PISO 6 EJE D'-A ENTRE 2'-5	SONIA MONTAÑEZ	100%	100%	1	1									
19	T33	VIGAS PISO 6 EJE D'-A ENTRE 5-7	SONIA MONTAÑEZ	100%	100%	1	1									
20	T33	COLUMNA PISO 6 C4-C3'	SONIA MONTAÑEZ	100%	100%	1	1									
CALIFICACION CONTRATISTA 1			SONIA MONTAÑEZ	90%	100%			0	0	0	0	1	0	0	0	0
31	T33	TERMINAR MAMP. LOBBY T33	CARLOS FONSECA	100%	80%	0									1	FALTA MURO B EJES A 7 PORT
32	T33	FRISO FACHADA INT. 14 - 11	CARLOS FONSECA	100%	100%	1	1									
33	T33	MAMP. OFICINA COMON PISO 2	CARLOS FONSECA	100%	100%	1	1									
34	T33	MAMP. EJE B - D 3° PISO 2	CARLOS FONSECA	100%	0%	0									1	RECALCE DE VIGA FACHADA
35	T33 Y T29	MOCHETAS PISO 1 TORRE 33	CARLOS FONSECA	100%	100%	1	1									
36	T29	BUITRONES P18 Y P19	CARLOS FONSECA	100%	80%	0									1	DISEÑOS ESCALERA
37	T29	MAMP. DUCTOS AIRE A P3 A P6	CARLOS FONSECA	100%	100%	1	1									

Fuente: RING 129. Planificación Semanal Metropolitan Business Park. Marval S.A

Para llevar a cabo este proceso, MARVAL S.A cuenta con un programa de Calificación y seguimiento a Contratistas llamado *R-ING 129 PLANIFICACIÓN SEMANAL LAST PLANNER* (Ver Figura 17). Es un programa en Excel en donde tiene capacidad para planificar las actividades por contratista de manera mensual y se despliega de manera semanal. Tiene la capacidad de poder programar hasta cinco semanas.

En la hoja del programa de Planificación Semanal (Ver figura 17. Visualización del Programa Last Planner) esta conformado por:

- a) **Fecha de Inicio:** Fecha de inicio de semana a calificar.
- b) **Fecha de Revisión:** Es la fecha en al cual se califica a contratistas.
- c) **Fecha de Culminación:** Es la fecha de cierre de semana.
- d) **Semana:** La semana en curso del mes.
- e) **Elaboró:** Ingenieros Directores de Obra, Ing. Residentes e Ing. Lean Construction quienes programan las actividades y digitan el documento.
- f) **Ubicación:** Lugar donde se realiza la actividad.

- g) Actividad:** Tarea asignada a los contratistas.
- h) Responsable:** Nombre del Contratista.
- i) Meta Comprometida:** Es el porcentaje el cual se compromete al contratista a cumplir.
- j) Meta Alcanzada:** Porcentaje real de cumplimiento de la actividad.
- k) Porcentaje de Actividades Completadas:** PAC del contratista (*Toma en cuenta las actividades con restricciones*).
- l) Carta Gantt Semanal:** Programación de cada día para asignarle a la actividad programada.
- m) Causas de No Cumplimiento:**
 - **Del Contratista**
 - Falta de Personal
 - Mala Planeación
 - Olvido
 - Otros
 - **No Imputadas al Contratista Proveedor**
 - Herramientas y Equipos
 - Mal Tiempo
 - Prerrequisito
 - Falta de Diseños
 - Cambio en Diseños

Para cada contratista se planifica hasta un máximo de veinte actividades por semana; cuando se presenta una causa no imputable al contratista el programa no toma en cuenta dicha actividad y calcula el PAC sin contar esta actividad. De manera que no le afecta al contratista la calificación semanal.

14. IMPLEMENTACIÓN METODOLÓGIA LEAN CONSTRUCCION EN LA OBRA

14.1 GENERALIDADES DE LA OBRA

- **NOMBRE:** *METROPOLITAN BUSINESS PARK – Centro de Negocios*
- **DIRECCIÓN:** Cr. 29 N° 45-55 Bucaramanga
- **ESPECIFICACIONES:** Dos Torres: Torre Cr. 29 y Torre Cr. 33. Tres sótanos de parqueadero; primer piso para cinco locales comerciales, local 101, 109 al 112; segundo, tercero y cuarto piso para parqueaderos, con un total de 198 cupos de parqueadero; quinto a decimo segundo piso para comercio de oficinas con 55 oficinas, cubierta en placa plana de concreto con un área total construida de 9.102,91m².

Figura 18. Render Obra Metropolitan Business Park



Fuente: Pagina institucional de Marval. Proyectos Bucaramanga. Disponible en línea: www.marval.com.co

14.2 ESTUDIO DE PÉRDIDAS EN ACTIVIDADES CONSTRUCTIVAS

14.2.1 TAMAÑO DE LA MUESTRA

El número de observaciones que se ha venido tomando para el estudio de pérdidas de las actividades constructivas en Marval S.A es de 240 muestras mensuales, las cuales son ingresadas al Programa de Perdidas para lograr los resultados.

Este tamaño de muestra se fundamenta cuando la Q poblacional es desconocida:²¹

$$n = \frac{(Z_{\alpha})^2 \times (p) \times (q)}{E^2}$$

n= Tamaño de la muestra a estudiar

Z_α= Confianza del cálculo de la muestra

p= Probabilidad de realizar la medición

q= probabilidad de no realizar la medición

E= error de estimación

Existen dos posibilidades de medición:

- Realizar la medición de pérdidas. 50%
 - No llevar a cabo la medición de perdidas. 50%
- ✓ Se definió un nivel de confianza (1-α) del 95 % el cual se presenta un equilibrio entre el nivel de confianza y el nivel de precisión realizado para la muestra.
- ✓ El valor de la muestra (Z_α) es de 1,64 para un nivel de confianza del 95%
- ✓ El error de estimación queda determinado en un 5% de la muestra, con esto se tiene:

p= 50%	45% Nivel mínimo de probabilidad de realizar la medición
	55% Nivel Máximo de probabilidad de realizar la medición
q= 50%	45% Nivel mínimo de probabilidad de no realizar la medición
	55% Nivel Máximo de probabilidad de no realizar la medición

²¹ ARAQUE, Gustavo. Planeación E Implementación De La Filosofía Lean Construction En Base Al Estudio De Pérdidas Y Aplicación Del Sistema Last Planner En Un Proyecto Constructivo De La Empresa Marval S.A. Bucaramanga: Universidad Pontificia Bolivariana. Facultad de Ingeniería y Administración. Facultad de Ingeniería Industrial, 2010.

14.2.1.1 Cálculo de tamaño de muestra para la Obra Metropolitan Business Park

$$n = \frac{(1,64)^2 * (0,5) * (0,5)}{(0,05)^2}$$

$$n = 269$$

Según el estudio, se estima un tamaño de muestra de 269 observaciones, sin embargo, se toman las 240 muestras por las siguientes razones:

- ✓ Se descartan 29 datos como aquellos datos anormales que no generan valor estadístico a la muestra total, esto debido a que en el momento de la toma de los 5 minutos la persona observada realizaba actividades que no son relacionadas con el proceso constructivo al que representa. Ejemplo: Reuniones extra de la cuadrilla con el contra maestro, descansos de media mañana y media tarde, abandono de la actividad sin justificación, etc.
- ✓ Para poder comparar mensualmente los estudios de pérdida de estructura, fue necesario estandarizar el número de observaciones por subactividad para que los datos sean más de referencia y se puedan comparar mes a mes y poder generar análisis y mejoras más asertivas.
- ✓ El ideal del estudio era realizar la medición de pérdidas basado en un análisis de los datos con un nivel de confianza del 95% (valor estándar de 1,64). Si se disminuye este nivel de confianza en un 1% se puede encontrar que la muestra ideal de los datos es de 241 observaciones, lo cual fue aceptado por la distribución homogénea de exactitud y confianza necesaria para los datos estudiados.²²

Con esta fundamentación estadística, y gracias a estudios anteriores de Lean Construction en la empresa Marval S.A, se define para el estudio de pérdidas en la obra el número de observaciones estándar y así poder no solo comparar mes a mes las pérdidas de la obra, si no también, comparar entre las mismas obras para promover el mejoramiento continuo.

²² ARAQUE, Gustavo. Planeación E Implementación De La Filosofía Lean Construction En Base Al Estudio De Pérdidas Y Aplicación Del Sistema Last Planner En Un Proyecto Constructivo De La Empresa Marval S.A. Bucaramanga: Universidad Pontificia Bolivariana. Facultad de Ingeniería y Administración. Facultad de Ingeniería Industrial, 2010

14.2.2 MEDICIÓN DE PÉRDIDAS MENSUALES

Metropolitan Business Park al ser un proyecto especial de oficinas, cuenta con un sistema de construcción de estructura diferente a la de vivienda. Metropolitan esta construido por el sistema de construcción tipo tradicional, con él se realizan construcciones nobles, durables y sólidas. Este tipo de construcción es lenta, pesada y por consiguiente más costosa.

El estudio de pérdidas se inicio en Metropolitan en las actividades de estructura debido a la importancia de tener registros estadísticos para la toma de decisiones y por ser la actividad que genera mayor avance en obra.

El sistema de construcción tipo tradicional presenta las siguientes actividades y subactividades:

Tabla 2. Actividades y Subactividades Sistema Constructivo Tipo Tradicional

ACTIVIDAD	SUBACTIVIDAD
Columna	Armado de Columna
	Encofrado de Columna
	Fundida de Columna
	Desencofrado de Columna
Pantalla	Armado de Pantalla
	Encofrado de Pantalla
	Fundida de Pantalla
	Desencofrado de Pantalla
Vigas	Armado de Vigas
	Embandada de Viga
Steel Deck	Encerchado y Entablarado
	Ensamble de Perlines
	Ensamble Riostra
	Soldadura de Riostra
	Instalación Corpalosa
	Soldadura de Corpalosa
	Instalación de Malla
	Fundida de Placa
	Desencofrado de Placa
Esc.	Armado de Escalera
	Fundida de Escalera

Fuente: Autor.

De las cuales se tomaron las siguientes subactividades para realizar el estudio de perdidas en las actividades constructivas, además se define el número de mediciones:

Tabla 3. Subactividades Estructura a Analizar

SUBACTIVIDAD	Nº OBSER.	SUBACTIVIDAD	Nº OBSER.
Encerchado	12	Armado hierro Vigas	24
Entablarado	12	Embandada Vigas	24
Armado Hierro columnas	24	Ensamble Riostra	12
Encofrado Columna	12	Soldadura Riostra	12
Fundida Columna	12	Ensamble Corpalosa	12
Armado Hierro Pantalla	24	Soldadura Conectores	12
Encofrado Pantalla	12	Instalación Malla	12
Fundida de Pantalla	12	Fundida de Placa	12

Fuente: Autor.

La metodología a seguir para la toma de medición de tiempos se realiza de la siguiente manera:

1. Se identifican las diferentes actividades que se quiere medir en cuanto a pérdidas. Por lo general se tienen en cuenta las actividades más relevantes dentro del proceso constructivo: Estructura, mampostería, friso, estuco y mortero de pisos. Además puede cambiar según las necesidades de obra.
2. En el caso de Marval S.A., se tiene establecida una muestra de 240 datos. Ya con estos datos se distribuye a las actividades constructivas de manera proporcionada para cada subactividad.
3. Se procede a realizar las mediciones en campo con cronometro, tabla y lapicero para la toma de datos. Estos a su vez son diligenciados en el Formato de Medición de Perdidas. Cada muestra tiene una duración de 5 minutos. Esto quiere decir que se realiza la medición de perdidas cada 5 minutos al trabajador y se identifican las diferentes actividades y tiempos respectivos en este intervalo de tiempo. El formato de pérdidas presenta tres columnas: tiempo contributivo, tiempo no contributivo y tiempo productivo en donde son registrados los tiempos según la clasificación. (Anexo B. Formato medición de Perdidas- Prueba 5 min)
4. Una vez identificados los tiempos (productivos, contributivos y no contributivos), se determina qué tipo de criterios fueron los registrados en la muestra. Los diferentes criterios para las actividades constructivas se presentan a continuación(Anexo C. Criterios de calificación de tiempos contributivos y no contributivos)
5. Los datos son archivados en la macro de medición de pérdidas. La macro de pérdidas es un comando sistemático de tabulación de datos estadísticos en donde

se registran los datos de entrada de las diferentes mediciones realizadas para la prueba de 5 minutos.

- Por último, al analizar los resultados, se comparan los datos con unos valores establecidos por Lean Construction que permiten hacer un punto de comparación y corregirlos de manera inmediata. Estos criterios son los siguientes:

Tabla 4. Criterios de calificación para los resultados obtenidos en el análisis de pérdidas

TIEMPO	META		
	MÍNIMO	SATISFACTORIO	SOBRESALIENTE
PRODUCTIVO	50%	55%	60%
CONTRIBUTIVO	35%	30%	25%
NO CONTRIBUTIVO	20%	15%	10%

Fuente: BOTERO, Luis Fernando (2002). Mejoramiento de la productividad en proyectos de vivienda, a través de la filosofía lean Construction (construcción sin pérdidas). Universidad EAFIT. Medellín.

14.2.2.1 Reporte Perdidas Mes de agosto de 2010

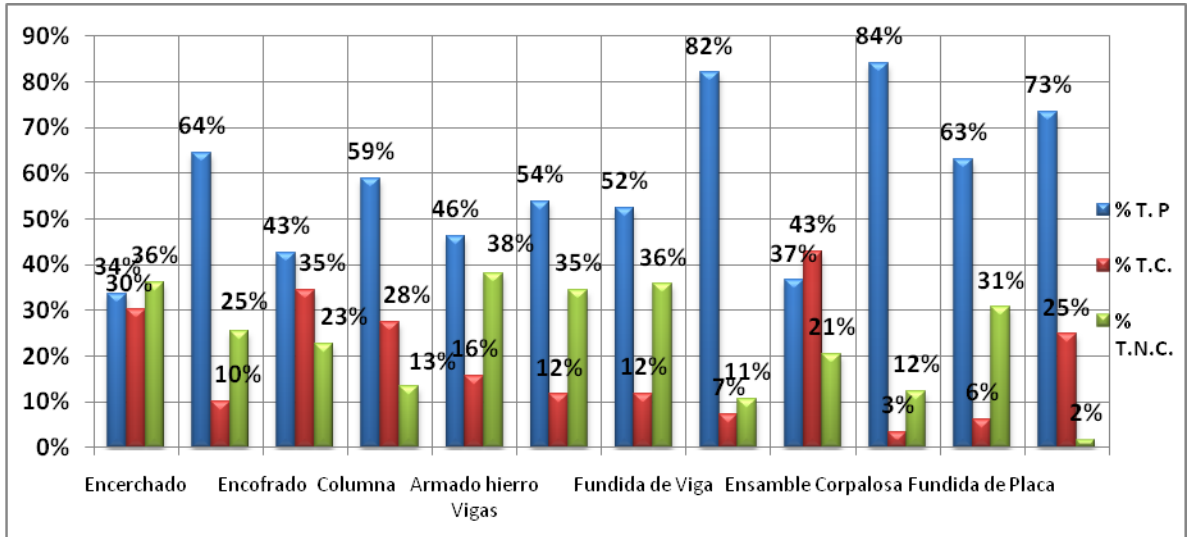
Figura 19. Determinación de Perdidas General Mes de Agosto



Fuente: Universidad EAFIT. Programa de medición de pérdidas (Disco). Versión para MARVAL S.A. Medellín, Colombia: Ballard G. 2000 software.

En el mes de agosto se presentó un tiempo productivo del 55%, tiempo No contributivo del 27% y tiempo Contributivo del 18% (Ver Figura 19. Determinación de Perdidas General Mes de Agosto). En los tiempos por subactividades, se evidencia los tiempos productivos altos en las subactividades de soldadura de riostra y conectores, 82% y 84% respectivamente, agregando también los tiempos productivos de la fundida de placa con un 73%. Se observa de igual manera la baja productividad del encerchado y entablado con un 36% de tiempo No contributivo superando el tiempo productivo. (Ver Figura 20. Determinación de pérdidas para las actividades constructivas Agosto 2010)

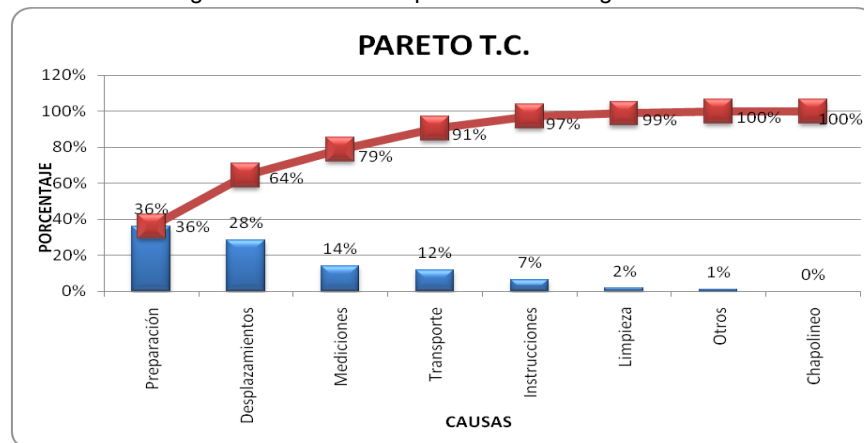
Figura 20. Determinación de pérdidas para las actividades constructivas de estructura Agosto 2010



Fuente: DEPARTAMENTO DE SISTEMAS DE GESTIÓN. Programa de medición de tiempos por actividad (disco). Versión para MARVAL S.A. Bucaramanga, Colombia: Puentes I. 2009 Software.

14.2.2.1.1 Causas de los tiempos Contributivos (TC)

Figura 21. Pareto Tiempo Contributivo Agosto 2010



Fuente: Universidad EAFIT. Programa de medición de pérdidas (Disco). Versión para MARVAL S.A. Medellín, Colombia: Ballard G. 2000 software.

Las principales causas de los tiempos contributivos fueron la Preparación con un 36% y los desplazamientos con un 28%. (Ver Figura 21. Pareto Tiempo Contributivo Agosto 2010). A continuación se explican las causas:

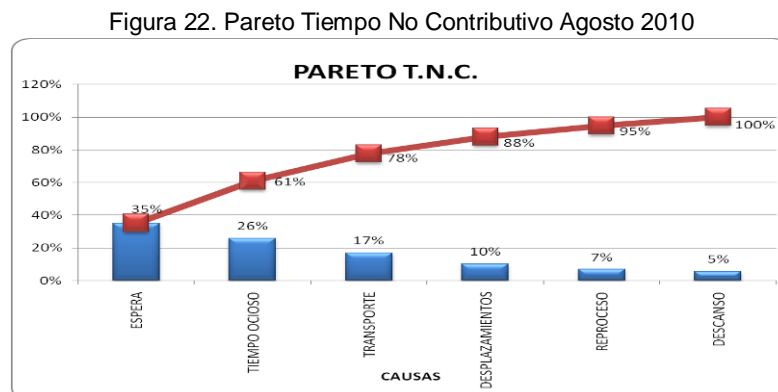
- **PREPARACIÓN:** Representa el 36 % de las causas. Se presenta principalmente en las preparaciones de formleta para encofrado de pantallas y columnas, se deben limpiar, se quita el escombro de concreto y se recubre con ACPM. También en la

Embandada se realiza la preparación previa de formaleta para las vigas donde se realiza el mismo procedimiento.

- **DESPLAZAMIENTOS:** Debido a la restricción de espacio para desarrollar las actividades constructivas en la placa de la Torre 33, en el encofrado de columnas y pantallas así como también en la Embandada de vigas, la formaleta se deja en espacios donde no interfiera en otras actividades y en paso de personal, por este motivo se generan desplazamientos para la traída de material.
- **MEDICIONES:** Mediciones en las actividades de armado de hierro y Embandada de vigas principalmente debido a que sólo se está trabajando con un oficial y cuatro ayudantes en promedio por cuadrilla, esto hace que el oficial esté en constante medición para el armado de vigas indicándole a los ayudantes las medidas de armado de flejes en el hierro recto de las vigas. También en la Embandada se generan constantemente mediciones ocasionadas por el volumen de taponos y remiendos que se deben hacer a las vigas, es un proceso de cuidado pues de lo contrario se desperdicia concreto y se generan reprocesas al momento de la fundida.
- **TRANSPORTE:** Transporte de Materiales (hierro recto, hierro figurado, concreto) hasta los puntos de trabajo en la construcción. Transporte de las herramientas implementadas para los procesos de construcción (parales, formaleta, crucetas, tablonos, remiendos de carpintería, madera para embandada de vigas).

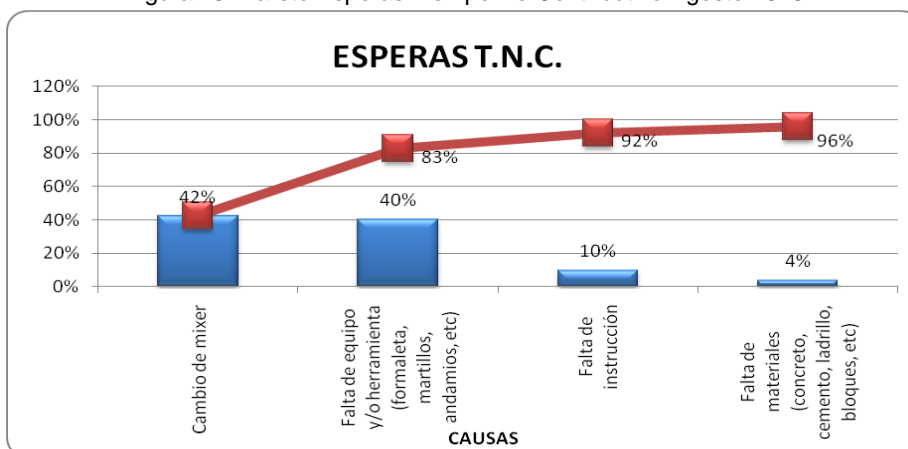
14.2.2.1.2 Causas de los Tiempos No Contributivos (TNC)

Los tiempos No Contributivos estuvieron encabezados por las Esperas 35% (Cambio de Mixer (42%) entre fundidas de placa, vigas y columnas y la falta de equipos y herramientas (40%). (Ver Figura 22. Pareto Tiempo No Contributivo Agosto 2010 y Figura 25. Pareto Esperas Tiempo No Contributivo Agosto 2010)



Fuente: Universidad EAFIT. Programa de medición de pérdidas (Disco). Versión para MARVAL S.A. Medellín, Colombia: Ballard G. 2000 software.

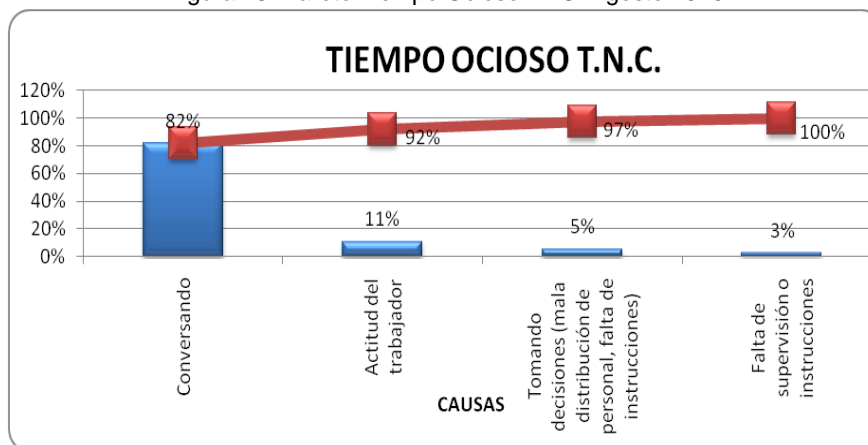
Figura 23. Pareto Esperas Tiempo No Contributivo Agosto 2010



Fuente: Universidad EAFIT. Programa de medición de pérdidas (Disco). Versión para MARVAL S.A. Medellín, Colombia: Ballard G. 2000 software.

Las conversaciones lideran el tiempo ocioso que se presenta en la placa con un 82%. (Ver figura 26. Pareto Tiempo Ocioso TNC Agosto 2010). Varios obreros dedican parte del tiempo a conversar mientras se trabaja, ya sea por celular o entre ellos mismos.

Figura 26. Pareto Tiempo Ocioso TNC Agosto 2010



Fuente: Universidad EAFIT. Programa de medición de pérdidas (Disco). Versión para MARVAL S.A. Medellín, Colombia: Ballard G. 2000 software.

A continuación se explican las principales causas de tiempos no contributivos:

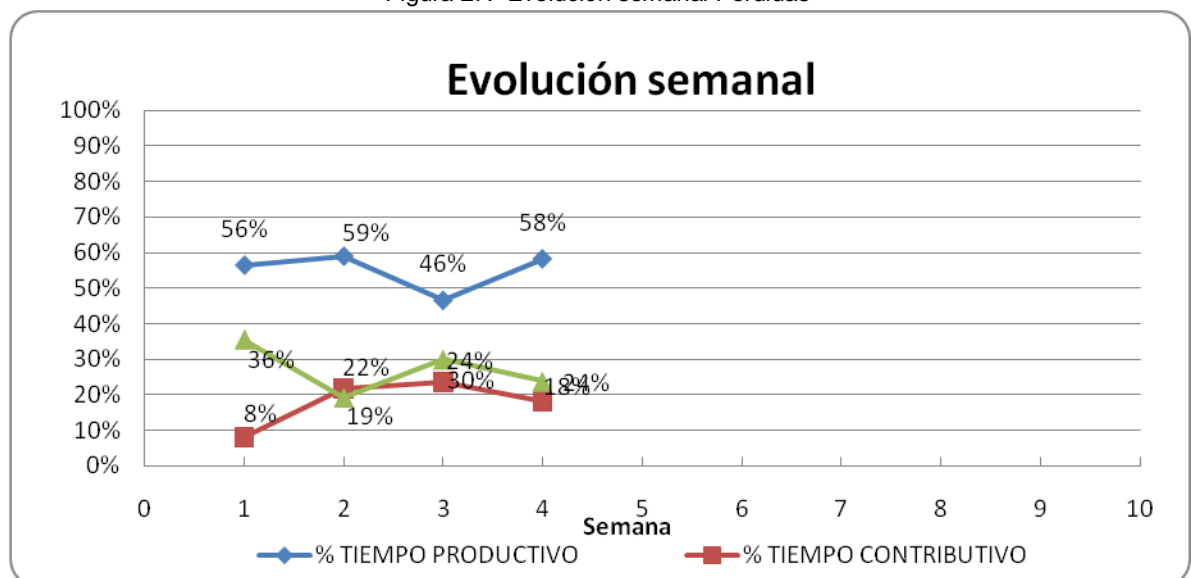
- **ESPERA** Esperas por cambio de Mixer en las fundidas de viga, placa y columnas. En promedio la demora es de 20 min. También hay esperas por falta de equipo (formaleta, parales, andamios, tablonces, cerchas) debido al daño en la torre grúa en tres oportunidades en el mes.
- **TIEMPO OCIOSO:** Tiempo ocioso generado por las conversaciones entre los obreros cuando realizan la actividad. Falta de supervisión y control para evitar pérdidas de

tiempo. Había una restricción en las placas de los pisos de parqueaderos (Piso 1, 2, 3, y 4), las fundidas se debían realizar en horas de la mañana por motivo de los ruidos a los vecinos ocasionados por la pulida de placa, lo que no permitía que se avanzara normalmente las actividades. Esto permitía a los obreros tuvieran más tiempo de ocio durante el día.

- **TRANSPORTE:** Transporte de materiales y equipos se incrementan en el momento en que se daña la torre grúa. Se instaló un malacate para suplir de algunos de los materiales y equipos para la placa pero sin embargo generó pérdidas en tiempo en transporte de materiales de Piso 1 a Piso 3 y 4. Cabe resaltar que las condiciones de espacio en la obra son muy limitadas, lo que incrementaba estos tiempos de transporte.
- **DESPLAZAMIENTOS:** Desplazamientos por parte de los embandadores de viga, deben atravesar toda la placa para llegar al sitio donde realizan los tapones y remiendos (Carpintería) y luego regresar a donde se realiza la actividad. La falta de recursos genera desplazamientos en la actividad de encerchado y entarimado, no suben el equipo necesario para continuar con la actividad, si no que bajan constantemente al piso anterior para traer parales y cerchas. El daño en torre grúa afectó este criterio, los armadores de hierro debían desplazarse a Piso 1 para la traída de hierro figurado y recto.

14.2.2.1.3 Evolución semanal Pérdidas

Figura 27. Evolución semanal Pérdidas



Fuente: Universidad EAFIT. Programa de medición de pérdidas (Disco). Versión para MARVAL S.A. Medellín, Colombia: Ballard G. 2000 software.

En el mes de Agosto, las cuatro semanas presentaron niveles de tiempos productivos superiores a los No contributivos y Contributivos. En la semana cuatro se presento un leve disminución del tiempo productivo, esto debido especialmente al daño de la torre grúa en esta semana lo que afecta la productividad de las actividades de obra, los materiales se demoran en ser transportados a los pisos solicitados, la fundida de placa se retrasa y es necesario la ayuda de ayudantes de obra.

14.2.2.1.4 Plan de Acción - Eliminación y/o Reducción de las Fuentes de Pérdidas Agosto.

Tabla 5. Plan de Acción Agosto.

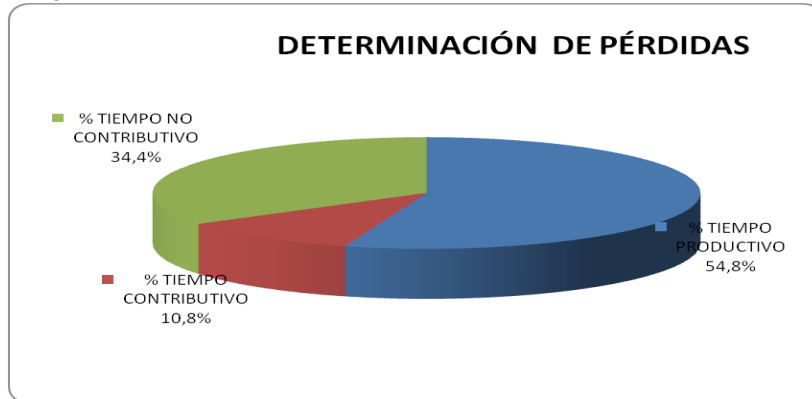
ACTIVIDAD	CAUSA DE PÉRDIDA	DESCRIPCIÓN	ACCION A MPLEMENTAR	FECHA
ENCERCHADO Y ENTARIMADO	DESPLAZAMIENTOS	Paro de la actividad por no alistar de manera oportuna el equipo (cerchas y parales)	Se hablará con la cuadrilla en presencia del Contra maestro para establecer un tiempo al inicio de actividades y dejar listo el equipo necesario para darle avance a la obra y no hacer detenciones frecuentes.	15-ago
TODAS	ORDEN Y ASEO EN EL LUGAR DE TRABAJO	El poco espacio en la placa de la torre 33 dificulta el desplazamiento de los obreros y afecta el rendimiento de las actividades si no se ordenan los equipos y materiales utilizados.	Se organizará en las placas un espacio especial para la movilidad de obreros, se hablará con las cuadrillas de encofrado de columnas y pantallas para que no dejen regueros de formaleta, parales, chapetas, corbatas entre otros y no interrumpa las actividades de encerchado.	20-ago
FUNDIDA DE PLACA, COLUMNAS Y PANTALLAS	ESPERA DE MIXER	Prolongados tiempos de espera ocasionados por la llegada del mixer a la obra.	Se realizará un formato para llevar el control de la programación de Holcim, se hablará con el Ing. Residente de estructura para reducir los tiempos de pedido de confirmes y que la programación semanal sea acorde al rendimiento que se realiza por placa logrando reducir la incertidumbre y por consiguiente las pérdidas en tiempo de fundida. Con el formato de seguimiento a Holcim se evaluará semanalmente el	25-ago

			servicio y se harán las respectivas recomendaciones a Holcim directamente logrando un mejor servicio y cumplimiento.	
TODAS	ESPERAS , DESPLAZAMIENTOS, TRANSPORTE	Falta de mantenimiento a equipos (Torre Groa) para evitar daños posteriores y pérdidas en tiempos.	Con el Ing. Residente de Obra y el Ing. De Compras, gestionar el mantenimiento preventivo a maquinaria pesada de Marval, estableciendo fechas y llevando el registro de mantenimiento según los formatos de la empresa. Desarrollar una cultura de prevención y no de reacción a eventos que puedan ocurrir a los operarios de maquinaria y a la administración de la obra en general.	01-sep
EMBANDADA DE VIGAS	TRANSPORTE, DESPLAZAMIENTOS	Debido a la iniciativa de aprovechar la madera que queda en buen estado en los anteriores procesos de estructura y reciclarla para los pisos posteriores, ha incremento el desplazamiento y transporte de material	Seleccionar de manera oportuna la madera que de cierta forma está en buen estado para posterior uso en placas T33. Hablar con los contratistas para bajar todo el material que se encuentra en los pisos superiores de la 29 y ubicarla en un sitio cercano a donde se realiza la actividad.	01-sep
TODAS	ESPERAS	La Falta de definición de los procesos constructivo placas T 33 genera tiempos ociosos y afecta el rendimiento de obra.	Se realizará un comité en dónde se establezca el orden de construcción para la Torre 33 y se definan cuadrillas necesarias, tiempos de ejecución, fundidas de concreto, etc. Y lograr desarrollar una modelo de construcción que ayude a reducir los tiempos no contributivos. Todos estos análisis fundamentados en un seguimiento estadístico de los procesos constructivos.	01-sep

Fuente: Autor.

14.2.2.2 Reporte Perdidas Mes de septiembre de 2010

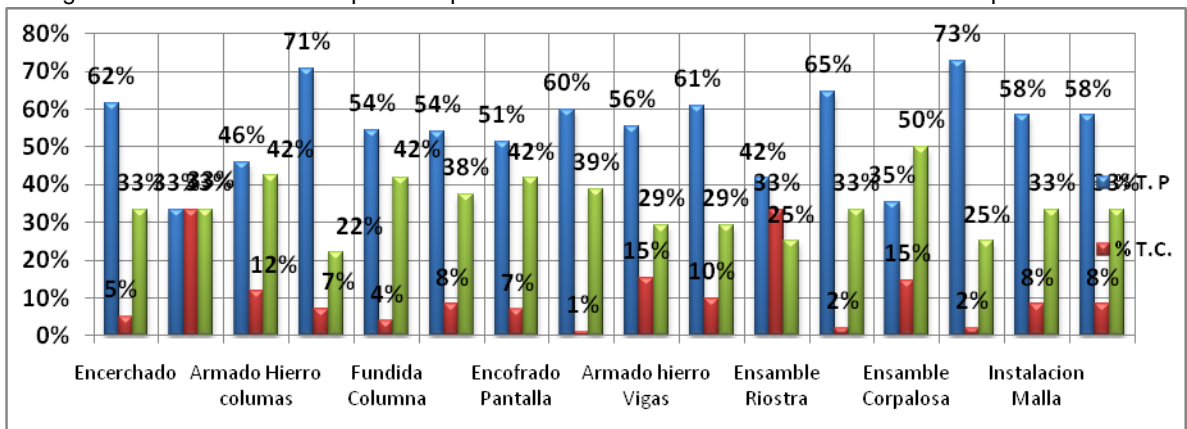
Figura 28. Determinación de Pérdidas General Mes de Septiembre 2010



Fuente: Universidad EAFIT. Programa de medición de pérdidas (Disco). Versión para MARVAL S.A. Medellín, Colombia: Ballard G. 2000 software.

En el mes de septiembre se presentó un tiempo productivo del 54.8%, tiempo No contributivo del 34.4% y tiempo Contributivo del 10% (Ver Figura 28. Determinación de Pérdidas General Mes de Septiembre). En los tiempos por subactividades, se evidencia los tiempos productivos altos en las subactividades de soldadura de riostra y conectores, 73% y 65% respectivamente, agregando también los tiempos productivos de encofrado de columna con 71% y el encerchado y entablado con un 62%. Se observa de igual manera la baja productividad del entablado con un 33% de tiempo No contributivo (Ver Figura 29. Determinación de pérdidas para las actividades constructivas de estructura Septiembre 2010).

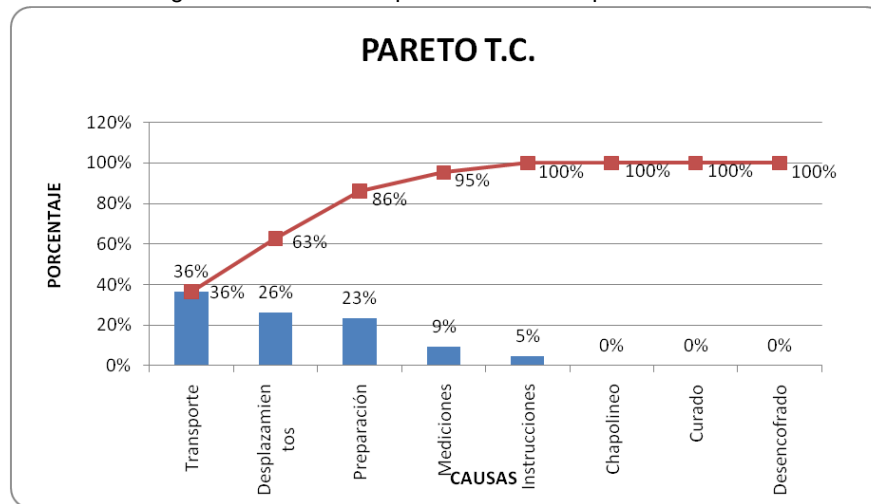
Figura 29. Determinación de pérdidas para las actividades constructivas de estructura Septiembre 2010



Fuente: DEPARTAMENTO DE SISTEMAS DE GESTIÓN. Programa de medición de tiempos por actividad (disco). Versión para MARVAL S.A. Bucaramanga, Colombia: Puentes I. 2009 Software.

14.2.2.2.1 Causas de los tiempos contributivos Septiembre 2010

Figura 30. Pareto Tiempo Contributivo Septiembre 2010



Fuente: Universidad EAFIT. Programa de medición de pérdidas (Disco). Versión para MARVAL S.A. Medellín, Colombia: Ballard G. 2000 software.

Las principales causas de los tiempos contributivos fueron el Transporte con un 36% y los desplazamientos con un 26% y la preparación con un 23% respectivamente. (Ver Figura 30. Pareto Tiempo Contributivo Septiembre 2010)). A continuación se explican las principales causas de tiempos contributivos:

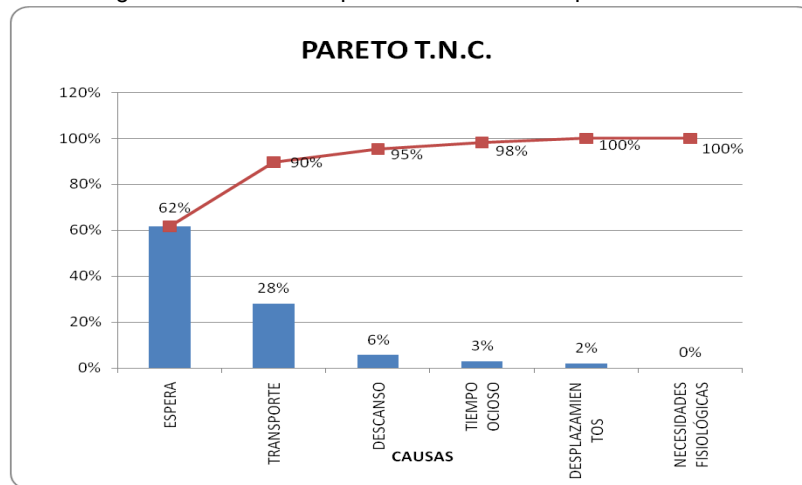
- **TRANSPORTE:** El transporte de material y equipo (Hierro, formaleta, parales, cerchas, tablonés, corpalosa, perlines y riostras) se presenta debido a los daños ocurridos en la Torre grúa el cual incrementa los tiempos en traslado de material.
- **DESPLAZAMIENTOS:** Se generan tiempos en desplazamientos debido al poco espacio que hay en la placa de la T-33, esto sumado al desorden de las cuadrillas al no ubicar el material de forma ordenada para que las actividades sean más productivas y no se pierda tiempo en desplazamientos.
- **PREPARACIÓN:** Preparación de formaleta para las vigas, columnas y pantallas. También se presentan tiempos de preparación de herramienta en actividades de encerchado y entablado se dedican aproximadamente 3 horas al día para preparar las cerchas, parales y tableros.
- **MEDICIONES:** Es la principal causa de tiempo contributivo en las actividades de armado y embandada de viga. Se presentan tiempos contributivos cuando se hacen los tapones y remiendos para la embandada de las vigas. Además un factor que incide en los tiempos es el hecho de sólo contar con un oficial en una cuadrilla de 6 personas

para el amarre de hierro, el oficial debe dedicar gran parte del tiempo al momento de iniciar la actividad en hacer las respectivas mediciones.

14.2.2.2 Causas de los Tiempos No Contributivos (TNC)

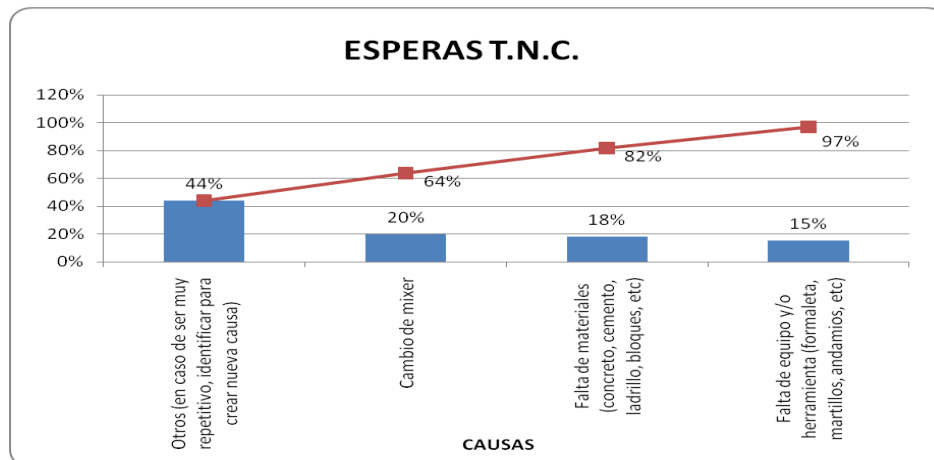
Los tiempos No Contributivos estuvieron encabezados por las Esperas 62% (Daños en torre Grúa (44%) (Ver Figura 31. Pareto Tiempo No Contributivo Septiembre 2010 y Figura 32. Pareto Esperas Tiempo No Contributivo Septiembre 2010)

Figura 31. Pareto Tiempo No Contributivo Septiembre 2010



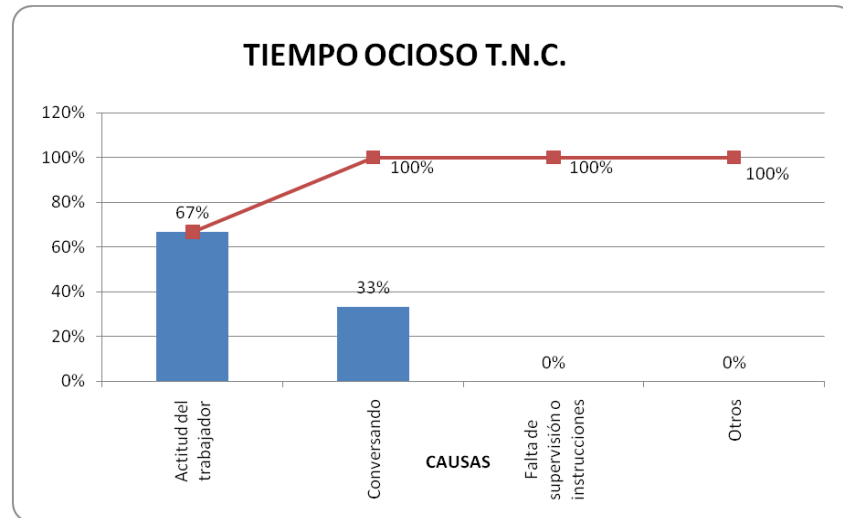
Fuente: Universidad EAFIT. Programa de medición de pérdidas (Disco). Versión para MARVAL S.A. Medellín, Colombia: Ballard G. 2000

Figura 32. Pareto Tiempo No Contributivo Septiembre 2010



Fuente: Universidad EAFIT. Programa de medición de pérdidas (Disco). Versión para MARVAL S.A. Medellín, Colombia: Ballard G. 2000

Figura 33. Pareto Tiempo No Contributivo Septiembre 2010



Fuente: Universidad EAFIT. Programa de medición de pérdidas (Disco). Versión para MARVAL S.A. Medellín, Colombia: Ballard G. 2000

Las actitud del trabajador lidera la causa del el tiempo ocioso que se presenta en la placa con un 67%. Trabajos a medio terminar, y ciertos trabajadores no escabuchan las indicaciones del contra maestro para mejorar, corregir y hace incrementar los tiempos no contributivos por reprocesas. A continuación se explican las causas de los tiempos no contributivos:

- **ESPERA:** Esperas generadas por los daños en la torre grúa en todas las actividades constructivas de estructura. Prácticamente las actividades se embotellan al no tener materiales, equipos y herramientas en el momento en que se necesitan. Es clave la torre grúa para que las actividades puedan desarrollarse normalmente. Otro factor que se suma a las esperas es el hecho de tener demoras en las entregas de materiales por parte de los proveedores. La última semana de septiembre se presentó demora en la llegada de Perlines y Corpalosa por parte de Corpacero. Generó 8 días de atraso en las actividades de placa. Lo que significa en pérdidas 990 horas hombre (15 obreros, 8 horas diarias). Cabe resaltar que se hicieron cambios de diseños en corpalosa a último momento.
- **TRANSPORTE:** Debido a los daños en la Torre Grúa, se generan tiempos en transporte de material en las cuadrillas que pueden seguir trabajando en placa (Armado de Vigas, Embandada de Vigas, encerchado y entablado). Adicional a esto, se incrementan los tiempos en transporte por el desorden en los fondos de madera lo que impide el paso de trabajadores, es importante despejar estas zonas

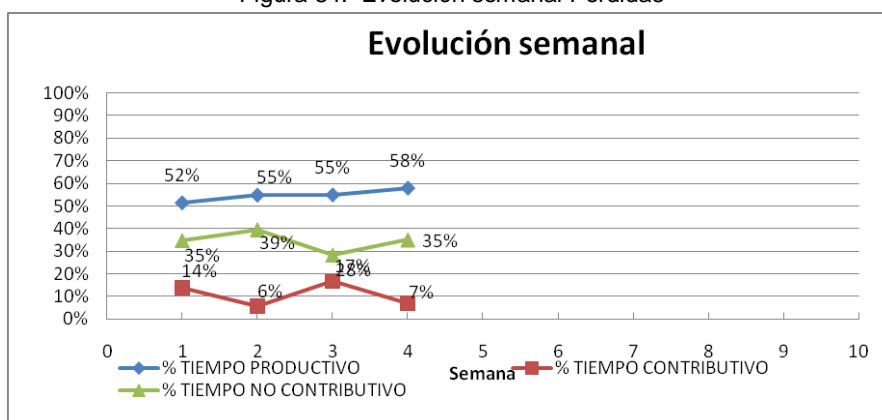
(que son muy reducidas) de paso pues las condiciones de la placa limitan el espacio de trabajo.

- **DESCANSO:** Agotamiento de los obreros principalmente ocasionado por el trabajo de más que deben realizar al transportar material ocasionado por los daños en la torre grúa.

14.2.2.2.3 Evolución semanal Pérdidas

En el mes de octubre, las cuatro semanas presentaron niveles de tiempos productivos superiores a los No contributivos y Contributivos. Se presentó un incremento constante durante las cuatro semanas, llegando a un 58% la semana 4. Sin embargo se está presentando un porcentaje de tiempo No contributivo considerable llegando al 39% la semana número 2. (Ver figura 34. Evolución semanal Pérdidas)

Figura 34. Evolución semanal Pérdidas



Fuente: Universidad EAFIT. Programa de medición de pérdidas (Disco). Versión para MARVAL S.A. Medellín, Colombia: Ballard G. 2000 software.

14.2.2.2.4 Plan de Acción - Eliminación y/o Reducción de las Fuentes de Pérdidas

Tabla 6. Plan de Acción Metropolitan Septiembre

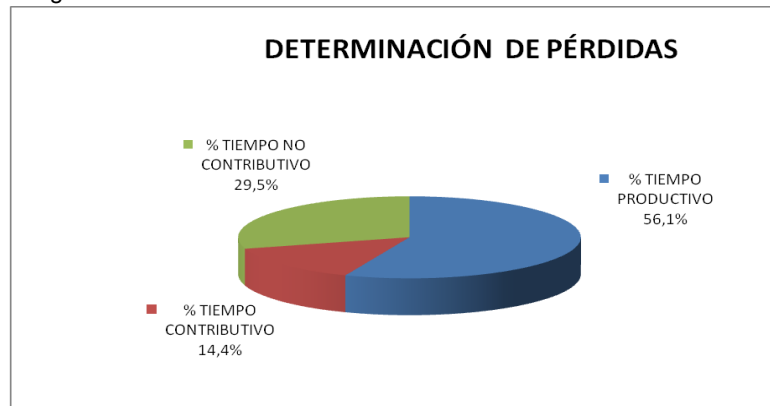
ACTIVIDAD	CAUSA DE PERDIDA	DESCRIPCION	ACCION A IMPLEMENTAR	FECHA
RE ORGANIZACIÓN DE MATERIALES(Hierro Recto y Figurado)	ESPERA - TRANSPORTE	Se realizará una nueva ubicación de materiales críticos que representan altos tiempos de transporte y generan esperas.	Ubicar estratégicamente y de acuerdo al espacio y características de la obra, los materiales: Perlines, riostras, corpalosa, hierro figurado y recto.	15-oct

ESTANDARIZAR CANTIDADES DE HIERRO RECTO Y FIGURADO PARA VIGAS	ESPERAS	Realizar cartas de producción con las cantidades de hierro que se necesita por viga.	Implementar las cartas de producción de cantidades de hierro recto y figurado por vigas, esto reduce los tiempos que estima el obrero para ubicar el material. El tiempo promedio en buscar y preparar el hierro es de 1,5 horas / día	19-oct
---------------------------------------------------------------	---------	--------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------

Fuente: Autor.

14.2.2.3 Reporte Perdidas Mes de Octubre de 2010

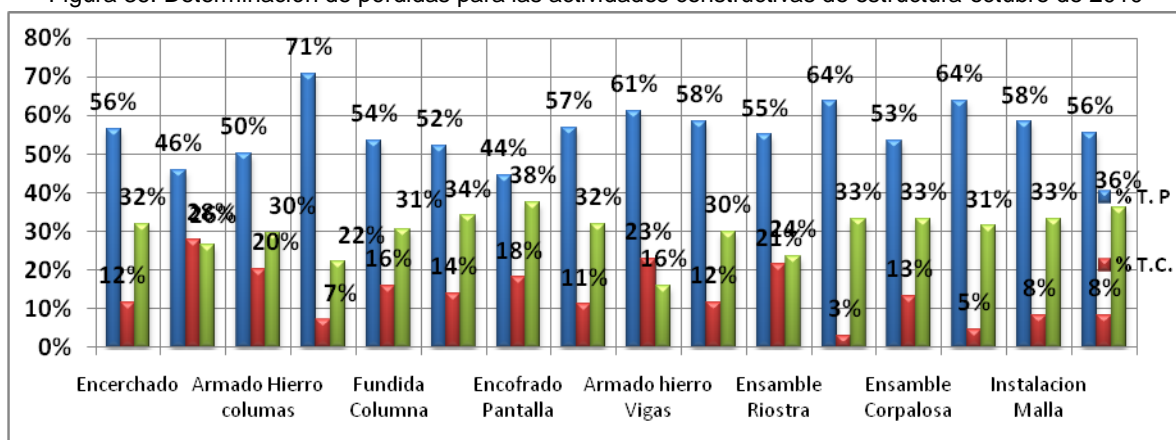
Figura 35. Determinación de Pérdidas General Mes de Octubre 2010



Fuente: Universidad EAFIT. Programa de medición de pérdidas (Disco). Versión para MARVAL S.A. Medellín, Colombia: Ballard G. 2000 software.

En el mes de octubre se presentó un tiempo productivo del 56%, tiempo No contributivo del 29,5% y tiempo Contributivo del 14,4% (Ver Figura 35. Determinación de Pérdidas General Mes de Octubre). En los tiempos por subactividades, se evidencia los tiempos productivos altos en las subactividades de soldadura de riostra y conectores, 64% y 64% respectivamente, agregando también los tiempos productivos de encofrado de columna con 71% y la instalación de malla con 62%. Se observa de igual manera la baja productividad del encofrado de pantalla con un 38% de tiempo No contributivo (Ver Figura 36. Determinación de pérdidas para las actividades constructivas de estructura Octubre 2010).

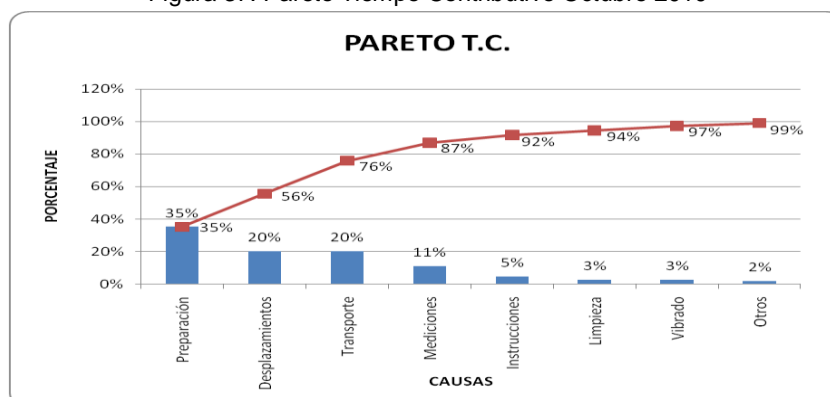
Figura 36. Determinación de pérdidas para las actividades constructivas de estructura octubre de 2010



Fuente: DEPARTAMENTO DE SISTEMAS DE GESTIÓN. Programa de medición de tiempos por actividad (disco). Versión para MARVAL S.A. Bucaramanga, Colombia: Puentes I. 2009 Software.

14.2.2.3.1 Causas de los tiempos contributivos

Figura 37. Pareto Tiempo Contributivo Octubre 2010



Fuente: DEPARTAMENTO DE SISTEMAS DE GESTIÓN. Programa de medición de tiempos por actividad (disco). Versión para MARVAL S.A. Bucaramanga, Colombia: Puentes I. 2009 Software.

Las principales causas de los tiempos contributivos fueron el Preparación con un 35% y los desplazamientos con un 20%, el transporte con un 20% respectivamente. (Ver Figura 37. Pareto Tiempo Contributivo octubre 2010)) A continuación se explican las principales causas de tiempos Contributivos para el mes de octubre:

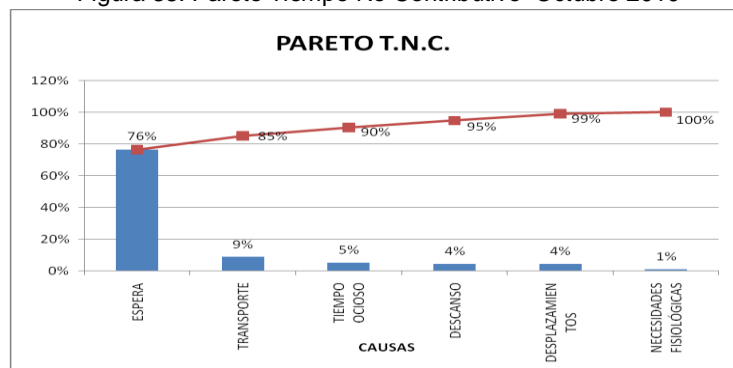
- **PREPARACIÓN:** Preparación de formaleta, parales, cerchas, tableros para realizar las actividades en embandada de vigas, encofre de columnas y pantallas, y la encercada y entablada.

- **DESPLAZAMIENTOS:** Se generan desplazamientos en las actividades de encerchado y entablado, son necesarios debido a que deben dejar el equipo en puntos estratégicos puesto que no se cuenta con suficiente espacio en la placa.
- **TRANSPORTE:** Transporte de materiales a la zona de carga desde la entrada torre 29. Hierro recto, corpalosa, perlines y riostras.
- **MEDICIONES:** Mediciones necesarias para realizar la Embandada de vigas (tapones en madera), instalación de corpalosa, medidas para la nivelación de columnas y pantallas.

14.2.2.3.2 Causas de los Tiempos No Contributivos (TNC)

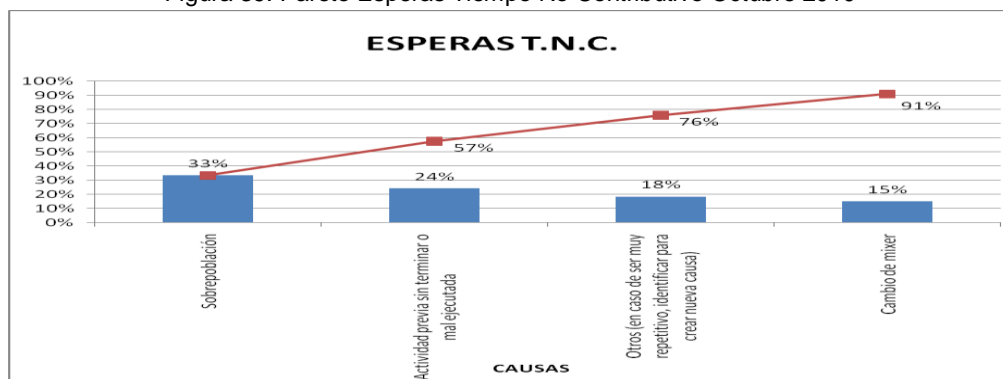
Los tiempos No Contributivos estuvieron encabezados por las Esperas 76% (Sobrepoblación (33%) y actividad previa sin realizar 24% (Ver Figura 38 Pareto Tiempo No Contributivo Oct. 2010 y Figura 39. Pareto Esperas Tiempo No Contributivo Oct. 2010)

Figura 38. Pareto Tiempo No Contributivo Octubre 2010



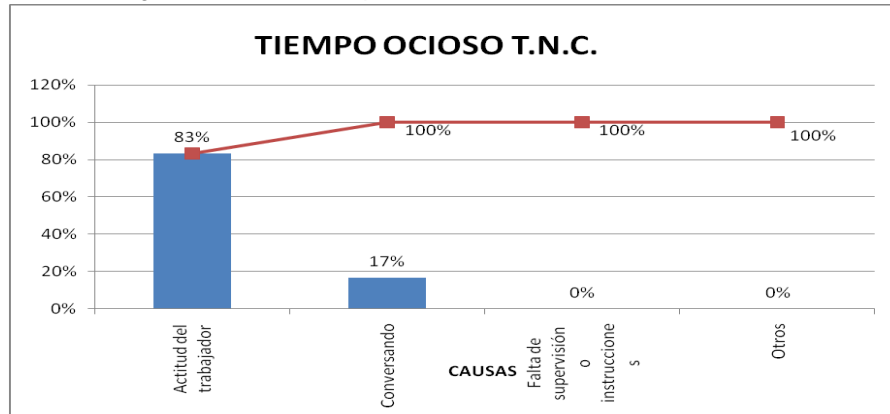
Fuente: Universidad EAFIT. Programa de medición de pérdidas (Disco). Versión para MARVAL S.A. Medellín, Colombia: Ballard G. 2000

Figura 39. Pareto Esperas Tiempo No Contributivo Octubre 2010



Fuente: Universidad EAFIT. Programa de medición de pérdidas (Disco). Versión para MARVAL S.A. Medellín,

Figura 40. Pareto Tiempo No Contributivo Ocioso Octubre 2010



Fuente: Universidad EAFIT. Programa de medición de pérdidas (Disco). Versión para MARVAL S.A. Medellín, Colombia: Ballard G. 2000

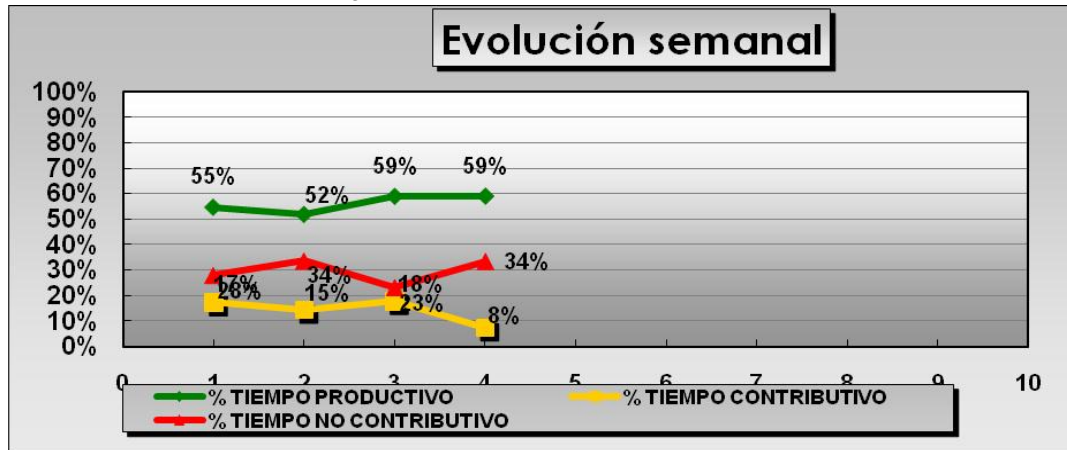
La actitud del trabajador lidera la causa del el tiempo ocioso que se presenta en la placa con un 83%. Trabajos a medio terminar, y ciertos trabajadores no escabuchan las indicaciones del contra maestro para mejorar, corregir y hace incrementar los tiempos no contributivos por reprocesas. A continuación se explican las principales causas de tiempos No contributivos en octubre:

- **ESPERA:** Se presentaron esperas debido el telescopaje en torre grúa piso 10 (Media Mañana), también por actividades previas sin terminar, principalmente en las actividades de armado de hierro de columnas (Para darle paso al encofrado de columna), en la encerchada y entablerada (para darle paso al amarre de hierro de vigas). También hay esperas por sobrepoblación, las condiciones de placa limitan el número de obreros para desarrollar de forma cómoda las actividades
- **TRANSPORTE:** Tiempos No contributivos ocasionados por el telescopaje en grúa piso 10, se debe transportar a placa por el malacate lo cual baja el rendimiento de las actividades de estructura.
- **TIEMPO OCIOSO:** Al presentarse esperas por actividades previas a terminar, se presta para que los obreros tengan más tiempo para conversar.

14.2.2.3.3 Evolución semanal Pérdidas

En el mes de Octubre, las cuatro semanas presentaron niveles de tiempos productivos superiores a los No contributivos y Contributivos. Se presento un incremento constante durante las cuatro semanas, llegando a un 58% la semana 4. Sin embargo se está presentando un porcentaje de tiempo No contributivo considerable llegando al 34% la semana numero 2. (Ver figura 41. Evolución Semanal Pérdidas)

Figura 41. Evolución semanal Perdas



Fuente: Universidad EAFIT. Programa de medición de pérdidas (Disco). Versión para MARVAL S.A. Medellín, Colombia: Ballard G. 2000 software.

14.2.2.3.4 Plan de Acción - Eliminación y/o Reducción de las Fuentes de Pérdidas

Tabla 7. Plan de Acción Octubre

ACTIVIDAD	CAUSA DE PERDIDA	DESCRIPCION	ACCION A IMPLEMENTAR	FECHA
AMARRE DE HIERRO COLUMNAS	ESPERAS POR ACTIVIDAD PREVIA A EJECUTAR	Se aumenta la cuadrilla proporcionalmente para no frenar las actividades de encofrado de columnas y generar más avance en fondo de placa.	Se observa que una actividad crítica que está presentando demora es en el armado de hierro de vigas para que la cuadrilla de encofrado tenga espacio para trabajar. Inicialmente se venía trabajando con una cuadrilla de 2 ayudantes, el rendimiento promedio por día es una columna cada 1,8 horas, mientras que la cuadrilla de encofrado tiene un rendimiento de 1.5 horas por columna. La acción es aumentar la cuadrilla para darle espacio a las siguientes actividades y al momento de terminar ubicar estas personas en otras actividades como lo es el desplafonado de placa.	15-nov

Fuente: Autor

7.4 ESTUDIO DE RENDIMIENTOS

La mano de obra, como uno de los componentes en el proceso productivo, aparece como una de las variables que afectan la productividad. Como el objetivo de la empresa es ser más competitivo, mejorando la productividad de sus procesos productivos, se hace necesario conocer los diferentes factores que afectan la mano de obra clasificándolos y

determinando una metodología para medir su afectación en los rendimientos y consumos de mano de obra de los diferentes procesos de producción.

Los conceptos de rendimientos y consumos, han sufrido confusiones por el uso que la gran mayoría de ingeniero le da a estos. Es necesario entonces definirlo:

- **Rendimiento de Mano de Obra:** es la cantidad de obra de una actividad productiva completamente ejecutada por una cuadrilla, compuesta por uno o varios operarios de diferente especialidad por unidad de recurso humano, normalmente expresada como um/hH (Unidad de medida de la actividad por hora hombre)
- **Consumo de Mano de Obra:** es la cantidad de recurso humano en hora hombre que se emplea por una cuadrilla compuesto por uno o varios operarios, para ejecutar completamente la cantidad unitaria de alguna actividad. Se expresa en hH/um y realmente es el inverso del rendimiento de mano de obra.²³

Para desarrollo de este trabajo, se analizo las actividades de estructura por las siguientes consideraciones:

1. El sistema de construcción (sistema tipo tradicional) es diferente al que normalmente utiliza la constructora Marval S.A que en su mayoría son de vivienda (tipo túnel).
2. Marval S.A está empezando a incursionar en nuevos proyectos especiales como lo es el Centro Comercial Cacique en donde los rendimientos y consumos de mano de obra son diferentes a los que normalmente se dan en proyectos de vivienda.
3. La actividad de Estructura es una de las que mayor peso tiene en cuanto a valor del contrato y a generación de avance en obra, luego es importante conocer su rendimiento.
4. Es la actividad que mayor número de obreros genera en obra, luego es importante determinar el rendimiento de cuadrillas.

²³ BOTERO BOTERO, Luis Fernando. ÁLVAREZ VILLA, Martha Eugenia. Análisis de Rendimientos y consumos de mano de obra en actividades de construcción. Página Web. Versión PDF, (citado el día 18 de julio) disponible en Internet: http://ciruelo.uninorte.edu.co/pdf/ingenieria_desarrollo/17/8_Last%20planner.pdf

7.4.1 RENDIMIENTOS ESTRUCTURA

7.4.1.1 Proceso Constructivo Estructura

Para poder analizar rendimientos de estructura o de cualquier otro tipo de actividades, es necesario conocer como es el proceso constructivo y sus subactividades para entender y mejorar el proceso.

Un aspecto importante al momento de analizar el proceso, es el hecho de que las actividades constructivas no son necesariamente consecuentes, es decir, las actividades se traslapan, todo depende de la cantidad de espacio en el área de construcción y el número de cuadrillas existentes para realizar la actividad.

El sistema constructivo tipo Tradicional maneja las siguientes subactividades necesaria para el logro del proceso:

1. **Encerchado y Entablado:** esta actividad consiste en armar los parales y cerchas y construir el esqueleto de los pisos para luego entablar y lograr un fondo donde se puedan realizar las otras actividades siguientes. Es general, es la actividad que se encarga de elaborar el piso provisional de la placa constructiva.

Figura 42 . Encerchado y entablado.



Fuente: Autor.

2. **Amarre hierro vigas y columnas:** consiste en el amarre de la estructura en hierro de las vigas que son las vertebras del edificio.

Figura 43 . Amarre de vigas.



Fuente: Autor.

3. **Embandada de Viga:** consiste en encofrar con formaleta las vigas para luego poder fundirlas.

Figura 44. Embandada de viga



Fuente: Autor.

4. **Encofrado de Columna y Pantalla:** consiste en cerrar con formaleta, la pantalla y la columna para poder seguir con el proceso de fundida evitar que se generen riegos de concreto.

Figura 45. Encofrado de Columna



Fuente: Autor

- 5. Inst. de Perlina y Riostra:** los perlines y riostras son vigas delgadas que atraviesan los paneles de viga a viga y sirven para darle soporte a la placa. Su instalación implica soldarlos en los extremos a las vigas para darle resistencia.

Figura 46 . Instalación de Perlina



Fuente: Autor.

- 6. Inst. de Corpalosa (Stell Deck):** la corpalosa es una lamina en acero en donde es posible rellenar de concreto para construir los pisos de las placas.

Figura 47. Instalación de Corpalosa



Fuente: Autor.

- 7. Soldadura de conectores:** Los conectores son aquellos que asegura la corpalosa con las vigas y riostras.

Figura 48. Soldadura de Conectores.



Fuente: Autor.

- 8. Fundida de Columna, Pantallas y Placa.** El proceso de fundida es el último paso que se realiza y consiste en rellenar con concreto las estructuras finalmente armadas.

Figura 49 . Fundida de Columnas y Placa



Fuente: Autor.

9. Desencofrado de Columnas, vigas y pantallas: consiste en remover la formaleta de las pantallas, vigas y columnas.

El proceso constructivo tiene un ciclo, en general después de terminar el ciclo se termina la placa, como se dijo anteriormente, las actividades se realizan de manera simultánea, es decir mientras se empieza a encerchar, se puede ir detrás entarimando, y cuando haya espacio, se puede iniciar con la armada de vigas y así sucesivamente. Al final, para terminar una placa, es necesario que todas las columnas y vigas estén fundidas. Como se muestra en la figura 50. Ciclo constructivo entre placas.

Figura 50. Ciclo constructivo entre placa.



Fuente: Autor

7.4.1.2 Metodología para la medición de Rendimientos.

Teniendo en cuenta la particularidad de la industria de la construcción, así como la gran cantidad de factores que afectan la productividad en sus actividades típicas, no es recomendable determinar los rendimientos de obra usando metodologías de procesos industrializados (Consuegra, 2006).

El rendimiento en obras de construcción que se refiere directamente a la cantidad de mano de obra expresado en horas hombre que puede ser uno o más trabajadores para ejecutar una cantidad de obra de una actividad en particular se utiliza el promedio de resultados. Este sistema de rendimientos se basa en la recolección diaria de información en diferentes circunstancias, que luego se tabula en un formato general para obtener promedios representativos.

Los rendimientos resultantes del presente estudio fueron calculados con la metodología de análisis de promedio de resultados. En la toma de datos se tuvo en cuenta el número de personas que desarrollaron la labor y su correspondiente cargo (oficial, ayudante), la cantidad de obra ejecutada, el tiempo que demora el personal en realizar dicha actividad y los tiempos de inactividad o descuentos por diferentes motivos. El análisis de todas estas variables permite calcular para cada actividad de estructura el promedio de rendimientos y consumos.

La metodología que se siguió para el registro de las observaciones fue la siguiente:

1. Identificar las subactividades de estructura.
2. Identificar el número de cuadrillas por subactividad y realizar un control de personal diario.
3. Creación de un formato para la toma de observaciones diarias. Este registro debe ser fácil de utilizar y práctico al momento del paso de las observaciones al computador. (Ver Anexo D. Formato de seguimiento a Rendimientos)

El formato consta de los siguientes componentes:

- **Fecha:** se registra la fecha diaria con el objetivo de identificar de manera precisa los días en que se registraron datos relevantes o representativos.
- **Actividad:** proceso constructivo que se observa.
- **Cuadrilla:** espacio para llevar el control de las cuadrillas y sus integrantes: Ayudantes y oficiales.

- **Ubicación:** lugar específico donde se realiza la observación del elemento, su importancia radia al momento de asignar la cantidad de obra ejecutada pues los datos de cantidades se manejan con memorias de todas las cantidades por elemento.
- **Inicio:** hora de inicio de observación
- **Final:** hora final de la actividad.
- **Descanso:** tiempo empleado por la cuadrilla para descansar, se registra el tiempo donde dejan de trabajar en la actividad analizada.
- **Tiempo Total:** Es el tiempo final después de eliminar los descansos.

$$\textit{Tiempo Total} = \textit{Tiempo final} - \textit{tiempo inicial} - \textit{descansos}.$$

- **Unidad:** unidad de medida del elemento o actividad. Metro lineal (ML), Metro Cuadrado (M2), Metro Cubico (M3), Kilogramo por Metro Lineal (kg/ml)
- **Cantidad de Obra ejecutada:** es la cantidad de obra que realiza la cuadrilla por día.
- **Consumo:** cálculo del consumo de mano de obra por día de la actividad analizada

$$\textit{Consumo} = \frac{(\textit{Oficiales} + \textit{ayudantes}) * \textit{Tiempo Total}}{\textit{Cantidad ejecutada}}$$

- **Rendimiento:** cálculo del rendimiento de mano de obra por día de la actividad analizada.

$$\textit{Rendimiento} = \frac{1}{\textit{Consumo}}$$

- **Observaciones:** registro de información relevante para el análisis de la información.

4. Con el formato creado, se procede a realizar las observaciones diarias de las actividades constructivas y diligenciadas en el formato. Se debe tener un cronometro en mano, lapicero, cámara fotográfica.
5. Antes de realizar las observaciones es importante, con la ayuda de los ingenieros residentes elaborar tablas de cantidades de concreto, metros cuadrados, metros

cúbicos, metros lineales, kilogramos de hierro. Y especificar si es posible, por elementos. De esta manera facilita el diligenciamiento del formato como se observa en la siguiente figura:

Figura51. Requerimientos de material torre 33

PISO		REQUERIMIENTOS DE MATERIAL TORRE 33												MARVAL			TOTAL	
ESPECIFICACIÓN	Unidad	SOTANO 1	PISO 1	PISO 2	PISO 3	PISO 4	PISO 5	PISO 6	PISO 7	PISO 8	PISO 9	PISO 10	PISO 11	PISO 12	CUB INCL	CUB FOSO	ASCENSOR	TOTAL
		Área Placa	m2	758,6	758,6	624,5	624,5	624,5	542,3	452,8	452,8	452,8	452,8	452,8	347,0	347,0	354,0	
Concreto Columna	m3			41,8	24,9	24,9	22,7	20,7	20,7	20,7	20,7	20,7	17,3	17,3	17,3			269,7
Concreto Pantalla	m3			35,4	21,1	21,1	21,1	22,6	22,6	22,6	22,6	22,6	22,6	22,6	22,6			279,2
Concreto Vigas	m3			68,0	68,0	68,0	57,1	46,9	46,9	46,9	46,9	46,9	46,9	46,9	46,9			636,5
Concreto Placa	m3			156,7	159,1	159,1	135,5	36,3	83,2	83,2	83,2	83,2	63,8	63,8	88,5	10,7		1206,4
Concreto escaleras	m3	2,25	4,50	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25			38,3
Hierro Columnas	ml			75,2	44,8	44,8	28,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	24,0	24,0	24,0			414,8
Hierro Pantalla	ml			18,8	11,2	11,2	11,2	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0			148,4
Hierro Vigas	ml			243,9	243,9	243,9	207,4	166,4	166,4	166,4	166,4	166,4	166,4	166,4	166,4			2269,9
Columna	kg/ml				5368,4	5368,4	5234,4	4885,5	4885,5	4691,5	4691,5	4691,5						39816,7
Pantalla	kg/ml				1706,3	1645,3	582,7	543,9	543,9	543,9	543,9	543,9						6653,9

Fuente: Autor.

6. Terminado el día, se procede a pasar el formato de campo al magnético en donde el automáticamente calcula el rendimiento y consumo de mano de obra.
7. Los datos observados son normalizados para eliminar datos atípicos y lograr una tendencia normal.
8. Se generan los rendimientos y consumos finales de las actividades.

A continuación se presenta una sección de la matriz de elementos, la cual contiene las actividades estudiadas:

Tabla 8 . Seguimiento a Rendimientos

DÍA		05-08-10																	
ACTIVIDAD	CUADRO	UBICACIÓN	INICIO	FIN	DESCR	TIEMPO TOTAL	km²/ha	UMD	CANT. OBRAS EJECUTAS	CONSUMO UNITARIO (kg/ha)	RENDIMIENTO UNITARIO	OBSERVACIONES							
Armado de Columna	2	2	07:00	17:00	01:30	08:30	8,50	kg/MI	1156,94	0,0147	68,0555								
Armado de Columna	4	2	07:00	17:00	01:00	09:00	9,00	kg/MI	2920,34	0,0123	81,1206								
Armado de Columna	2	2	07:00	14:00	01:15	05:45	5,75	kg/MI	2001,7501	0,0057	174,0652								
Armado de Columna	4	3	07:00	17:30	01:30	09:00	9,00	kg/MI	1183	0,0304	32,8611								
Armado de Columna	4	2 Y 3	07:00	17:00	01:30	08:30	8,50	kg/MI	1141,95	0,0298	33,5868	2 Haras cortanda tierra							
Armado de Columna	4	2 Y 3	07:00	17:00	01:30	08:30	8,50	kg/MI											
Armado de Columna						00:00	0,00	kg/MI											
Armado de Columna						00:00	0,00	kg/MI											
Armado de Columna	4	3	07:00	17:30	01:30	09:00	9,00	kg/MI	1634,50	0,0220	45,4028	DEMORA EN HIERRO FIG.							
Armado de Columna						00:00	0,00	kg/MI											
Armado de Columna	2	4	07:00	17:00	01:30	08:30	8,50	kg/MI	675,29	0,0252	39,7229								
Armado de Columna	4	4	07:00	17:30	01:30	09:00	9,00	kg/MI	962,29	0,0374	26,7302								
Armado de Columna	2	4	07:00	15:00	02:25	05:35	5,58	kg/MI	519,75	0,0215	46,5447								
Armado de Columna	4	4	07:00	14:00	01:30	05:30	5,50	kg/MI	491,47	0,0448	22,3396								
Armado de Columna	2	4	07:00	17:30	01:30	09:00	9,00	kg/MI	1024,71	0,0176	56,9284								
Armado de Columna	2	4	07:00	12:00	00:15	04:45	4,75	kg/MI	713,52	0,0133	75,1075								
Armado de Columna	2	4	07:00	12:00	00:15	04:45	4,75	kg/MI	305,79	0,0311	32,1889								
Armado de Columna	4	5	07:00	15:00	01:15	06:45	6,75	kg/MI	300,22	0,0899	11,1192								
Armado de Columna	4	4	07:00	12:00	01:15	03:45	3,75	kg/MI	395,90	0,0379	26,3933								
Armado de Columna	4	5	07:00	17:30	01:30	09:00	9,00	kg/MI	833,7	0,0432	23,1581	daño en grua							
Armado de Columna						00:00	0,00	kg/MI				daño en grua							
Armado de Columna	4	5	07:00	17:00	01:30	08:30	8,50	kg/MI	492,97	0,0690	14,4992	daño en grua							
Armado de Columna	2	5	07:10	17:00	01:30	08:20	8,33	kg/MI	1199,3	0,0129	71,9580								
Armado de Columna	2	5	08:45	14:00	00:15	05:00	5,00	kg/MI	678,7	0,0147	67,8743	7 A: H ESPERA X HIERRO							
Armado de Columna						00:00	0,00	kg/MI				7 A: H ESPERA X HIERRO							
Armado de Columna						00:00	0,00	kg/MI				7 A: H ESPERA X HIERRO							
Armado de Columna	5	5	07:30	17:30	01:30	08:30	8,50	kg/MI	2068,9	0,0205	48,6791	daño en grua 3 x 538							
Armado de Columna						00:00	0,00	kg/MI											
Armado de Columna						00:00	0,00	kg/MI				SIN GRUA							
Armado de Columna	4	6	07:00	14:00	01:00	06:00	6,00	kg/MI	1330,0	0,0180	55,4156								
Armado de Columna	4	6	07:00	12:00	00:00	05:00	5,00	kg/MI	949,3	0,0211	47,4663								
Armado de Columna	2	6	07:00	10:30	00:15	03:15	3,25	kg/MI	494,6	0,0121	78,0879								
Armado de Columna	4	6	07:00	12:00	00:15	04:45	4,75	kg/MI	1038,6	0,0183	54,6632								
Armado de Columna	6	6	08:00	15:00	02:15	04:45	4,75	kg/MI	1125,2	0,0253	39,4812								
Armado de Columna						00:00	0,00	kg/MI											
Armado de Columna						00:00	0,00	kg/MI											
Armado de Columna	6	7	13:00	17:30	00:15	04:15	4,25	kg/MI	1804,2	0,0141	70,7540								
Armado de Columna	6	7	07:00	11:30	00:15	04:15	4,25	kg/MI	773,2	0,0330	30,3231								
Armado de Columna	6	7	07:00	09:00	00:00	02:00	2,00	kg/MI	646,2	0,0186	53,8533								
Armado de Columna	4	7	07:00	09:00	00:00	02:00	2,00	kg/MI	646,2	0,0124	80,7880								
Armado de Columna	4	7	07:15	11:00	00:15	03:30	3,50	kg/MI	646,2	0,0217	46,1600								

Fuente: Autor.

7.4.1.3 Análisis y resultados Rendimientos.

En el proceso de toma de datos y gracias a las observaciones encontradas, se pudo realizar una mejora en el método constructivo en donde el estudio de rendimientos se realizó antes y después de la mejora para identificar el cambio positivo en los consumos y rendimientos.

La mejora consistió en identificar el método constructivo, la forma por donde las cuadrillas empiezan a construir e identificar la manera de mejorar el método para que las actividades se desarrollen con mayor productividad.

Otro aspecto importante, fue el establecer las cuadrillas y dejarlas fijas por subactividad, según las observaciones se podía encontrar que las cuadrillas estaban desorganizadas y no presentaban continuidad. Se habló con el contratista para empezar a definir cuadrillas estándar y tratar en lo posible no cambiarlas, de esta manera se mejora el proceso en cuando a que las cuadrillas se especializan y se logra mejor productividad.

Como resultado también, se logró tener un registro de los rendimientos de todas las subactividades de estructura (ver tabla 9. Registro de Rendimientos antes de la mejora y tabla 10. Registro de Rendimientos después de la mejora.). En estas tablas se encuentra registrado para cada subactividad de estructura la unidad de medida (cómo fue medida), la cuadrilla estándar para esos rendimientos, el consumo de mano de obra y el rendimiento.

Tabla 9. Registro de Rendimientos antes de la mejora

AGOSTO - SEPTIEMBRE 15						
ACTIVIDAD	UM	O	A	CUADRILLA	CONSUMO HH/UM	RENDIMIENTO UM/HM
Encerchado y Entablado	M2	1	2	3,0	0,26	4,14
Columna Armado de	kg/MI		3	3,0	0,02	46,48
Columna Encofrado de	M3	2	2	4,0	3,32	0,40
Columna Fundida de	M3	2	3	5,0	0,60	2,11
Columna Desencofrado de	M3	2	2	4,0	1,55	0,81
Pantalla Fundida de	M3	2	4	6,0	0,44	2,57
Pantalla Desencofrado de	M3	2	4	6,0	2,15	0,52
Vigas Armado de	kg/MI	1	3	4,0	0,25	4,62
Viga Embandada de	ML	2	2	4,0	0,52	1,43
Perlines Ensamble de	M2	1	2	3,0	0,69	1,58
Riostra Ensamble de	M2	1		1,0	0,18	6,14
Riostra Soldadura de	M2	1		1,0	0,02	57,96
Corpalosa Instalación	M2	1	2	3,0	0,03	35,83
Malla Instalación de	M2	1	2	3,0	0,01	82,65

Tabla 9 .(Continuación)

Placa Fundida de	M2	2	6	8,0	0,06	17,66
Pantalla A-B 3 Armado de	kg/MI		4	4,0	0,14	8,54
Pantalla ASCEN Armado de	kg/MI		4	4,0	0,08	14,51
Pantalla A-B 3 Encofrado de	m3	2	4	6,0	4,86	0,24
Pantalla ASCEN Encofrado de	m3	2	4	6,0	4,95	0,21

Fuente: Autor

Tabla 10. Registro de rendimientos después de la mejora.

SEPTIEMBRE 15 A OCTUBRE 7						
ACTIVIDAD	UM	O	A	CUADRILLA	CONSUMO	RENDIMIENTO
Encerchado y Entablado	M2	1	2	3,0	0,22	4,79
Armado de Columna	kg/MI		5	5,0	0,02	48,18
Encofrado de Columna	M3	2	2	4,0	0,50	1,99
Fundida de Columna	M3	2	3	5,0	0,44	2,64
Desencofrado de Columna	M3	2	2	4,0	0,62	1,62
Fundida de Pantalla	M3	1	3	4,0	0,48	2,21
Desencofrado de Pantalla	M3	2	3	5,0	1,05	0,95
Armado de Vigas	kg/MI	1	5	6,0	0,20	5,46
Embandada de Viga	ML	2	2	4,0	0,68	1,56
Ensamble de Perlines	M2	1	2	3,0	0,52	2,00
Ensamble Riostra	M2	1		1,0	0,13	8,28
Soldadura de Riostra	M2	1		1,0	0,01	157,78
Instalación Corpalosa	M2	1	2	3,0	0,01	104,73
Instalación de Malla	M2	1	2	3,0	0,01	99,29
Fundida de Placa	M2	2	5	7,0	0,06	16,42
Armado de Pantalla A-B 3	kg/MI		4	4,0	0,10	10,49
Armado de Pantalla ASCEN	kg/MI		4	4,0	0,12	8,69
Encofrado Pantalla A-B 3	m3	2	4	6,0	3,34	0,32
Encofrado de Pantalla Ascen	m3	2	4	6,0	3,68	0,27

Fuente: Autor.

Como resultado de este estudio, se pudo identificar las principales causas que afectan el rendimiento de las actividades. Cabe aclarar que estas causas son específicamente para la obra en estudio, esto con el ánimo de aclarar que cada obra es diferente y esta sometida a diferentes factores que son únicos para las obras.

Figura 52. Factores que afectaron los rendimientos de estructura.

Daño en Torre Grúa	Cambio de Cuadrillas	Retrasos en Materiales	Planeación de la Construcción	Clima
<ul style="list-style-type: none"> •Para el transporte vertical de material, equipo y herramienta necesaria. Es vital para el buen desarrollo de las actividades. 	<ul style="list-style-type: none"> •El permanente cambio de cuadrillas genera discontinuidad en los procesos debido a que se pierde el ritmo de trabajo y la especialización del obrero en la actividad. 	<ul style="list-style-type: none"> •Retrasos en materiales debido al incumplimiento del proveedor. •Retrasos en materiales por pedir tarde los materiales a utilizar. Es importante que los ingenieros tengan en cuenta los tiempos de despacho de materiales. 	<ul style="list-style-type: none"> •Si no se diseña el método constructivo ideal para la obra, se generan tiempos muertos, no hay productividad y probablemente ocasionen pérdidas tanto para el contratista como para la empresa. 	<ul style="list-style-type: none"> •Las condiciones climáticas afectan el rendimiento de los obreros. El sol y la lluvia generan cansancio e incomodidad en el trabajo.

Fuente: Autor.

7.4.1.4 Análisis de varianza de un factor.

El ANOVA es una herramienta que realiza un análisis simple de varianza en los datos de dos o más muestras. El análisis proporciona una prueba de la hipótesis de que cada muestra se extrae de la misma distribución subyacente de probabilidades frente a la hipótesis alternativa de que las distribuciones subyacentes de probabilidades no son las mismas para todas las muestras.

Se realizó prueba de ANOVA a las actividades con mayor importancia para comprobar la diferencia entre los dos tratamientos. Las actividades que se tomaron para el análisis fueron seleccionadas según el criterio de los ingenieros residentes quienes consideran son las que dan avance a la placa.

Se partió de la siguiente formulación:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_a: \mu_1 \neq \mu_2$$

Donde: T1 es el Rendimiento Anterior
T2 es el rendimiento posterior

En el análisis de Anova para cada una de las actividades, se estudia el comportamiento entre los dos grupos de datos que lo conformaría, para cada actividad, el rendimiento antes y después. En el resumen para cada actividad, se puede observar también que se realiza un análisis entre los dos rendimientos e individual para determinar finalmente una probabilidad que se compara con el nivel de significancia empleado para la prueba. En este caso, se utilizó un nivel de significancia del 0.05 (5%).

- **Armado de Columna**

Tabla 11. Anova Armado de Columna

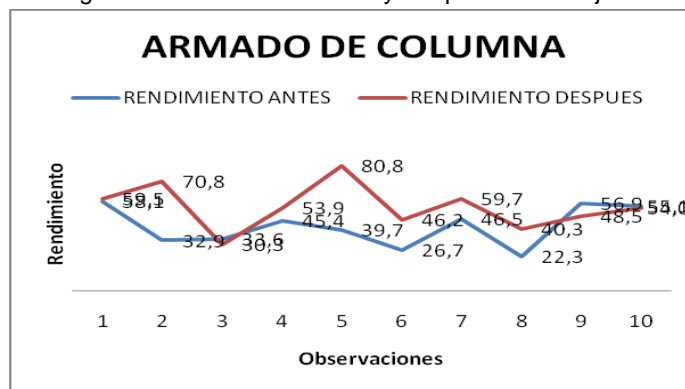
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Rend. Antes	12	475,8695	39,6551433	157,9
Rend. Después	12	543,855	54,3834686	211,03

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de cuadrados	F	Probab.	Valor crítico para F
Entre grupos	1183,2194	1	1183,21944	6,5	0,019	4,3512
Dentro de los grupos	3637,0101	20	181,850507			
Total	4820,2295	21				

Fuente: Hoja de Excel. Autor

Figura 53. Rendimiento Antes y Después de la mejora



Fuente: Autor

Con un alfa de 5%, se puede concluir que la probabilidad es menor a 0.05. Luego se puede decir que el Rendimiento 2 es mejor que el Rendimiento inicial.

- **Encofrado de Columna**

Tabla 12. Anova Encofrado de Columna

RESUMEN

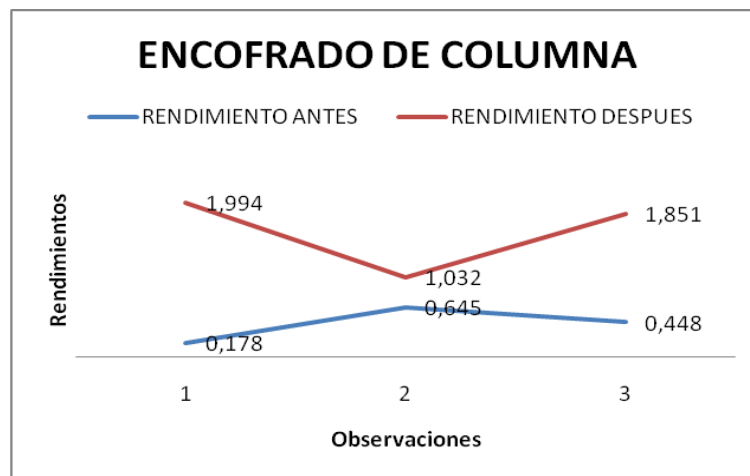
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Rend. Antes	3	4,9991122	0,384547	0,02617
Rend. Después	3	4,877274	1,6257582	0,26948

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de cuadrados	F	Probab.	Valor crítico para F
Entre grupos	3,75522501	1	3,75522	61,624	1,7E-06	4,6001
Dentro de los grupos	0,85311805	14	0,060937			
Total	4,608343	15				

Fuente: Autor

Figura 54. Rendimiento Antes y Después de la mejora



Fuente: Autor

Con un alfa de 5%, se puede concluir que la probabilidad es menor a 0.05. Luego se puede decir que el Rendimiento 2 de encofrado de columna es mejor que el Rendimiento inicial. En este caso la muestra es pequeña debido al pequeño número de observaciones tomados, también al normalizar se disminuye la muestra.

- **Fundida de Columna**

Tabla 13. Anova Encofrado de Columna

RESUMEN

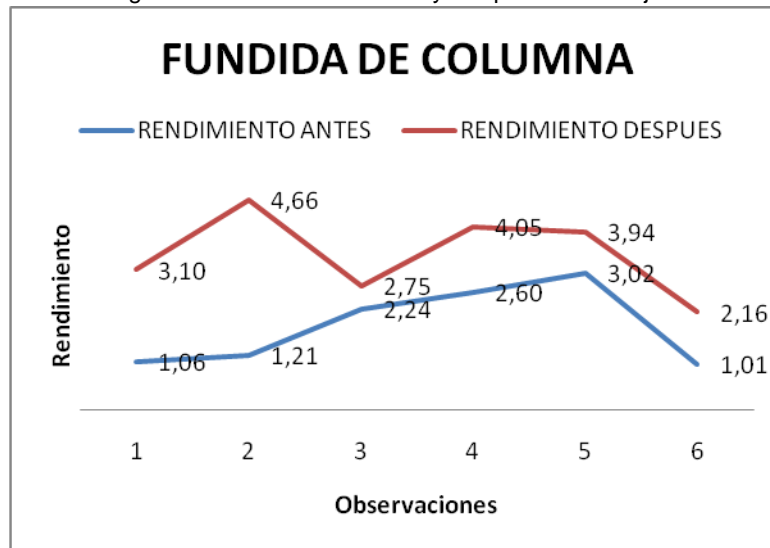
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Rend. Antes	6	11,1496	1,85826667	0,767
Rend. Después	6	20,6538	3,44231497	0,868

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	I	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	7,527627	1	7,52762	9,207	0,01258	4,9646
Dentro de los grupos	8,175576	10	0,81755			
Total	15,7032	11				

Fuente: Autor

Figura 55. Rendimiento Antes y Después de la mejora



Fuente: Autor

Con un alfa de 5%, se puede concluir que la probabilidad es menor a 0.05. Luego se puede decir que el Rendimiento 2 de fundida de columna es mejor que el Rendimiento inicial.

- **Armado de Viga**

Tabla14. Anova Armado de Viga

RESUMEN

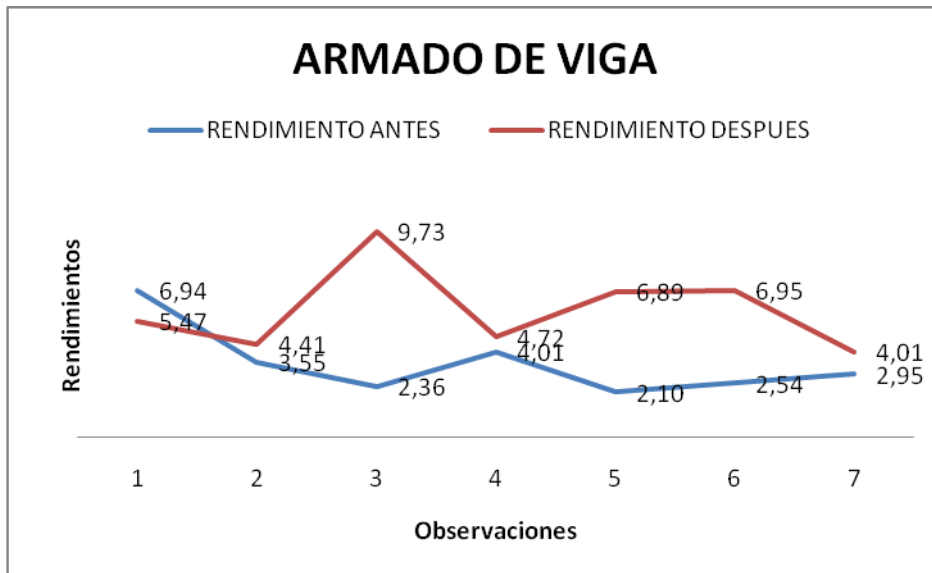
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Rend. Antes	7	24,4487	3,492	2,757
Rend. Después	7	42,171	6,024	4,004

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	22,4345723	1	22,4345724	6,635	0,02427	4,7472
Dentro de los grupos	40,5713908	12	3,38094924			
Total	63,0059632	13				

Fuente. Autor

Figura 56 . Rendimiento Antes y Después de la mejora Armado de Viga



Fuente: autor.

Con un alfa de 5%, se puede concluir que la probabilidad es menor a 0.05. Luego se puede decir que el Rendimiento 2 de armado de viga es mejor que el Rendimiento inicial.

- **Embandada de Viga**

Tabla 15. Anova Embandada de Viga

RESUMEN

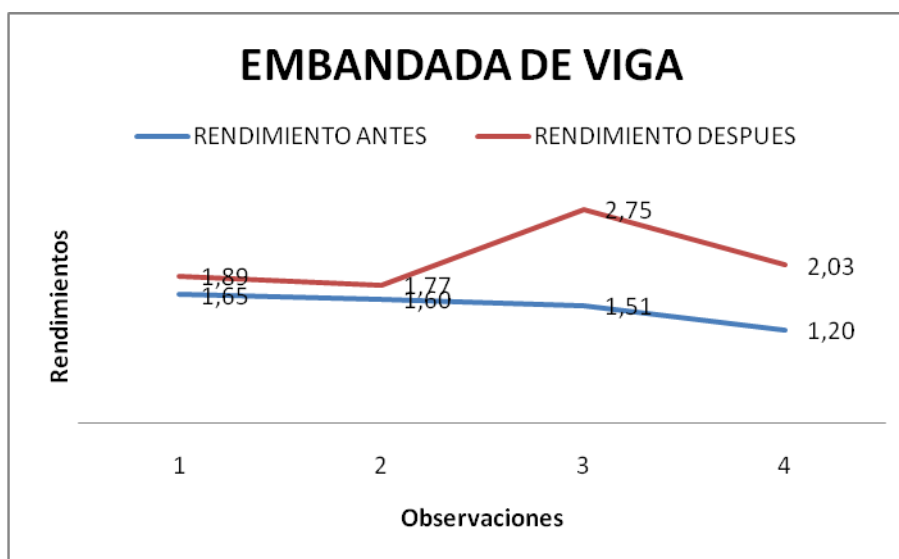
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Rend. Antes	4	5,9583	1,48958752	0,04
Rend. Después	4	8,4427	2,11068219	0,192

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,77151718	1	0,77151718	6,622	0,0421	5,987375
Dentro de los grupos	0,6989727	6	0,1164954			
Total	1,47048988	7				

Fuente: Autor.

Figura 57. Rendimiento Antes y Después de la mejora Armado de Viga



Fuente: Autor.

Con un alfa de 5%, se puede concluir que la probabilidad es menor a 0.05. Luego se puede decir que el Rendimiento 2 de embandada de viga es mejor que el Rendimiento inicial.

7.5. PLANEACION SEMANAL LAST PLANNER

En la obra se empezó a implementar las reuniones semanales desde Julio de 2010, se definió como horario de la reunión con los contratistas los días lunes de cada semana a las 10:00 am.

Se realizó un seguimiento a las diferentes actividades ejecutadas por los contratistas y el cumplimiento de las mismas, en conjunto con los demás componentes de la empresa (Departamento de Equipos, Compras, Contratación, e Ingeniería). Además del cumplimiento, se evaluaron diferentes criterios de gestión de calidad considerables en las actividades constructivas. Dentro de los más importantes se encuentran:

ORDEN Y ASEO: Aseo y orden en los sitios de trabajo, material y herramientas ordenadas y limpias, jornadas de aseo desarrolladas por la obra de manera semanal.

CALIDAD: Productos terminados con excelente calidad, que cumplan con los criterios de la empresa para asegurar el cumplimiento de los requisitos de los clientes.

SEGURIDAD INDUSTRIAL: La seguridad Industrial se verifica a través de los índices de severidad de accidentes, también se lleva un registro de los incidentes semanales para determinar el grado de responsabilidad de los contratistas hacia sus trabajadores. También se evalúa el cumplimiento del pago de la seguridad social de los obreros y el uso correcto de elementos de protección personal.

ATENCION A SOLICITUDES: Son aquellas actividades extra que se generan en obra y que no se programan en las actividades semanales de contratistas, por lo general se utiliza cuando se debe corregir un trabajo mal ejecutado, también cuando se pide al contratista adelantar actividades que no le generan avance a la obra pero que son necesarias para la consecución de otras.

Para el sistema de calificación semanal a contratista la empresa cuenta con un instructivo para el desarrollo de la misma de tal manera asegura la transparencia en el proceso. (Ver Anexo G. Instructivo De Evaluación y Re-Evaluación De Contratistas Todo Costo y Mano De Obra – I ING 035)

En resumen, semana tras semana, se reúne el equipo de ingeniería junto con el Ing. Lean Construction para definir las siguientes actividades según la programación de obra así como también de la calificación de los contratistas. Es un proceso participativo que integra a todos los miembros del grupo de ingeniería de obra para tomar decisiones y planificar de acuerdo a las exigencias de la obra. En la tabla 16. Criterios de Calificación a Contratistas Marval, se resume el sistema de calificación:

Tabla 16. Criterios de Calificación a Contratistas Marval S.A

CUMPLIMIENTO ACTIVIDADES	40%
Actividades Programadas	
ORDEN Y ASEO	10%
R-ing-132 Lista Verificación orden y aseo v000	
CALIDAD	20%
Producto Terminado, Calibración de Fluxómetros	
SEGURIDAD INDUSTRIAL	10%
Accidentalidad, Pago Puntual Seguridad Social, Uso De Elementos de Protección Personal.	
ATENCION A SOLICITUDES	15%
RING 133 Control Solicitudes Contratistas.	
ASISTENCIA (CONTROL)	5%
TOTAL	100%

Fuente: Autor

Como principio de transparencia en los procesos, estos porcentajes son expuestos a los Contratistas y a todo personal de obra para mostrar los resultados del trabajo realizado y asegurar la mejora continua. Para esto se utiliza una cartelera Lean Construction en donde, de manera visual, se evidencia el resultado del trabajo por cada contratista. (Ver Figura 58. Cartelera de Calificación a Contratistas Lean Construction)

Figura 58. Cartelera de Calificación a Contratistas Lean Construction



Fuente: Autor.

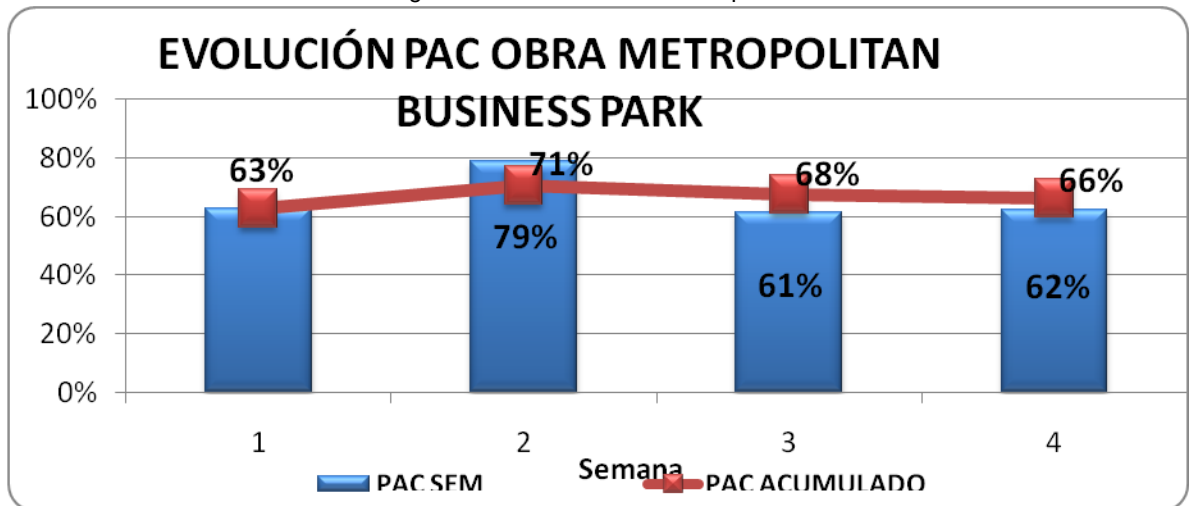
7.5.1. Calificación y Seguimiento a Contratistas

7.5.1.1. Reporte Calificación Agosto 2010

7.5.1.1.1. Seguimiento a PAC

El comportamiento del PAC del mes de agosto estuvo por encima del 60% lo cual es buen indicador, sin embargo ninguna semana supero el 80%:

Figura 59. Evolución PAC Metropolitan

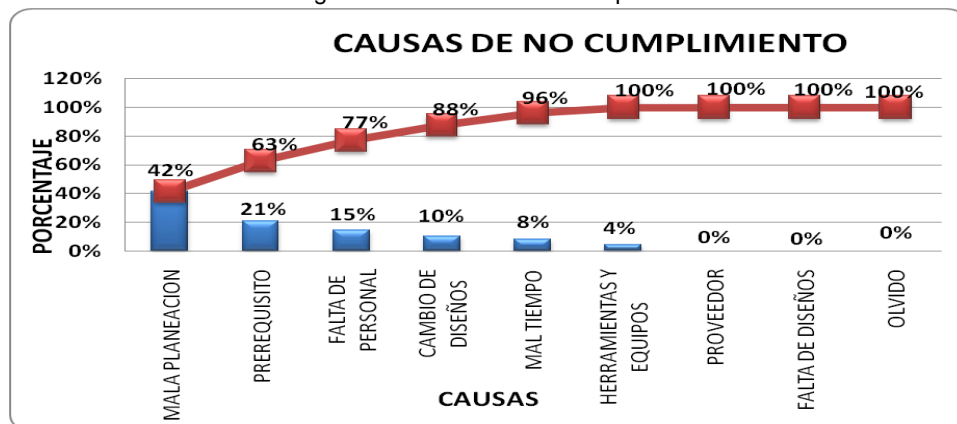


Fuente: Autor

7.5.1.1.2. Causas de No cumplimiento

Las principales causas según el estudio de Pareto son: mala planeación, prerequisite y falta de personal:

Figura 60 . Causas de no cumplimiento



Fuente: Autor.

Explicación de las principales causas:

- **MALA PLANEACION:** La no comunicación de las actividades programadas a los contratistas con sus trabajadores y el saber organizar las cuadrillas, la falta de compromiso a la asistencia de los contratistas y no del contra maestro a las Reuniones Semanales (Last Planner) para que se enteren de las restricciones y avances de obra ha ocasionado que se presente Mala Planeación como causa de tiempos No contributivos.
- **PREREQUISITO:** Prerrequisitos generados por el Contratista Johnson Perdomo retrasa actividades de enchape de baños comunes de la Torre 29, mampostería de los ductos de la fachada interna y buitrones de oficinas. Lo que genera atraso en obra de actividades de estuco y pintura (primera mano) a oficinas. La escacilada (reproceso) de la fachada cr. 29 para darle paso a la instalación de perfilería y Ventanería por parte del contratista Sonia Montañez (estructura).
- **FALTA DE PERSONAL:** Falta de personal en obra por parte del Contratista Johnson Perdomo ha ocasionado que no cumpla con las actividades semanales programadas lo que ha generado atrasos en otras actividades constructivas. Ya se habló con el Contratista de la situación y se compromete a reforzar las actividades en la obra con 2 nuevas personas para la realización del alcantarillado por la cr 29.
- **CAMBIO DE DISEÑOS:** Los constantes cambios en los diseños generan tiempos No contributivos pues las actividades se detienen hasta nueva orden. El cambio de los diseños en la parte arquitectónica de las oficinas de Marval ha generado atraso en la obra.

7.5.1.1.3. Calificación a contratistas

- **ASEO Y ORDEN:** Debido al desorden en la obra en varios puntos de la obra, se decide hacer brigadas de aseo cada 15 días en dónde se le asignan a cada contratista ciertos pisos de ambas torres (T29 y T33) con el propósito de que se organice, se barra, se recojan y se encostalen los escombros para que sea más fácil el transporte por el Elevador eléctrico y para que no se hagan regueros de escombros en el punto de acopio. Este aseo se pacta en un formato en dónde cada contratista al terminar el aseo en el área asignada solicita que se revise, si es satisfactoria la labor se firma para que quede constancia de entrega. Las reuniones se planean desde el jueves después del tiempo de almuerzo para que el contratista se organice desde temprano y programe el aseo con sus trabajadores. Además de la brigada de aseo, se les hace el llamado de atención a los

contratistas para que recojan y organicen el lugar donde realizan el trabajo con el fin de reducir los tiempos de limpieza para las actividades posteriores.

- **CALIDAD:** Se está gestionado a partir del control de no conformidades de la obra (RING 008) las observaciones de las oficinas y urbanismo. Se controla la entrega de pisos en porcelanito de las oficinas, revisando la calidad del brechado, la pega y los guardaescobas, para darle paso al empapelado y proteger el piso del ambiente y del personal de otros contratistas que necesiten hacer actividades en los pisos acabados. En Calidad también se está haciendo seguimiento fotográfico a la calidad del producto en estructura, se observan hormigueos en vigas, columnas y pantallas con frecuencia. Se hace la observación por el mal vibrado que se hace y se toman medidas correctivas.
- **SEGURIDAD INDUSTRIAL:** Se realizan de manera semanal las reuniones de seguridad Industrial lideradas por el Ing. Jorge Sandoval y la Inspectora de Seguridad Sandra Mateus dirigidas a brigadistas y a contratistas para hablar de los incidentes reportados en la semana, se analiza la situación y se toman medidas correctivas. De estas reuniones se realizan las capacitaciones en seguridad para reforzar en dónde se observan varios incidentes. En el mes de agosto se realizan capacitaciones en: Cuidado de Manos, Uso de Malacate, Uso del Arnés en Torre Grúa. Se felicita al personal por llevar un record de 147 días sin accidentalidad.
- **ATENCIÓN A SOLICITUDES:** Se empieza a implementar el R ING 133 en dónde se diligencian las solicitudes a los contratistas que se presentan de manera extraordinaria y por necesidades de la obra. Al finalizar la semana se revisan los compromisos y se califican con registro fotográfico.

Tabla 16. Ranking Mensual Agosto Contratistas

RANKING MENSUAL DE CONTRATISTAS	
CONTRATISTAS	CALIFICACIÓN MENSUAL
1	GUILLERMO HENRY GOMEZ 9,95
2	AMV CESAR SUAREZ 9,95
3	CARLOS FONSECA 9,60
4	HERNANDO BOHORQUEZ 9,03
5	ADMINISTRACIÓN 8,62
6	SINFOROSO ALVAREZ 8,45
7	JOHNSON PERDOMO 7,90
8	SONIA MONTAÑEZ 7,28
9	PROSPERO ARIAS 6,93

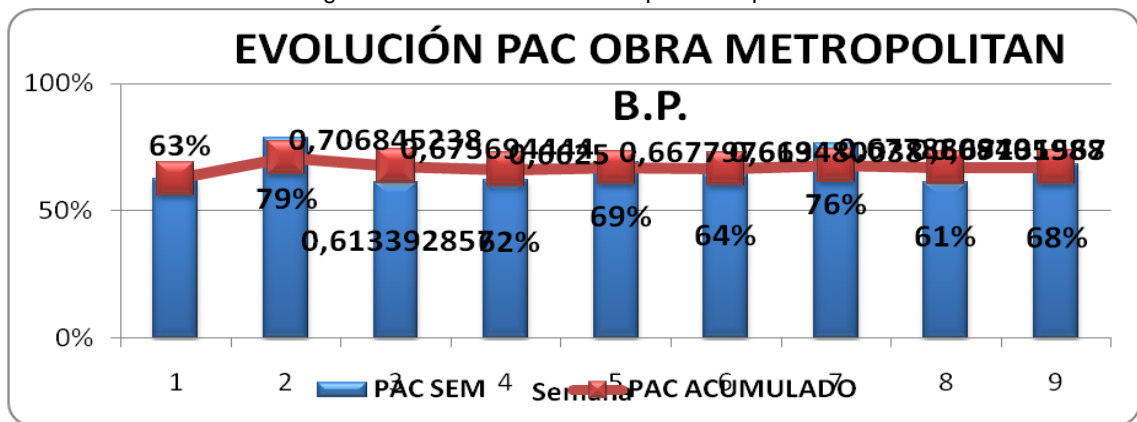
Fuente. R ING 129. Last Planner

La calificación general a contratistas fue positiva, sin embargo se destaca la baja calificación del contratista prospero arias el cual su cumplimiento en obra no ha sido el mejor debido a que no ha pagado la seguridad social de los obreros y no han podido ingresar a laborar. (Ver tabla 16. Ranking Mensual Agosto Contratistas)

7.5.1.2. Reporte Calificación Septiembre 2010

7.5.1.2.1. Seguimiento a PAC Septiembre

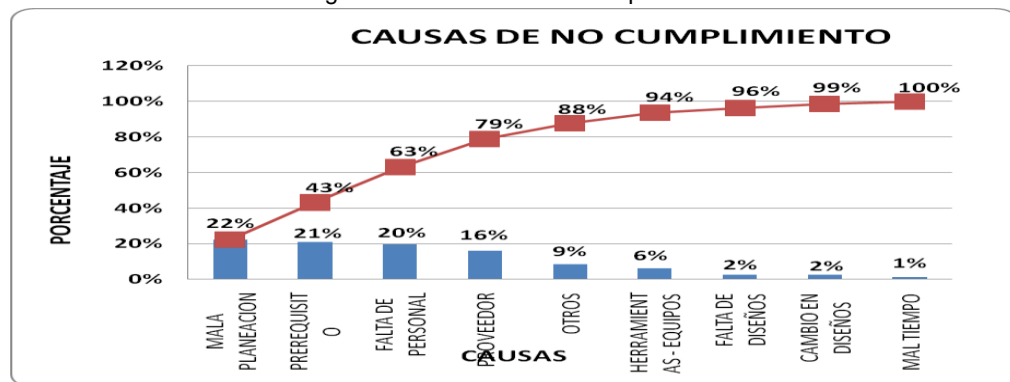
Figura 59. Evolución PAC Metropolitan Septiembre



En el mes de septiembre las principales causas de no cumplimiento fueron: Mala planeación, prerequisite y falta de personal como se observa en el siguiente figura:

7.5.1.2.2. Causas de No cumplimiento

Figura 60. Causas de No Cumplimiento



Fuente: Autor.

- **MALA PLANEACION:** La no comunicación de las actividades programadas a los contratistas con sus trabajadores y el saber organizar las cuadrillas, la falta de compromiso a la asistencia de los contratistas y no del contra maestro a las Reuniones Semanales (Last Planner) para que se enteren de las restricciones y avances de obra ha ocasionado que se presente Mala Planeación como causa de no cumplimiento. Los contratistas no avisan con tiempo las restricciones que tienen si no hasta el momento de realizar las actividades. En las reuniones Lean se dedica un espacio en donde los contratistas exponen sus restricciones para darle liberación y no se están aprovechando estos espacios.
- **PREREQUISITO:** Se presenta prerrequisito en las actividades de estructura de obra al momento de hacer las reparaciones de la torre Grúa. En las actividades de mampostería hay prerrequisitos con las actividades incompletas de los plomeros. Se adelantan las actividades a un 50 % de mortero en los pisos 18., 19 y 20 debido a la cantidad de escombros existentes.
- **FALTA DE PERSONAL:** Las actividades de los Pintores se ven afectadas por la falta de personal para la pintura de fosos de ascensores, perlines y riostras de Piso 1, Sot 1, Sot 2, Sot 3. Las actividades de plomería se ven interrumpidas por la falta de personal, ya se establecieron las fechas de entrega de las actividades en la Torre 29 para que se tomen medidas que no afecten el cumplimiento de la programación de obra.
- **PROVEEDOR:** Este mes se presentaron varios Inconvenientes con la llegada de material a la obra: los proveedores de Tierra para los rellenos de los sótanos que presentan 3 meses de atraso, el ladrillo T1, la tubería red contra incendio, válvulas reguladoras de presión.

7.5.1.2.3. Calificación a Contratistas

- **ASEO Y ORDEN:** Se destaca la participación de los contratistas con las jornadas de aseo realizadas en la obra, se empieza a utilizar el formato R ING 132 para llevar el control del aseo. Se da prioridad a la bajada de escombros y limpieza de pisos 18, 19, 20 y cubierta para adelantar los trabajos de mortero y enchape de pisos. Se programa con el elevador bajar los escombros de 5 a 7 pm de la noche entre semana y los fines de semana los domingos todo el día hasta el desmonte del elevador chino.
- **CALIDAD:** En calidad del trabajo y producto hay una buena observación en general, se mejora el brechado de los enchapadores de Porcelanato del contratista

Hernando Bohórquez, sin embargo se hace la observación de la mala calidad del porcelanato pues se han tenido que cambiar varias baldosas en las oficinas, lo que ha ocasionado reprocesos. En cuanto al cuidado del porcelanato se ha hecho el seguimiento al empapelado pues no se está cuidando por otros contratistas al momento de trabajar sobre él. Muchas baldosas quedan rayadas y desportilladas. En estructura, se observan grietas en la placa después de la fundida al no regar con abundante agua el área fundida. En pintura se hace la observación y corrección a Próspero Arias por no utilizar Hueso Duro en la mayoría de Perlines y Riostras de los Pisos de los Parquederos (2,3,4) Torre 33.

- **SEGURIDAD INDUSTRIAL:** Se presentan dos accidentes laborales incapacitantes. El primero de Estructura y el segundo de Mampostería y friso. Se realizan las reuniones de seguridad industrial donde se siguen reportando los incidentes laborales semanales a cargo del Ing. Jorge Sandoval y Sandra Mateus. Se hicieron seis capacitaciones en el mes de acuerdo a las observaciones realizadas por semana para todo el personal de obra.
- **ATENCIÓN A SOLICITUDES:** Se empieza a implementar el R ING 133 Solicitud de Correcciones a contratistas para llevar el registro de las actividades extra que se presentan en la semana. Se destaca el cumplimiento de los Contratistas Johnson Perdomo con los remiendos y modificaciones de plomería en las oficinas de la T29; Guillermo Henry por los arreglos en los vecinos, AMV con las instalaciones eléctricas para otros contratistas y de administración.

Tabla 17. Ranking Mensual Agosto Contratistas

RANKING SEMANAL DE CONTRATISTAS	
CONTRATISTAS	CALIFICACIÓN SEMANAL
GUILLERMO HENRY	10,00
CÉSAR SUÁREZ	10,00
CARRARA	10,00
ADMINISTRACIÓN	10,00
HERNANDO BOHORQUEZ	9,85
CONDECORANDO	9,85
CARLOS FONSECA	9,85
SONIA MONTAÑEZ	9,10
PRÓSPERO ÁRIAS	8,95
SERVIPARAMO	6,00
VENTANAR	5,85
JHONSON PERDOMO	5,50

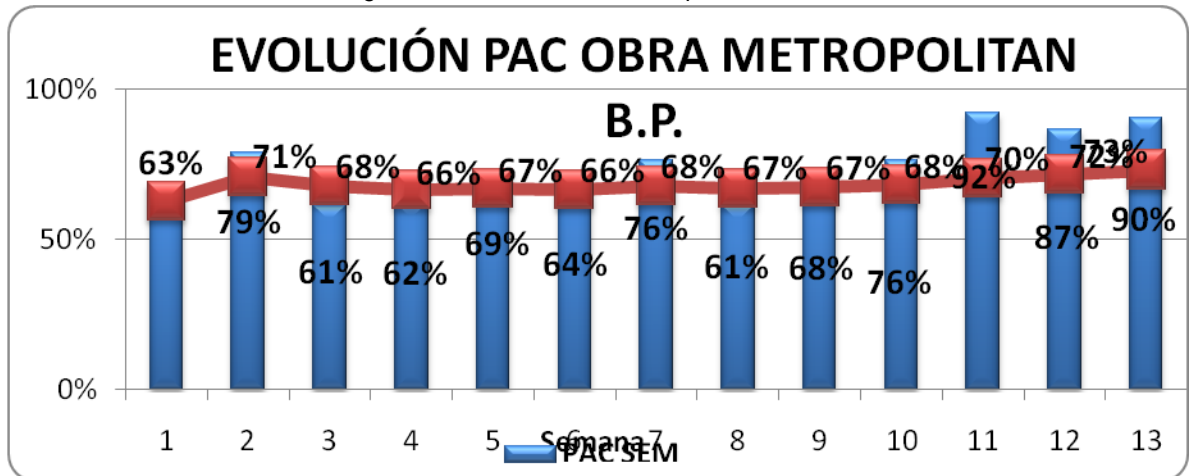
Fuente. R ING 129. Last Planner

Mala calificación se presentó en los contratistas Serviparamo, Ventanar y Jhonson Perdomo. (Ver tabla 16. Ranking Mensual Agosto Contratistas)

7.5.1.3. Reporte Calificación Octubre 2010

7.5.1.3.1. Seguimiento a PAC Octubre

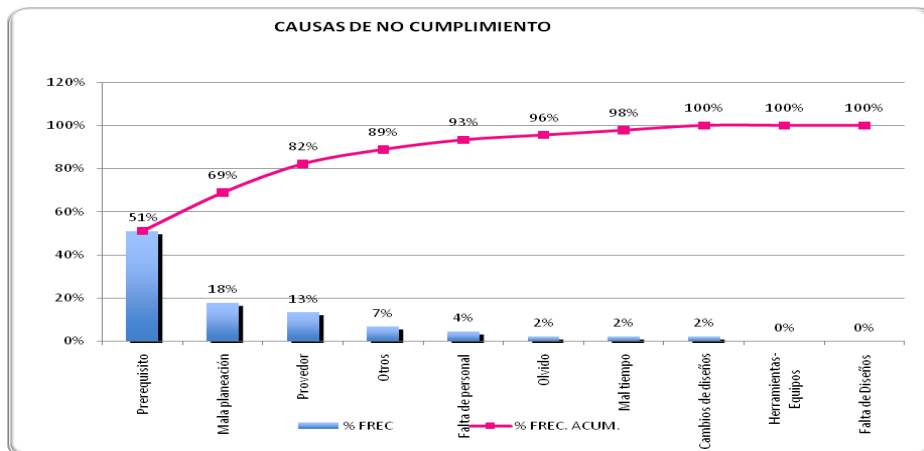
Figura 61. Evolución PAC Metropolitan Octubre



Fuente: Autor.

7.5.1.3.2. Causas de No cumplimiento

Figura 62. Causas de No Cumplimiento



Fuente. Last Planner Octubre 2010. Marval S.A

- **PREREQUISITO:** Prerrequisitos generados por el desmonte del elevador chino en fachada cr 29 torre 29. Esta actividad ocasiona atrasos en trabajos de instalación de mármol en fachada entre el eje 1-2 y también en los trabajos de instalación de Ventanería.
- **MALA PLANEACIÓN:** Se sigue presentando esta causa del contratista por no planear bien las actividades con el personal. Se descuidan actividades importantes para darle paso a actividades que no generan avance a la obra.
- **PROVEEDOR:** Se genera atrasos en los rellenos de sótano 3 torre 33 debido a la falta de tierra para poder continuar. Había muchos inconvenientes que limitaban la disponibilidad de tierra como lo fue la época de lluvias.

7.5.1.3.3. Calificación a contratistas

- **ASEO Y ORDEN:** Se realizan las jornadas de aseo en las torres lo que hacen ver despejado los pisos. Sin embargo existen problemas de orden de materiales en toda la obra frecuentados por los Plomeros, dejan tubería restos de tubería tirada en diferentes puntos de la T29. También desorden en materiales por parte de Guillermo Henry, deja material como arena, triturado en los puntos donde realiza labores y no hace el respectivo aseo. Con estos contratistas se habló y se comprometieron a mejorar.
- **CALIDAD:** La calidad de los trabajos en obra en general son muy buenos, sin embargo existen varios puntos a señalar: SONIA MONTAÑEZ: Escaleras de T29 desniveladas lo que genera escacilarlas y nivelación para que puedan trabajar los señores pintores. También hay observaciones de calidad pero referente al Porcelanato, la mala calidad en la mayoría de lozas complica un buen acabado lo que ha generado romper varias en pisos de la torre 29.
- **SEGURIDAD INDUSTRIAL:** La seguridad se vio afectada por los tres accidentes ocurridos, de 3, 2 y 20 días de incapacidad. EL más grave fue el accidente del obrero de Carlos Fonseca quien se golpea el dedo con la tapa de la góndola. Hay un buen cumplimiento del pago de Seguridad Social de los contratistas. Se siguen realizando las reuniones semanales de contratistas en seguridad industrial para calificar y resaltar las buenas y malas prácticas en la obra lideradas por el Ing. Jorge Sandoval. Según las últimas semanas una de las mayores incidentes ha sido el no Uso de EPP por parte de Hernando Bohórquez, Johnson Perdomo, Ventanar, Condecorando. También se presentan varias observaciones con los Enchapadores y Eléctricos al dejar los cables de las extensiones tiradas por el piso en presencia de agua en el sitio de trabajo.

- **ATENCIÓN A SOLICITUDES:** La atención a solicitudes ha sido satisfactoria en el mes de Octubre, buen compromiso con los pendientes y reformas que se deben realizar por trabajos mal ejecutados. La mayoría de AS se presentan en los arreglos a los Vecinos (San Felipe, Multicopio, Gimnasio).

Tabla 18 . Ranking Mensual Contratistas

RANKING MENSUAL DE CONTRATISTAS	
CONTRATISTAS	CALIFICACIÓN MENSUAL
1 EQUIPOS	10,00
2 EME INGENIERÍA	10,00
3 COMPRAS	10,00
4 ADMINISTRACION	10,00
5 CARRARA	9,96
6 CESAR SUAREZ	9,89
7 GUILLERMO GOMEZ	9,71
8 SONIA MONTAÑEZ	9,70
9 VENTANAR	9,64
10 CONDECORANDO	9,56
11 PROSPERO ARIAS	9,41
12 HERNANDO BOHORQUEZ	9,31
13 CARLOS FONSECA	9,29
14 SERVIPARAMO	8,75
15 JHONSON PERDOMO	8,14
16 CONTRATACION	8,00

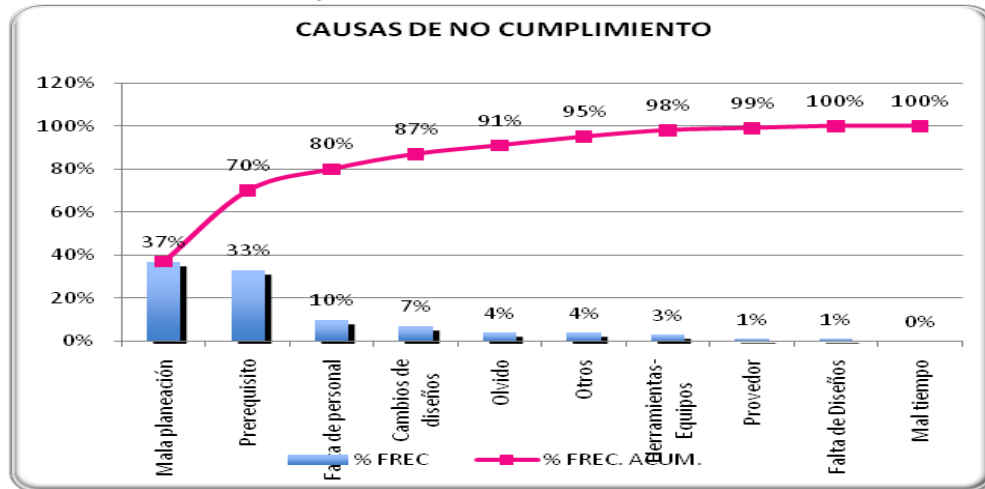
Fuente. R ING 129. Last Planner

Según el ranking mensual, se destaca la gestión de los contratistas: EME Ingeniería, Mármoles Carrara. EN general estuvieron todos los contratistas cumplieron con la mayoría de criterios de calificación.

7.5.1.4. Reporte Calificación Noviembre 2010

7.5.1.4.1. Causas de No cumplimiento

Figura 63. Causas de No Cumplimiento



Fuente: Last Planner Noviembre. Marval S.A

- **MALA PLANEACIÓN:** Los Contratistas Carrara, Serviparamo, Johnson Perdomo, presentan incumplimiento por la mala planeación de las actividades. Serviparamo presenta cronograma de actividades y no ha iniciado en forma por qué no ha llegada a obra los equipos de la torre 29. Johnson Perdomo continúa fallando en la asignación de actividades a los plomeros lo que conlleva a un mal cumplimiento de las actividades.
- **PREREQUISITO:** Prerrequisitos principalmente en la red contraincendios por parte de Johnson Perdomo, para la instalación de los cielorrasos en los puntos fijos de la torre 29. También el embone de los ascensores han dificultado la instalación de los pisos en el punto fijo.
- **FALTA DE PERSONAL:** Carrara no presenta nuevo persona a obra lo que ha atrasado la instalación del mármol de la fachada por la Cr 29 en la cubierta inclinada y en el eje 3 a 5 piso 3. Johnson se compromete a ingresar nuevo personal exclusivo para la instalación de la red contraincendios.

7.5.1.4.2. Calificación a contratistas

Tabla 19. Ranking Mensual Noviembre Contratistas

RANKING MENSUAL DE CONTRATISTAS	
CONTRATISTAS	CALIFICACIÓN MENSUAL
1	THYSSENKRUPP 10,00
2	EQUIPOS 10,00
3	EME INGENIERIA 10,00
4	COMPRAS 10,00
5	ADMINISTRACION MBP 10,00
6	PRÓSPERO ARIAS 9,76
7	SONIA MONTAÑEZ 9,75
8	CESAR SUAREZ AMV 9,68
9	CARLOS FONSECA 9,44
10	GUILLERMO GOMEZ 9,14
11	CONTRATACIÓN 9,00
12	CARRARA 8,93
13	VENTANAR 8,48
14	SERVIPARAMO 8,43
15	HERNANDO BOHORQUEZ 8,29
16	JHONSON PERDOMO 7,68
17	CONDECORANDO 7,68
18	LUIS EDUARDO GOMEZ 7,63
19	

Fuente. R ING 129. Last Planner

- **ASEO Y ORDEN:** En el mes no se cumplieron con las jornadas de aseo programas por la mayoría de los contratistas. Los contratistas que están en acabados de la Torre 29 están dejando el sitio de trabajo desordenado y sucio, además no están cuidando el cartón que se pega para el cuidado del porcelanato, se hace llamado de atención y se toma la decisión de cobrar jornales de aseo a contratistas que no colaboren con mantener el sitio de trabajo ordenado y limpio.
- **CALIDAD:** Calidad por parte del estuco y pintura, están haciendo la segunda mano de pintura y no están rematando los bordes de muros mordidos, simplemente pasan la pintura dejando al descubierto las esquinas desboquilladas.

Observación de Calidad para el Contratista de Mampostería y friso por realizar las dilataciones del friso de la fachada interna de los baños comunes desniveladas, lo que ocasiona paro de actividades de estuco y pintura de fachada y reproceso por realizar de nuevo el acabado de las dilataciones.

- **SEGURIDAD INDUSTRIAL:** Pago cumplido de Seguridad Social de los contratistas, se presentan observaciones de incidentes de menor gravedad. Sin embargo el no uso correcto de los andamios tubulares por los obreros pintores y

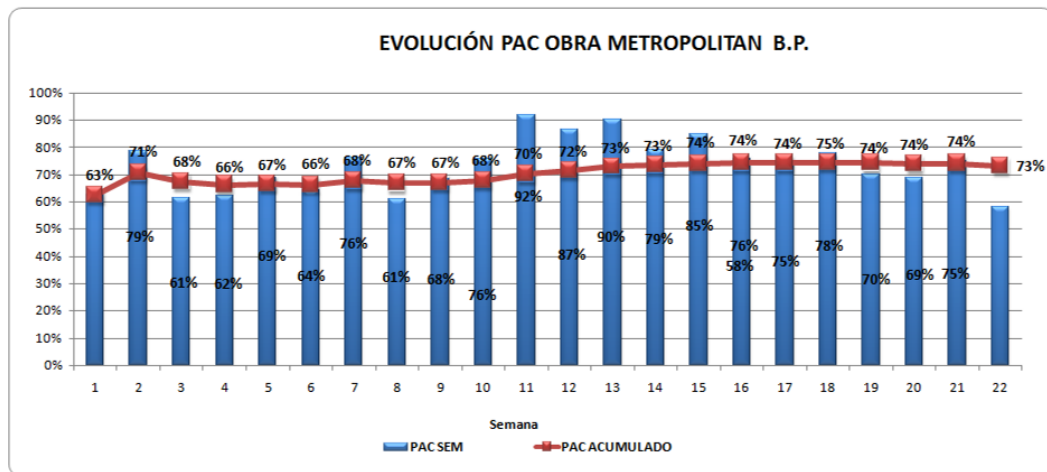
electricistas, el no uso del barbuquejo y casco y las extensiones de corriente por el piso son las más frecuentes en el mes.

- **ATENCIÓN A SOLICITUDES:** Atención a solicitudes a el contratista Guillermo Henry para las reformas en los pisos de San Felipe (Vecinos) y para los plomeros con la reubicación de la tubería regada por toda la obra en un solo punto de acopio.

7.5.1.5. Reporte Calificación Diciembre 2010

7.5.1.5.1. Seguimiento a PAC Diciembre

Figura 64. Seguimiento a PAC Diciembre

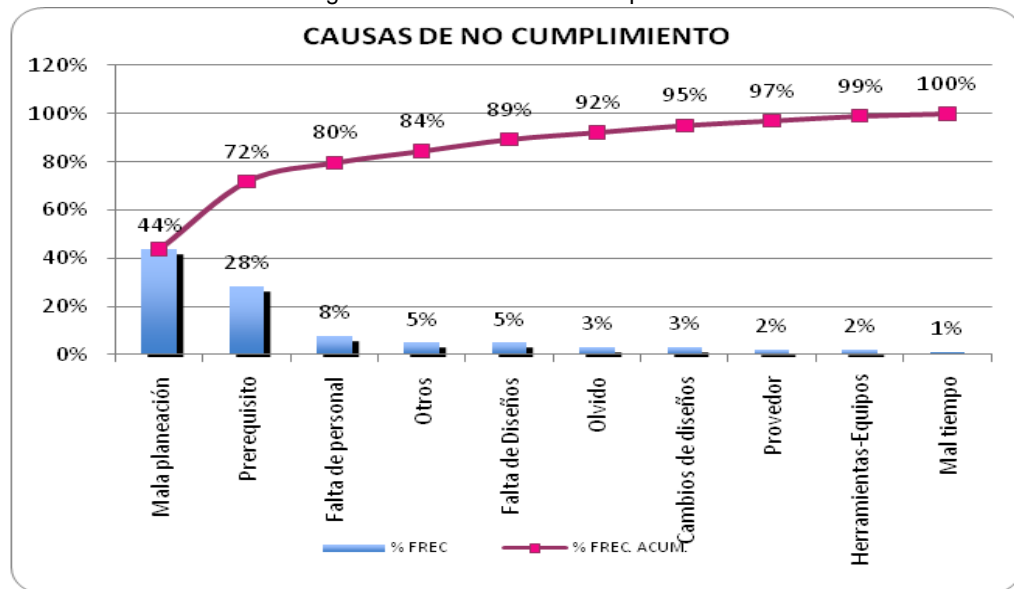


Fuente: Autor.

Como se puede observar en la figura el PAC asciende a el 74% en la 3 semana del mes de diciembre y cae al 60% la ultima semana de diciembre, esto debido a las fiestas de ultimo año, lo cual los obreros no se comprometen con el desarrollo de las actividades, también a que muchos contratistas no trabajan la ultima semana de diciembre y genera incumplimientos en la programación.

7.5.1.5.2. Causas de No cumplimiento

Figura 65. Causas de No Cumplimiento



Fuente: Last Planner Noviembre. Marval S.A

- **MALA PLANEACIÓN:** Se sigue presentando la mala planeación de actividades por los contratistas, en diciembre hubo un mal cumplimiento de actividades debido a que muchos contratistas por ser época de fiestas no trabajaban ciertos días de manera normal, también muchos obreros se fueron de vacaciones.
- **PREREQUISITO:** Prerrequisitos en la instalación de la red contraincendios de la torre 29 para el inicio de la instalación de la modulación de cielo raso, otro aspecto importante a resaltar es la coordinación de trabajos para los contratistas que trabajan sobre la fachada, se deben coordinar para que las tareas no se crucen y se cumplan normalmente. Actualmente hay prerrequisitos con Ventanar en la subida e instalación de Ventanería por la fachada interna por la pintura y estuco de la fachada interna de la Torre 29. También está la restricción de subida de material con el inicio de pintura y estuco de fachada interna eje 5.
- **FALTA DE PERSONAL:** Falta de personal a actividades de plomería, para dejar lista la torre 29; con el personal de Carrara (Mármoles), existe la necesidad de empezar con varios frentes de trabajo en fachada, puntos fijos y piso 1 de la torre 29 para darle acabado y no hay la cantidad suficiente de personal. Se comprometen a iniciar labores en enero con personal nuevo.

7.5.1.5.3. Calificación a Contratistas

Tabla 20. Ranking Mensual Noviembre Contratistas

RANKING SEMANAL DE CONTRATISTAS	
CONTRATISTAS	CALIFICACIÓN SEMANAL
1	CONTRATACIÓN
2	COMPRAS
3	ADMINISTRACION MBP
4	EME INGENIERIA 9,80
5	THYSSENKRUPP 9,67
6	SONIA MONTAÑEZ 9,67
7	CONDECORANDO 9,05
8	HERNANDO BOHORQUEZ 8,90
9	GUILLERMO HENRY 8,90
10	CESAR SUAREZ AMV 8,55
11	CARLOS FONSECA 8,00
12	SERVIPARAMO 7,75
13	JHONSON PERDOMO 5,05
14	CARRARA 5,05
15	LUIS EDUARDO GOMEZ 4,20
16	PRÓSPERO ARIAS 4,00
17	VENTANAR 3,90
18	EQUIPOS 0,00
19	

Fuente. R ING 129. Last Planner

- **ASEO Y ORDEN:** En el mes no se cumplieron con las jornadas de aseo programas por la mayoría de los contratistas. Los contratistas que están en acabados de la Torre 29 están dejando el sitio de trabajo desordenado y sucio, además no están cuidando el cartón que se pega para el cuidado del porcelanato, se hace llamado de atención y se toma la decisión de cobrar jornales de aseo a contratistas que no colaboren con mantener el sitio de trabajo ordenado y limpio.
- **CALIDAD:** Calidad por parte del estuco y pintura, están haciendo la segunda mano de pintura y no están rematando los bordes de muros mordidos, simplemente pasan la pintura dejando al descubierto las esquinas desboquilladas.
- Observación de Calidad para el Contratista de Mampostería y friso por realizar las dilataciones del friso de la fachada interna de los baños comunes desniveladas, lo que ocasiona paro de actividades de estuco y pintura de fachada y reproceso por realizar de nuevo el acabado de las dilataciones.
- **SEGURIDAD INDUSTRIAL:** Pago cumplido de Seguridad Social de los contratistas, se presentan observaciones de incidentes de menor gravedad. Sin embargo el no uso correcto de los andamios tubulares por los obreros pintores y

electricistas, el no uso del barbuquejo y casco y las extensiones de corriente por el piso son las más frecuentes en el mes.

- **ATENCIÓN A SOLICITUDES:** Atención a solicitudes a el contratista Guillermo Henry para las reformas en los pisos de San Felipe (Vecinos) y para los plomeros con la reubicación de la tubería regada por toda la obra en un solo punto de acopio.

7.6. PLANIFICACION INTERMEDIA LOOK AHEAD

La Planificación Intermedia de la Obra Metropolitan Business Park se desarrolla cada seis semanas en donde se convoca a reunión a todos los ingenieros residentes de obra, director de obra, director de Ingeniería, director de Compras y demás interesados según sea el caso que se necesite su presencia.

En cada reunión de planificación se realiza un listado de las futuras restricciones que se van a presentar en las siguientes seis semanas en donde se atacan de manera directa asignando una fecha y responsable para hacerle seguimiento, estas decisiones quedan consignadas en un Acta de Reunión firmada por los participantes.

7.6.1. Seguimiento a Restricciones Mes de Julio 2010

Tabla 21. Restricciones Julio- Agosto

Nº	ASPECTO A CONSIDERAR	DECISION	Responsable	Fecha
1	Platinas para puntos de anclaje		Compras	27/07/2010
2	Diseño sistema de lavado		Arq. Carolina	
3	Consulta CARRARA Instalación Mármol Volado		Ing. Darling	03/08/2010
4	Definición diseños oficinas Marval P17		Arq. Carolina	28/07/2010
5	Desagües arañas sanitarias P17		Ing. Darling	28/07/2010
6	Aumento cuadrillas Mampostería	Cambio de contratista Carlos Fonseca	Ing. Jorge	02/08/2010
7	Aumento cuadrillas Friso	Cambio de contratista Carlos Fonseca	Ing. Jorge	02/08/2010
8	tubería Desfogue planta de emergencia		Ing. Darling	26/07/2010

9	Terminación mampostería WC hasta el piso 20	Cambio de contratista Carlos Fonseca	Ing. Darling	02/08/2010
10	Revisar las poleas		Ing. Darling	28/07/2010
11	Push de los baños comunales		Compras	26/07/2010
12	Actividad Porcelanato P5		Ing. Darling	31/07/2010
13	Contratación platinas y vigas IPE		Arq. Carolina	
14	Mantenimiento preventivo bomba concreto		Equipos	23/08/2010
15	Adjudicación contrato cielo raso		Arq. Tatiana M.	
16	Crucetas largas y cortas para de doble altura		Ing. Cristian	27/07/2010
17	Iluminación sótanos		Ing. Cristian	27/07/2010
18	Bobcat		Ing. Cristian	27/07/2010
20	pedidos de ladrillo sotano3		Compras	03/08/2010
21	Aplicación Sika top, Juntas de Estructura y Mampostería		Ing. Darling	26/08/2010
22	Malla electro soldada		Ing. Cristian	26/08/2006

Fuente: Tomado de el RING 130 Planificación Intermedia Mes de Julio Metropolitan Business Park. Marval S.A

Un aspecto importante de destacar de estas restricciones, es la que tiene que ver con los diseños de acabados de las oficinas de Marval S.A las cuales no son entregadas a obra en los tiempos normales lo que ha dificultado la continua programación de actividades en los pisos 18, 19 y 20 de la Torre 29. Esta restricción depende de las directivas de la empresa lo que ha generado retraso en todas las actividades constructivas.

7.6.2. Seguimiento a Restricciones Mes de Septiembre – Octubre 2010

Tabla 22. Restricciones Septiembre – Octubre

Nº	ASPECTO A CONSIDERAR	DECISION	Responsable	Fecha
1	Cantidades Obra Acceso. Mamp cajas Contra incendio	Pendiente OG	Compras	13/09/2010
2	Cerámica Enchape P16 a 920	Pendiente Miguel Prada	Compras	11/09/2010
3	Pedido Porcelanato P10 a P14	Llegò a obra sep 6	Compras	06/09/2010
4	Ladrillo T1 Pozo de inspeccion	Definir cantidades con Johnson Perdomo	Compras	13/09/2010
5	Tubería Contra incendio	Diseños Johnson Perdomos	Compras	13/09/2010

6	Valvulas Reguladoras para red contra incendio	Diseños Johnson Perdomos	Compras	13/09/2010
7	Accesorios PVC para red contra incendio	Diseños Johnson Perdomos	Compras	13/09/2010
8	Red rociadores	Diseños Johnson Perdomos	Compras	13/09/2010
9	Valvulas Sectorizacion rociadores	Diseños Johnson Perdomos	Compras	13/09/2010
10	Tuberia Sanitaria Yee 6x4	Ya esta pedido	Compras	07/09/2010
11	Puerta y persiana P2 y Cubierta prov. Electrica	Ya está pedido	Compras	07/09/2010
12	Plástico Rellenos Sot 3 T33	Ya esta pedido	Compras	07/09/2010
13	Malla Antepiso Rellenos	Ya esta pedido	Compras	07/09/2010
14	Material Relleno Tierra	Ya esta pedido	Compras	07/09/2010
15	Diseño Válvula Rociadores	Ya esta pedido	Ingeniería	07/09/2010
16	Diseño escalera Ps1 a P13 T33	Se toma el mismo diseño	Arq. Carolina	08/09/2010
17	Bajada escombros, orden y aseo P18 a P20	Sábado y Domingo para bajar escombros	Arq. Carolina	11/09/2010
18	Inst. Tubería ventilación forzada.	Ya está en obra la tubería	Ing. Darlyn	08/09/2010
19	Inst. Blindo barra Electrica	Finaliza actividad el 25 de sep.	Ingeniería	13/09/2010
20	Inst. Tubería hidráulica P15 a P20	En ejecución	Ing. Darlyn	06/09/2010
21	Prueba Hidráulica Baños P10 a P14	En ejecución	Ing. Darlyn	06/09/2010
22	Prueba Hidráulica y san. Collarines traslado acometidas	En ejecución	Ing. Darlyn	06/09/2010

Fuente: Tomado de el RING 130 Planificación Intermedia Mes de Septiembre Metropolitan Business Park. Marval S.A

En este periodo, las restricciones criticas para la obra fue el no tener el diseño de la red contra incendio, la responsabilidad se dejo en manos del contratista de Plomería, Jhonson Perdomo, quien manifiesta no tener la suficiente capacitación del tema lo que ha generado pérdidas de tiempo en definiciones de diseño y por siguiente de definición de cantidades de materiales para el proceso de compra.

7.6.3. Seguimiento a Restricciones Mes de Octubre-Noviembre 2010

Tabla 23. Restricciones Octubre- Noviembre 2010

Nº	ASPECTO A CONSIDERAR	DECISION	Responsable	Fecha
1	Llegada Material Escalgres	Pendiente llegada a obra	Ing. Robinson J	20/10/2010
2	Llegada Material Terrazo	Pendiente llegada a obra	Ing. Robinson J	20/10/2010
3	Ladrillo Muros Oficinas T33 Piso 5 a Piso 8	Pendiente llegada a obra	Ing. Robinson J	20/10/2010
4	Ladrillo E-15 Sótano San Felipe	Pendiente llegada a obra	Ing. Robinson J	20/10/2010
5	Pedido tubería Ranura T33	Pendiente llegada a obra	Ing. Robinson J	20/10/2010
6	Llegada estructura metálica local 106		Ing. Robinson J	30/10/2010
	ABRAZADERAS, VALVULAS REGU.VALVULAS DE B		Ing. Robinson J	30/10/2010
7	Radios de comunicación maquinaria		Ing. Edward Alfonso	30/10/2010
	Reubicación Materiales Lobby T29		Ing. Robinson J	01/11/2010
8	Puertas Provisionales	En proceso	Arq. Carolina R.	06/11/2010
9	Aire Acondicionado Sala Ventas	En proceso	Arq. Carolina R.	11/11/2010
10	Cantidades PINTURA FACHADA	En proceso	Arq. Carolina R.	11/11/2010
11	Cantidades Pintura Señalización Parquea	En proceso	Arq. Carolina R.	11/11/2010
12	Cantidades Piso local ventas y 106	Pendiente por diseños	Arq. Carolina R.	11/11/2010
13	Cantidades Acabados Torre 33		Arq. Carolina R.	11/11/2010
14	Pintura Negro Basalto Fachada		Arq. Carolina R.	11/11/2010
15	EQ Red Contra Incendio Canti. Obra y especif. T33		Ing. Jorge Sandoval	25/10/2010
16	Contr. Rociadores Cant. Obra y especi. T33		Ing. Jorge Sandoval	25/10/2010

17	Pisos y Enchapes oficinas MARVAL	Ya se envio la solicitud al Doctor Sergio M.	Arq. Carolina R.	01/11/2010
18	Valorizar Muros superboard MARVAL	Ya se envio la solicitud al Doctor Sergio M.	Arq. Carolina R.	01/11/2010
19	Detalle mesones Celaduria y taquilla	Ya se envio la solicitud al Doctor Sergio M.	Arq. Carolina R.	01/11/2010
20	Amoblamiento Oficina Modelo		Ing. Luz A. Ardila	15/11/2010
21	Manija antipanico		Ing. Luz A. Ardila	15/11/2010
22	Rociadores y Pulverizadores		Ing. Luz A. Ardila	15/11/2010
23	Señales Valvulas de incendio		Ing. Luz A. Ardila	15/11/2010
24	Válvulas red rociadores		Ing. Luz A. Ardila	15/11/2010
25	Piso Cuarto Control		Ing. Luz A. Ardila	15/11/2010
26	Válvula Contra incendio 6"		Ing. Luz A. Ardila	15/11/2010
27	Pedido Manometros		Ing. Luz A. Ardila	15/11/2010
28	Diseño Estructural Cubierta Torre 33		Ing. Ramon Al	10/11/2010
29	Montaje Estructura Metalica Local 106		Ing. Ramon Al	10/11/2010
30	Necesidades Redes datos MARVAL		Ing. Jorge.Martinez	20/11/2010
31	Planta Telefonica Colofonia		Ing. Jorge.Martinez	20/11/2010
32	Propuesta Iluminación		Ing. Jorge.Martinez	20/11/2010
33	Cotización Pintura Parqued y columnas		Prospero Arias	20/10/2010
34	Equipos de Bombeo	Pendiente respuesta de contratación	Arq. Tatiana	P
35	Invitación a Cotizar PINTURA	Pendiente	Arq. Tatiana	P

	FACHADA	respuesta de contratación		
36	Licitación CARPINTERIA METALICA	Pendiente respuesta de contratación	Arq. Tatiana	P
37	Licitación Impermeabilizaciones	Pendiente respuesta de contratación	Arq. Tatiana	P
38	Licitación Seguridad		Ing. Rubén O	P
39	Diseño Gas local CAFETERIA		Ing. Fabio R	30/10/2010
40	Legalizar Ajustes hidráulicos ante AMB		Ing. Fabio R	30/10/2010
41	Diseño AA oficinas MARVAL		Ing. Fabio R	30/10/2010
42	Presupuesto Eléctrico Torre 33		Ing. Gustavo M	30/11/2010
43	Bloqueo de Acceso a Ps 19		Thyssen	01/11/2010

Fuente: Tomado de el RING 130 Planificación Intermedia Mes de Septiembre Metropolitan Business Park. Marval S.A

En este periodo se presentan 43 restricciones pendientes, la gran mayoría son toma de decisiones en diseños y montaje de requerimientos de compras. Es una etapa decisiva ya que entran nuevos contratistas a obra lo que significa nuevas actividades de acabados para la Torre 29. Se sigue presentando retrasos en la adquisición y montaje de la red contra incendio de la torre 29, esto ocasionado por la demora en la adquisición de las cantidades y todo el proceso de compra que requiere.

7.6.4. Seguimiento a Restricciones Mes de Diciembre 2010 – Enero 2011

Tabla 24. Restricciones Diciembre 2010 – Enero 2011

Nº	ASPECTO A CONSIDERAR	DECISION	Responsable	Fecha
1	DEFINIR CANTIDADES MONTANTE PVC T33		Ing. Darlyn	10/12/2010
2	ORDEN DE COMPRA VALVULA REGULADORA T33		Compras	10/12/2010
3	ORDEN DE COMPRA MONTANTE INCENDIO		Compras	02/12/2010
4	MONTAR REQUERIMIENTO GABINETE CONTRA INCENDIO		Compras	06/12/2010
5	PEDIDO POLEAS		Equipos	06/12/2010
6	DEFINIR CANTIDADES PTOS HIDRAULICOS Y SANITARIOS T33		Ing. Darlyn	13/12/2010

	ORDEN DE COMPRA MANIJA ANTIPANICO T33		Ing. Robinson	P
7	OG VALVULA CONTRA INCENDIO 6"		Ing. Robinson	10/12/2010
	DEFINIR CANTIDADES CONTADORES DE AGUA		Ing. Jorge	22/10/2010
8	PUERTAS MADERA ACCESO OFICINAS		Arq. Carolina	10/12/2010
9	T29 PORTONES VEHIC R-COM-002		Ing. Jorge	30/12/2010
10	T29 EQ RED CONTRA INCENDIO CIERR NEGOC		Ing. Jorge	10/01/2011
11	T29 REPARCHEO R-COM-002		Arq. Carolina	20/12/2010
12	NOMENCLATURA OFICINAS		Arq. Carolina	30/12/2010
13	T33 MAMP-FRISO R-ING-002		Ing. Crystian	22/10/2010
14	T33 PISO-ENCHA R-ING-002		Arq. Carolina	12/12/2010
15	T33 CONTR PINTURA R-ING-002		Arq. Carolina	10/12/2011
16	T33 DRYWALL ENTREGA A COSTOS		Arq. Carolina	09/12/2010
17	T33 EQ RED CONTRA INCENDIO CIERR NEGOC		Ing. Jorge	10/12/2010
18	CANTIDADES DE OBRA HIDROSANITARIAS		Ing. Darlyn	18/12/2010
19	PERMISOS EMPALME		Ing. Jorge	18/12/2010
20	T29 DIV WC PUBLICO R-COM-002		Arq. Carolina	18/12/2010
21	T29 CONTR BOMBEO CIERR NEGOC		Ing. Jorge	24/12/2010
22	PORCELANATO T33		Compras	02/12/2010
23	CAJAS ELECTRICAS ILUMINACION DEFINIR CONTRATO T33 Y T29		Compras	22/10/2010
24	SARDINELES CR 29		Ing. Jorge	13/12/2012
25	ENERGIZACION T 29		AMV	13/12/2012
26	COTIZACIONES PUTTING GREEN		Ing. Jorge	20/12/2012
27	DRYWALL OFICINAS MARVAL		Arq. Carolina	15/12/2010
28	CERAMICA W.C T 33		Arq. Carolina	12/12/2010

29	IMPERMEABILIZACION TERRAZAS		Ing. Darlyn	18/12/2010
30	DESMONTAJE TORRE GRUA		Ing. Robinson	24/12/2010
31	PISO CTO DE CONTROL PIS 2		Ing. Robinson	02/12/2010
32	Ajustes Hidráulicos oficinas MARVAL		Ing. Darlyn	22/10/2010
33	Diseño Gas local CAFETERIA		Arq. Carolina	13/12/2012
34	Instalación Red exterior Gas		Ing. Jorge	13/12/2012
35	Legalizar Ajustes hidráulicos ante AMB		Ing, Jorge	20/12/2012
36	INS. RED CONTRA INCENDIO T 29		Ing. Darlyn	15/12/2010
37	PROPUESTA ILUMINACIÓN		Arq. Carolina	12/12/2010
38	APROBAR OG Pedido tubería Ranura T33		Compras	13/12/2012
39	APROBAR OG Siamesa 4"		Compras	13/12/2012
40	PINTURA TRAFICO		Arq. Carolina	20/12/2012
41	LLEGADA CIELORASO T29		Compras	15/12/2010
42	Dis Estructural Cuarto Maquinas Torr 33		Ing. Ramon	12/12/2010
43	ANCLAJES ANTISISMICOS T29		Compras	13/12/2010

Fuente: Tomado de el RING 130 Planificación Intermedia Mes de Septiembre Metropolitan Business Park.
Marval S.A

En este periodo, se presentan restricciones importantes como son: la llegada del cielorraso para iniciar la instalación en oficinas, el contrato de pintura de fachada para inicio de la Torre 29, legalización de los ajustes hidráulicos con la AMB, diseños de las oficinas de Marval ya que no se han entregado a obra ninguna decisión.

Se deja el desmonte de la torre grúa de la torre 33 para Enero 11, la decisión fue tomada gracias a que aun no se ha subido todo el material de mampostería, morteros y pisos y las condiciones de espacio en la torre dificultan el transporte de material por malacates. Es por esto que se realizara una programación de utilización de torre grúa por contratista para que cada uno de ellos de organice y distribuya la mayor cantidad de material a la torre 33.

- Orden y Control de Materiales
- Reducción de Tiempos de Almacenamiento
- Aprovechamiento del espacio de Obra
- Planificación

7.7.3. Andamio doble escalera

Figura 65. Layout de Obra MBP



Fuente: Autor.

En el uso de andamios en la obra Metropolitana se identificó que el área de tránsito y ubicación de los trabajadores que realizan actividades sobre ellos es insuficiente para garantizar su seguridad, pues solo se puede ubicar un tablón para que sirva de piso. Con el fin de mejorar esta condición y dar más seguridad a los trabajadores se mandaron a fabricar andamios con doble escalera, para poder tener más de un tablón en ellos y brindar mejor apoyo a los trabajadores.

Mejora en la seguridad de trabajadores usuarios de andamios. Se brinda mayor seguridad y comodidad al usuario de los andamios tubulares al proveerle mayor área de apoyo para realizar su tarea.

Tabla 25. Estudio de Costo de Mejora Andamio.

	Descripción	Und.	Cant.	Vr. Unit.	Vr. Total.
Materiales	NA	NA	NA	NA	NA
Mano de Obra	NA	NA	NA	NA	NA
Equipos	Sección de andamio tubular con doble escalera	Sección	30	\$ 185.000	\$ 5'550.000
	Sección de andamio tubular sencillo	Sección	30	\$185.000	\$ - 5'550.000
Total costo mejora: \$ 0					

Fuente: Autor.

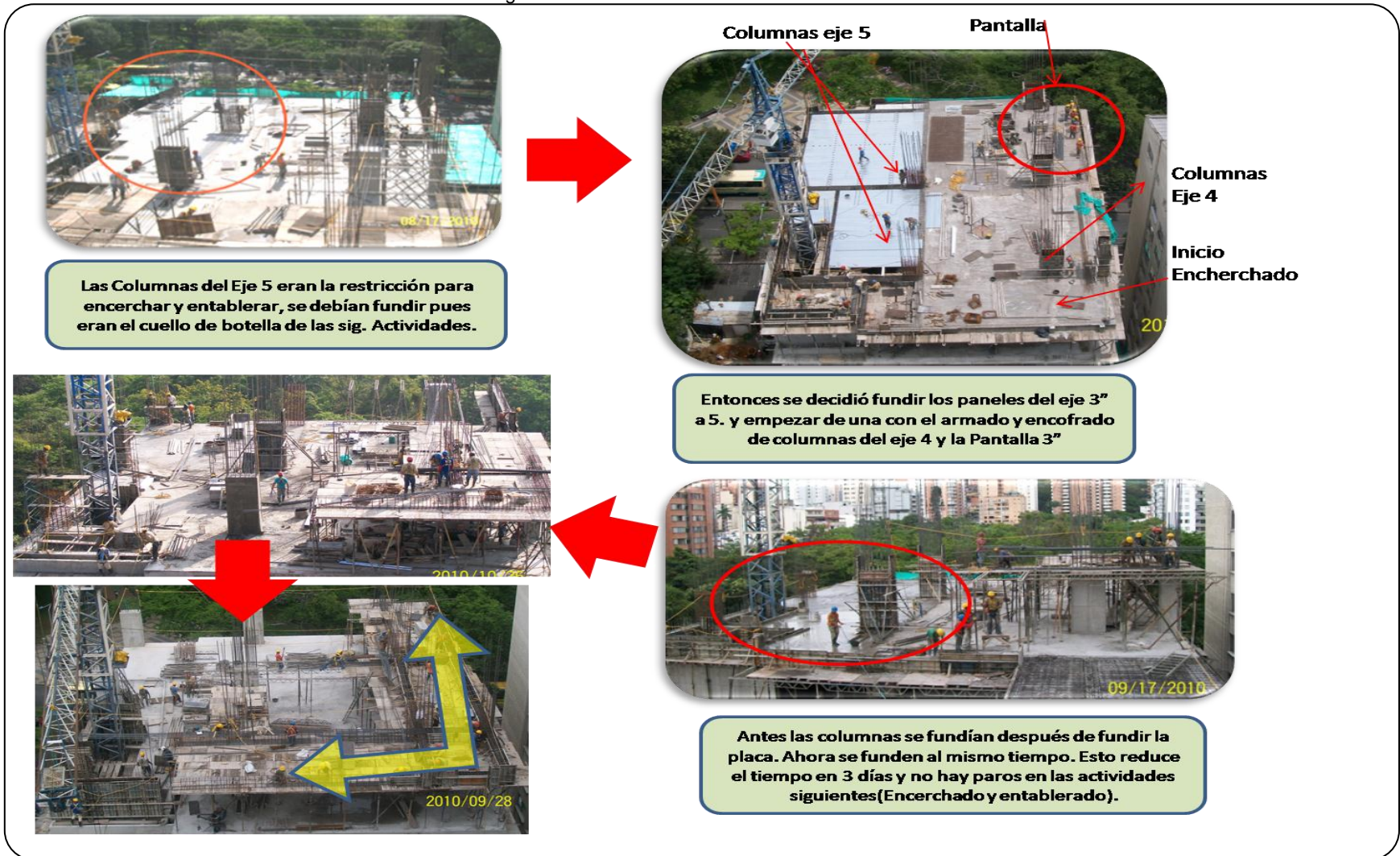
7.7.4. Cambio en el proceso de Construcción torre 33 piso 6 a piso 10.

Al realizar el análisis y seguimiento a las actividades constructivas de la torre 33, se estudio la manera de cambiar el sistema constructivo que se venía trabajando con el contratista. Inicialmente se estaba fundiendo la placa en un promedio de 14 días 624,5 m² (área de la placa) con 11 oficiales y 24 ayudantes en promedio. Habían mucho factores que afectaban el rendimiento de mano de obra, las más representantes fueron las siguientes:

- *Cuadrillas no definidas*: las cuadrillas de trabajo eran movibles por el contratista dependiendo de las necesidades que se presentaban, esto impide la especialización del trabajo y por ende incide en el rendimiento. Se definió con el contratista dejar las cuadrillas estándar para realizar las tareas de manera que no se generara sobrepoblación en el área de trabajo y que se minimizara los tiempos muertos (de ocio) entre los obreros por actividades previas sin terminar.
- *Clima*: La lluvia y el sol son factores que inciden de manera directa en el rendimiento de la mano de obra. La lluvia ocasionó varios días de pérdidas por suspensiones de actividades por salud del obrero y por peligro a ciertas actividades que dependen de energía eléctrica (Soldadura).
- *Daño en Torre Grúa*: los paros en las actividades por consecuencia del daño, mantenimiento y traslapo de la torre grúa son significativos. Es evidente la importancia de la Pluma en obra para las actividades constructivas, en especial para estructura. Su importancia radica en que es una herramienta que permite la subida de material de manera rápida, segura y en mayor proporción a las demás opciones de transporte vertical.
- *Poco espacio*: el espacio para trabajar es limitado, se contaba inicialmente con un área de 625 m² entre piso 1 a piso 4, y de piso 5 a piso 11 452 m² aprox. Debido a la cantidad de equipo y herramientas necesarias, sumado la mano de obra se contaba con un espacio indicado para desarrollar el trabajo.
- *Diseños estructurales del edificio*: finalmente la forma de construir está influida por la manera como se diseñó estructuralmente el edificio, el estudio arranco definiendo la importancia de cumplir los requerimientos y especificaciones del diseño estructural para adaptar los recursos y realizar el cambio.

Ya definidos los factores, el proceso para el cambio fue el siguiente:

Figura 66. Vista Aérea Cambio Constructivo.



Fuente: Autor.

Los resultados del estudio y mejora fueron los siguientes:

Tabla 26. Estudio de rendimientos por placa.

Torre 33	Inicio	Fin	DIAS LABORALES EMPLEADO POR PLACA	Area M2	CUADRILLAS ESTANDAR		consumo	Rendimiento- hombre/m2- dia	rendimiento dia	Rendimiento semana/m2	OBSERVACIONES
					Oficiales	Ayudantes					
Placa Piso 2	24-Jul	14-Ago	16días	624,5	11	20	0,79 dia-h-m2	1,26 m2/dias	39,03 m2/dias	273,20 m2/sem	DOBLE ALTURA
Placa Piso 3	10-Ago	27-Ago	14días	624,5	11	23	0,76 dia-h-m2	1,31 m2/dias	44,60 m2/dias	312,23 m2/sem	DEMORA EN HIERRO FIG.
Placa Piso 4	19-Ago	07-Sep	15días	624,5	11	25	0,84 dia-h-m2	1,20 m2/dias	43,07 m2/dias	301,46 m2/sem	DAÑO EN GRUA (3 DÍAS)
Placa Piso 5	27-Ago	17-Sep	16días	542,3	11	25	1,06 dia-h-m2	0,94 m2/dias	33,90 m2/dias	237,28 m2/sem	DAÑO EN GRUA (3 DÍAS)- HIERRO RECTO COLUMNA C3 (1 DÍA)
Placa Piso 6	11-Sep	24-Sep	12días	452,8	11	24	0,93 dia-h-m2	1,08 m2/dias	37,73 m2/dias	264,11 m2/sem	DAÑO EN GRUA (1,5 DÍAS)
Placa Piso 7	20-Sep	06-Oct	9días	452,8	11	24	0,70 dia-h-m2	1,44 m2/dias	50,31 m2/dias	352,14 m2/sem	DEMORA EN PERLINES Y RIOSTRAS (6 DÍAS)
Placa Piso 8	07-Oct	15-Oct	7días	452,8	11	24	0,54 dia-h-m2	1,85 m2/dias	64,68 m2/dias	452,76 m2/sem	

Fuente: Autor

- **Análisis de Costos de la mejora**

Tabla 27. Comparativo Costos

Promedios	consumo	Rendimiento por m2	Rendimiento semana/m2
PROMEDIO PS 2-4	0,78 hrs-h-m2	1,29 m2/dias	292,71 m2/sem
PROMEDIO PS 8	0,54 hrs-h-m2	1,85 m2/dias	452,76 m2/sem

Presupuesto	\$ 24.078.695.022
Duración	730,00
COSTO ADMINISTRATIVOS	3,29%
COSTO DIRECTO CONSTR.	\$200000/m2

Torre 33	Días (Reales)	M2 / PLACA	Días estimados	días perdidos	Costo Directo Estructutra-	Costo Admon/DIA	Costo Equipos/DIA	SEG SOCIAL	Costo Pérdida/dia	Costo Total perdido
Placa Piso 2 T33	14días	624,5	10días	4días	\$ 1.169.000	\$ 1.085.191	\$ 755.297	\$ 260.854	\$ 3.270.342	\$ 14.211.110
Placa Piso 3 T33	15días	624,5	10días	5días	\$ 1.169.000	\$ 1.085.191	\$ 662.164	\$ 260.854	\$ 3.177.209	\$ 16.983.613
Placa Piso 4 T33	15días	624,5	10días	5días	\$ 1.169.000	\$ 1.085.191	\$ 610.000	\$ 260.854	\$ 3.125.045	\$ 15.142.251
Placa Piso 5 T33	16días	542,3	8días	8días	\$ 1.169.000	\$ 1.085.191	\$ 490.000	\$ 260.854	\$ 3.005.045	\$ 22.882.992
Placa Piso 6 T33	12días	452,8	7días	5días	\$ 1.169.000	\$ 1.085.191	\$ 410.000	\$ 260.854	\$ 2.925.045	\$ 14.625.223
Placa Piso 7 T33	9días	452,8	7días	2días	\$ 1.169.000	\$ 1.085.191	\$ 410.000	\$ 260.854	\$ 2.925.045	\$ 5.850.089
Placa Piso 8 T33	7días	452,8	7días	0días	\$ 1.169.000	\$ 1.085.191	\$ 410.000	\$ 260.854	\$ 2.925.045	\$ 0
					29días				\$ 3.050.396	\$ 89.695.278

Fuente: Autor.

El estudio se comenzó a medir en el piso dos de la torre 33, se inicio con un rendimiento de 39,03M2 y finalmente se obtuvo un rendimiento de 64,68 M2 por día. (Ver tabla 26. Estudio de rendimientos por placa). Como las placas no tenían la misma área, se hizo el análisis de la mejora utilizando un promedio de rendimientos entre placas que tengan la misma área. De esta manera el análisis se baso suponiendo si el rendimiento (bajo las condiciones establecidas ya mejoradas) se hubiera empleado al inicio del estudio y el resultado fue un ahorro de 29 días, que en costo sería noventa millones aprox. (Ver Tabla 27. Comparativo Costos)

7.7.5. Orden y Aseo en Placas

Se estaba trabajando en el área de trabajo bajo condiciones de desorden de materiales, los encofradores de columnas y pantallas dejan tirada la formaleta, alineadores, chapetas, corbatas, etc., por el piso, obstaculizando el paso a las de más cuadrillas que trabajan en la misma área. (Ver Figura 67. Limpieza y Orden en Placa.)

Se realizo una campaña de orden y aseo en la placa explicando a las cuadrillas involucradas la importancia de tener ordenada el área de trabajo.

Figura 67. Limpieza y Orden en Placa.



Fuente Autor.

Los resultados fueron muy positivos y sobre todo receptivos a las cuadrillas. Se redujeron los tiempos en desplazamientos y transporte de materiales. Mejoró las condiciones de seguridad industrial al tener los fondos despejados.

Tabla 28. Limpieza y Orden en Placa

ACTIVIDAD: EMBANDADA DE VIGA Y ARMADO DE VIGAS	
Tiempos transporte con desorden en fondos	Tiempos transporte con orden y aseo:
0,48 horas promedio	0,31 horas promedio.
Reducción de tiempos contributivos: 36%	
Duración armado de viga placas 453 m3 = 6 días	Duración armado de viga placas 453 m3 = 5 días
El ahorro fue el equivalente a un día de trabajo de la cuadrilla, conformada por un oficial (1) y cinco ayudantes (5). Lo que representa en dinero \$177,000/día	

Fuente: Autor.

7.7.6. Sistema Andamio para trabajo en Fosos

Figura 68. Sistema tubular para trabajo seguro en fosos de ascensores.



Fuente: Autor.

Los trabajo en los fosos de los ascensores se realizaban armando un entarimado lo cual alargaba la entrega de las actividades en los mismos debido a que la armada y desarmada de la tarima se perdía tiempo.

Con este andamio tubular metálico, se pudo aumentar la productividad en las actividades realizadas en el foso de los ascensores Torre 29. Anteriormente se tenía un rendimiento de 3 pisos /semana. Ahora, con este andamio el rendimiento fue de: 5 pisos/semana. Lo cual en ahorro en días de trabajo en toda la torre seria de 18 días.

Tabla 29. Impacto económico andamio foso

Valor andamio	\$700,000 /cu (2)
Valor total	\$1,400,000
Jornales oficiales:	2
Jornales ayudantes:	4
Mano de Obra Oficial	\$1,355,292
Mano de Obra Ayudante	\$2,007,864
Ahorro	\$3,363,156

Fuente: Autor.

7.6.6. Re organización de materiales (Hierro Recto y Figurado y corpalosa)

Inicialmente y debido al poco espacio que existe en la obra para el almacenaje de material, las actividades de estructura se estaba viendo afectadas por tiempos no contributivos en búsqueda y transporte de material. Se estaba perdiendo tiempo en búsqueda y embalaje de hierro, estaban desordenados y deteriorados por el no almacenaje en estibas de madera para proteger del agua. (Figura 70. Orden y Aseo en área de trabajo.)

Viendo la situación, se hizo una campaña de aseo y orden en donde se encuentra el hierro y equipo en donde se ordeno por flejes de columnas y vigas separados, amarrados en paquetes de 30 flejes para mayor rendimiento en transporte del mismo. Adicional se hizo reubico la corpalosa y perlines al sitio de cargue de torre grua. Con esta mejora, se logra aumento del rendimiento en las actividades de Amarre de Hierro Vigas, Amarre Hierro Columnas e instalación de corpalosa).

DESCRIPCION	ANTES	DESPUES
Tiempo en preparación y transporte Hierro Figurado/viga:	24 min.	15 min.
Tiempo en preparación y transporte Hierro Figurado /Columna:	27 min	18 min
Tiempo en preparación y transporte/ Corpalosa:	29,5 min	21 min

- **Impacto Económico:**

Tabla 29. Impacto económico

días ahorrados	Costo Directo MO/ día	Costo Admon/DIA	Costo Equipos/DIA	SEG SOCIAL	Costo Perdida/Día
0,47 días	\$ 584.500	\$ 542.595	\$ 425.823	\$ 260.854	\$ 1.813.772

Fuente: Autor.

Figura 70. Orden y Aseo en área de trabajo.

1

ANTES

Flejes tirados en desorden junto a escombros

Los flejes en desorden impiden el paso del personal por la rampa

Dificultad para buscar material, demoras en armado de hierro de vigas y columnas. Se encuentran paraleles y cerchas sin uso.

Espacio sin utilizar, con desorden y lleno de escombros

AHORA

ORDEN DE MATERIALES : FLEJES DE COLUMNAS Y VIGAS POR SEPARADO, AGRUPADAS SOBRE ESTIBAS Y AMARRADAS DE A 30 UDS.

SE DESPEJA LA RAMPA PARA DAR PASO AL PERSONA, SE AGRUAPA EL HIERRO RECTO POR PULGADA.

Zona de Cargue

CORPALOSA RETIRADA DEL PUNTO DE CARGUE, NO ESTA SEPARADA POR MEDIDAS

Zona de

MEJORAMIENTO: CORPALOSA EN ORDEN JUNTO A LA ZONA DE CARGUE DE MATERIAL, DISTRIBUIDA POR MEDIDAS PARA AGILIZAR LA BUSQUEDA Y REDUCIR LOS TIEMPOS DE ESPERA

Fuente: Autor.

7.7.7. Alistamiento de Hierro por secciones de viga y Columnas

La preparación del hierro y su figurado, se hacía de manera improvisada sobre placa lo que generaba pérdidas de tiempo y en el peor de los casos un accidente de trabajo (Ver Figura 71. Alistamiento de hierro y **clasificación por vigas y columnas**). Con el estudio de rendimientos se observó que al finalizar la placa la cuadrilla encargada del armado de hierro de vigas y columnas quedaba sin actividades a realizar una jornada laboral (un día de trabajo). Lo que se aprovechó para que en ese día la cuadrilla corte, figure y agrupe por vigas el hierro recto. De esta manera, se dejaba listo el hierro a utilizar en la semana siguiente para el armado de la placa.

Se reducen los tiempos no contributivos en preparación y tiempos de transporte de hierro en actividades de armado de hierro de vigas:

Tabla 30. Antes y después de la mejora.

ANTES:	AHORA:
El tiempo promedio en buscar y preparar el hierro es de 1,5 horas / día (2 ayudantes + 1 oficial) total hh : 4,5 h/hombre por día Semanal: 27 hh/ semana	Se destina 6 horas/ día (2 ayu + 1 oficial) para preparar todas las vigas Semanal: 18 hh/semana

Fuente: Autor.

Tiempo ahorrado: 9 horas h/ semana (1 día laboral)

- **Impacto Económico**

Tabla 31. Impacto económico

días ahorrados	Costo Directo MO/ día	Costo Admon/DIA	Costo Equipos/DIA	SEG SOCIAL	Costo Perdida día
1,00 días	\$ 1.169.000	\$ 1.085.191	\$ 425.823	\$ 260.854	\$ 2.940.868

Fuente: Autor

Figura 71. Alistamiento de hierro y clasificación por vigas y columnas.

Fuente: Autor.

EL HIERRO RECTO ES FIGURADO EN CONDICIONES IMPROVISADAS, LA CUADRILLA DE ARMADO DE HIERRO EN VIGA ES CONFORMADA POR 5 PERSONAS (1 OF Y 5 AYU.) DE LOS CUALES SE PARA LA ACTIVIDAD Y SE PIERDE TIEMPO MIENTRAS SE DOBLA EL HIERRO.

AHO

EL HIERRO RECTO DE TODAS LAS VIGAS ES FIGURADO POR 3 DE LOS 6 DE LA CUADRILLA (1 OFICIAL + 2 AYUDANTES) ANTES DE SUBIRLO A PLACA, LO QUE REDUCE LOS TIEMPOS Y MEJORA LA PRODUCTIVIDAD DE LA ACTIVIDAD. DENOMINANDO Y AMARRANDO POR PAQUETES CADA VIGA.

CONCLUSIONES

- La implementación de programas enfocados al mejoramiento deben iniciarse con la creación de una cultura de medición y evaluación. Modelos cuantitativos como el estudio de rendimientos que se hizo en este trabajo, se convierten en herramientas útiles para medir pérdidas, rendimientos y otras variables en el desempeño del proyecto en ejecución.
- La implementación del sistema de planificación y control Último planificador, aumenta la confiabilidad del sistema de planificación de las empresas que lo utilizan. El resultado obtenido en Metropolitan, demuestra la efectividad del sistema. Su implementación obliga a los ingenieros de las obras a actuar de una manera proactiva, dando la importancia que la planificación requiere y evitando la improvisación constante en las obras.
- La utilización de la metodología Lean Construction favorece el mejoramiento de la productividad, como lo demuestran los resultados en los últimos meses. Se requieren algunas condiciones especiales para que los resultados sean positivos, como el compromiso a nivel gerencial, la capacitación y activa participación de todo el personal de producción y la implementación de planes con acciones de mejoramiento propuestas después de las observaciones realizadas y el diagnostico inicial de las obras.
- Los nuevos proyectos de investigación encaminados a la medición de productividad y metodologías para su mejoramiento pueden tomar como punto de partida los consumos estándar determinados en este trabajo.
- Se identificaron las principales causas que afectan los rendimientos de estructura para la obra con el objetivo de hacerles seguimiento y planes de acción para reducir la variabilidad de los mismos.
- Con el sistema de Last Planner, se pudieron determinar las principales causas que afectan el cumplimiento de las actividades programadas para los contratistas semanalmente,
- Se logro estandarizar los procesos constructivos de la estructura tipo tradicional para poder lograr una mejor observación de rendimientos. Y se creó una metodología para poder registrar los rendimientos de estructura de las empresas de la constructora y poder generar comparativos a futuro entre las mismas obras de la empresa.

- El estudio de pérdidas en las actividades constructivas permite identificar cuáles son las actividades que no generan valor agregado al proceso, realizar programas para reducirlas y hacerle seguimiento continuo con las mediciones mes a mes.
- La metodología implementada en este trabajo ofrece los pasos básicos, prácticos y sencillos para obtener valores de rendimientos de mano de obra en actividades de la construcción que permitan el desarrollo de los proyectos. Para esto es necesario identificar primero si la actividad se puede dividir en elementos o subactividades para que el estudio sea más específico.
- Para el desarrollo de un estudio del trabajo es necesario dedicar un tiempo prudente a la identificación clara de la actividad, las condiciones, características, horarios y demás factores que faciliten el registro de la información oportuna y confiable.
- En cada planeación de un proyecto constructivo que involucre mano de obra se deben tener en cuenta los rendimientos de esta, y toda la problemática asociada; es así como una de las mayores falencias en este campo de la ingeniería es que en las obras realizadas no se tienen estudios de rendimientos y muy pocos constructores dedican tiempo e inversión a lo relacionado con la toma de datos para el cálculo de rendimientos, lo que genera que no se cree un ambiente de estudio y por lo tanto no se encuentre gran cantidad de documentación al respecto. Siendo este una parte del estudio de ingeniería muy importante debido a que en los rendimientos se encuentra el óptimo avance en la ejecución, presupuesto y programación de proyectos constructivos.
- Marval al tener un estudio de pérdidas y rendimientos de las actividades constructivas está logrando tener una ventaja frente a otras que no cuentan con estos estudios significando una mayor productividad y está avanzando en ser una empresa más competitiva en el mercado.

RECOMENDACIONES

- En obras especiales como lo es Metropolitan Business Park es importante el seguimiento a rendimientos de actividades para determinar estándares que le permita a la empresa utilizarlos en las futuras programaciones de obras especiales con el fin de reducir la variabilidad en la Planeación general de obra o Workflow.
- Se recomienda realizar el mismo estudio de rendimientos aplicado a las actividades de mampostería con el fin de generar un estudio multivariable en donde se pueda determinar las principales causas que afectan el rendimiento y buscar la implementación de planes de acción encaminados a la reducción de los mismos.
- Es importante resaltar el apoyo que se debe dar el grupo de ingeniería de la obra a la metodología Lean Construction pues es la base para realizar cambios que mejoren notablemente el desempeño de las actividades en obra,
- Se recomienda utilizar los informes mensuales de Lean Construction y exponerlos a los contratistas analizados junto con el equipo de ingeniería de obra con el objetivo de generar participación y nuevas ideas para atacar de manera colectiva y con compromiso de todas las pérdidas de tiempos.
- Se recomienda realizar mantenimientos preventivos a los equipos de obra como son elevadores, Torres grúa, bobcat, etc. para prevenir tiempos muertos a causa de daños y mal manejo que afectan notablemente el rendimiento de las actividades constructivas.
- Para el estudio de Rendimientos, se espera la utilización del formato presente en este trabajo para las actividades de estructura con el fin de crear una sola metodología y lograr la comparación de obras de la misma empresa.
- Se recomienda la mayor participación de los Ingenieros Directores de Compras, Ingeniera, Contraloría, etc. en las reuniones de planificación Intermedia para la toma de decisiones que se desarrollan en obras especiales, pues muchas de las restricciones que se presentan son por falta de diseños, compra de adquisiciones, y nuevos contratos.
- Implementar la plataforma GICO (Gestión Integrada de la Construcción) como última fase de implementación Lean Construction en las Obras de Marval S.A. la cual permite un mayor control y seguimiento de la planificación de obra así como también al estudio de pérdidas y rendimientos de las actividades constructivas de

manera real. Esta plataforma reduce los tiempos y permite tener la información de manera oportuna y confiable.

BIBLIOGRAFIA

ALARCON, Luis Fernando, Tools for the identification and reduction of waste in construction projects, Second Annual Conference of the international Group for Lean Construction, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago de Chile, 1994.

ARAQUE, Gustavo. Planeación E Implementación De La Filosofía Lean Construction En Base Al Estudio De Pérdidas Y Aplicación Del Sistema Last Planner En Un Proyecto Constructivo De La Empresa Marval S.A. Bucaramanga: Universidad Pontificia Bolivarina. Facultad de Ingeniería y Administración. Facultad de Ingeniería Industrial, 2010.

BOTERO BOTERO, Luis Fernando. Construcción sin pérdidas, análisis de procesos y filosofía lean construction. 2 ed. Colombia.: Legis, 2006.9-159 p. ISBN 958-653-537

BOTERO BOTERO, Luis Fernando. ÁLVAREZ VILLA, Martha Eugenia. Last planner, un avance en la planificación y control de proyectos de construcción. Página Web. Versión PDF, (citado el día 18 de julio) disponible en Internet: http://ciruelo.uninorte.edu.co/pdf/ingenieria_desarrollo/17/8_Last%20planner.pdf

HOWELL, Gregory A., What is Lean Construction?, Seventh Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Berkeley, 1999.

Marval, Su empresa, Quienes somos. Pagina Web. Versión HTML, (citado el 16 de julio de 2010) disponible BOTERO, Luis Fernando. ÁLVAREZ VILLA, Martha Eugenia. Identificación de pérdidas en el proceso productivo de la construcción. Página Web. Versión PDF, (citado el día 18 de julio) disponible en Internet: <http://www1.eafit.edu.co/drupal/?q=node/524>

BOTERO BOTERO, Luis Fernando. ÁLVAREZ VILLA, Martha Eugenia. Last planner, un avance en la planificación y control de proyectos de construcción. Página Web. Versión PDF, (citado el día 18 de julio) disponible en Internet: http://ciruelo.uninorte.edu.co/pdf/ingenieria_desarrollo/17/8_Last%20planner.pdf

BOTERO BOTERO, Luis Fernando. La productividad y la industria de la construcción [diapositivas]. Medellín: Informática académica, 2008. 83 diapositivas, lectura.

BOTERO BOTERO, Luis Fernando. Gestión de la producción en la construcción [diapositivas]. Medellín: Informática académica, 2008. 61 diapositivas, lectura.

BOTERO BOTERO, Luis Fernando. Medición de pérdidas en los proyectos de construcción [diapositivas]. Medellín: Informática académica, 2008. 17 diapositivas, lectura.

BOTERO, Luis Fernando. Guia de Mejoramiento Continuo para la productividad en la construcción de proyectos de vivienda (Lean Construction como estrategia de mejoramiento). En: Revista Universidad EAFIT. Enero, 2004. vol. 40, no. 13, p. 55

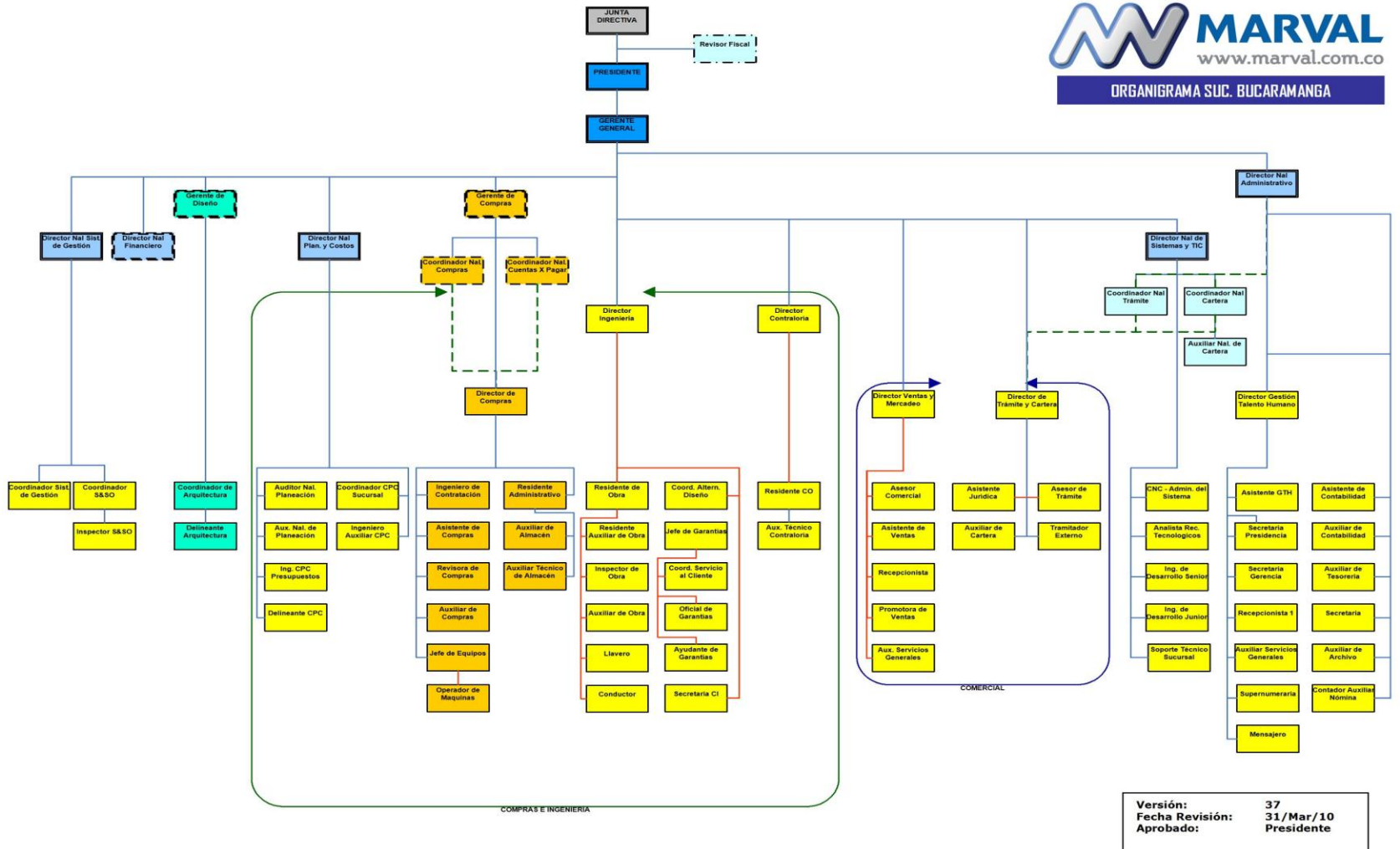
JHONSON, Richard. Probabilidad y Estadística para ingenieros. Mexico: Prentice Hall, 1997 630p.

LEAN CONSTRUCTION INSTITUTE. Pagina Web Versión HTML, (citado el 18 de julio del 2010), disponible en: <http://www.leanconstruction.org/>

VERTEL JAIMES, Karol Tatiana. Implementación de las herramientas de medición de pérdidas y planificación semanal (last planner) una obra piloto de la empresa MARVAL S.A., bajo la metodología de lean construction. Bucaramanga.: Universidad Pontificia Bolivariana. Facultad de Ingeniería Industrial. Escuela de ingenierías y administración, 2009.60, 81 p.

ANEXOS


.Anexo A. ORGANIGRAMA MARVAL S.A BUCARAMANGA



FUENTE: MARVAL S.A. Estructura organizacional http://www.leanconstruction.org/pdf/Lean_Construction_Opportunities_Ideas_Practices-Deans_Speech_in_Seattle_r1.pdf

Anexo B. Formato medición de Perdidas- Prueba 5 min.

Tabla 5. Formato de medición de pérdidas, prueba de los cinco minutos

	FORMATO DE MEDICION DE PERDIDAS PRUEBA DE LOS 5 MIN	 www.marval.com.co
--	----------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------

Tiempo Contributivo				Tiempo No Contributivo				Tiempo Productivo			
Inicio	Termino	Total	Código	Inicio	Termino	Total	Código	Inicio	Termino	Total	Código

Fuente: BOTERO, Luis Fernando. Construcción si pérdidas, análisis de procesos y filosofía lean construction. 2 ed. Colombia.: Legis 2006 144 p. ISBN 958-653-537

Anexo C. Criterios de calificación de tiempos contributivos y no contributivos



VALORES DE LAS OBSERVACIONES PARA CADA UNO DE LOS TIEMPOS

TIEMPO NO CONTRIBUTIVO

1	ESPERA	101	Falta de equipo y/o herramienta (formaleta, martillos, andamios, etc.)
		102	Falta de materiales (concreto, cemento, ladrillo, bloques, etc.)
		103	<i>Falta de suministros (no utilizar)</i>
		104	Sobrepoblación
		105	Actividad previa sin terminar o mal ejecutada
		106	Falta de instrucción
		107	Cambio de mixer
		108	Otros (en caso de ser muy repetitivo, identificar para crear nueva causa)
2	TIEMPO OCIOSO	201	Actitud del trabajador
		202	Tomando decisiones (mala distribución de personal, falta de instrucciones)
		203	Sobrepoblación
		204	Falta de supervisión o instrucciones
		205	Conversando
		206	Otros
3	DESPLAZAMIENTOS	301	Falta de recursos
		302	Falta de supervisión o instrucciones
		303	Sobrepoblación
		304	Pobres condiciones de trabajo
		305	Actividad previa sin terminar
		306	Otras
4	DESCANSO	401	Agotamiento
5	NECESIDADES FISIOLÓGICAS	501	Hidratación
		502	Aseo personal
		503	Ir al baño
		504	Otros
6	REPROCESOS	601	Trabajo mal ejecutado
		602	Fue dañado por una cuadrilla diferente
		603	Falta de planeación
		604	Cambio de planos o especificaciones
7	TRANSPORTE	701	Mala distribución o localización de recursos
		702	Falta de equipo
		703	Métodos inadecuado
		704	Otros

TIEMPO CONTRIBUTIVO

8	Transporte
9	Instrucciones

10	Mediciones
11	Limpieza
12	Preparación
13	Protección
14	Desplazamientos
15	Otros
16	Desencofrado
17	Panelista
18	Vibrador
19	Vibrado
20	Chapolineo
21	Malla tubería
22	Icopor
23	Curado

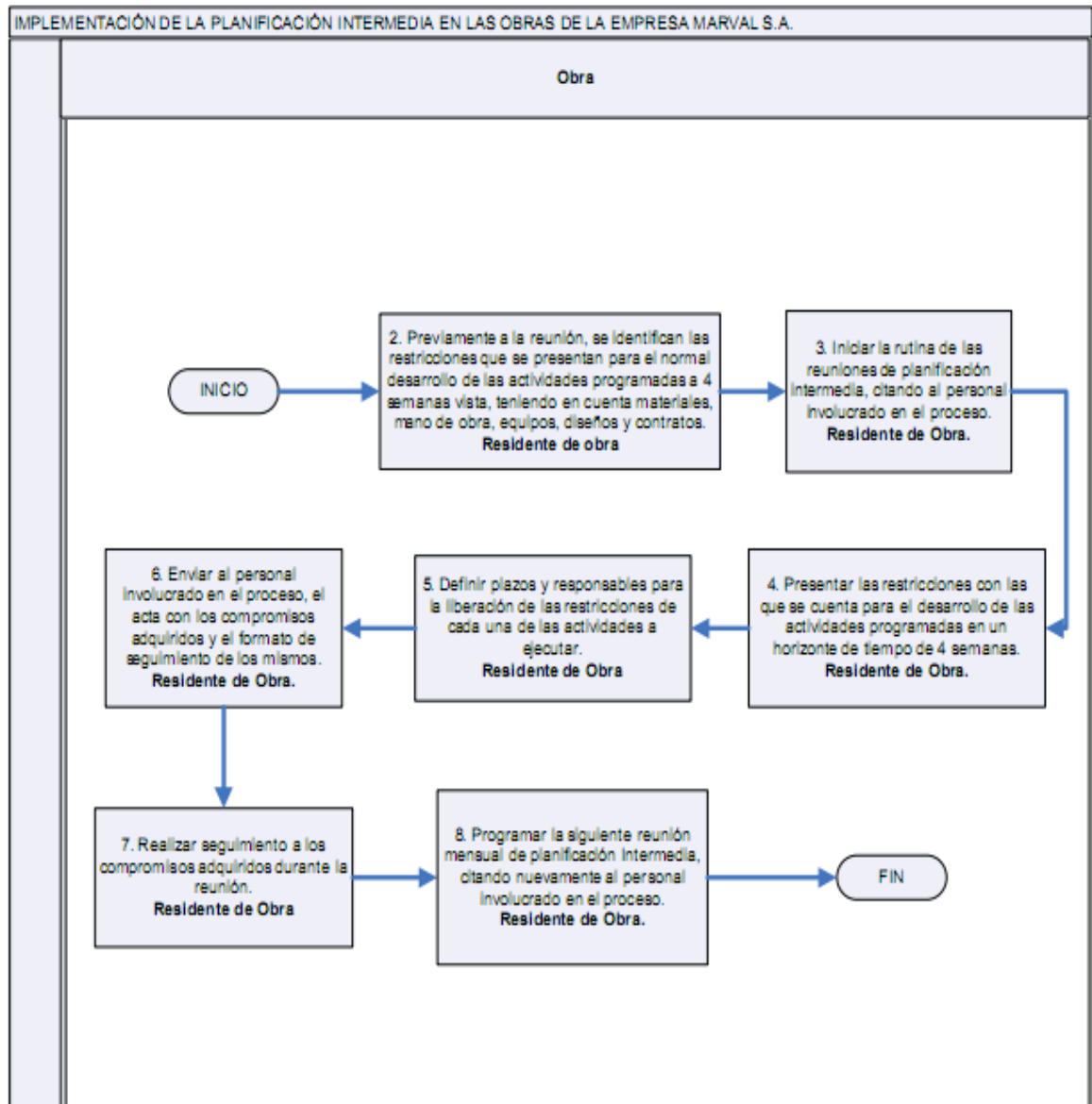
Fuente: BOTERO, Luis Fernando. Construcción si pérdidas, análisis de procesos y filosofía lean Construction. 2 ed. Colombia.: Legis 2006 99 p. ISBN 958-653-537

Anexo D. Formato medición de rendimientos

MES		AGOSTO		CUADRILLA		UBICACIÓN		INICIO	FINAL	DESCANSO	TIEMPO TOTAL	horas/trab netas	UND	CANT. OBRA EJECUTADA	CONSUMO UNITARIO (hh/um)	REND/TO UNITARIO (um/hh)	OBSERVACIONES
DÍA		05-08-10		OF	AY	Piso	EJE										
Columna																	
Pantalla																	
Vigas																	
Steel Deck																	
Esc.																	

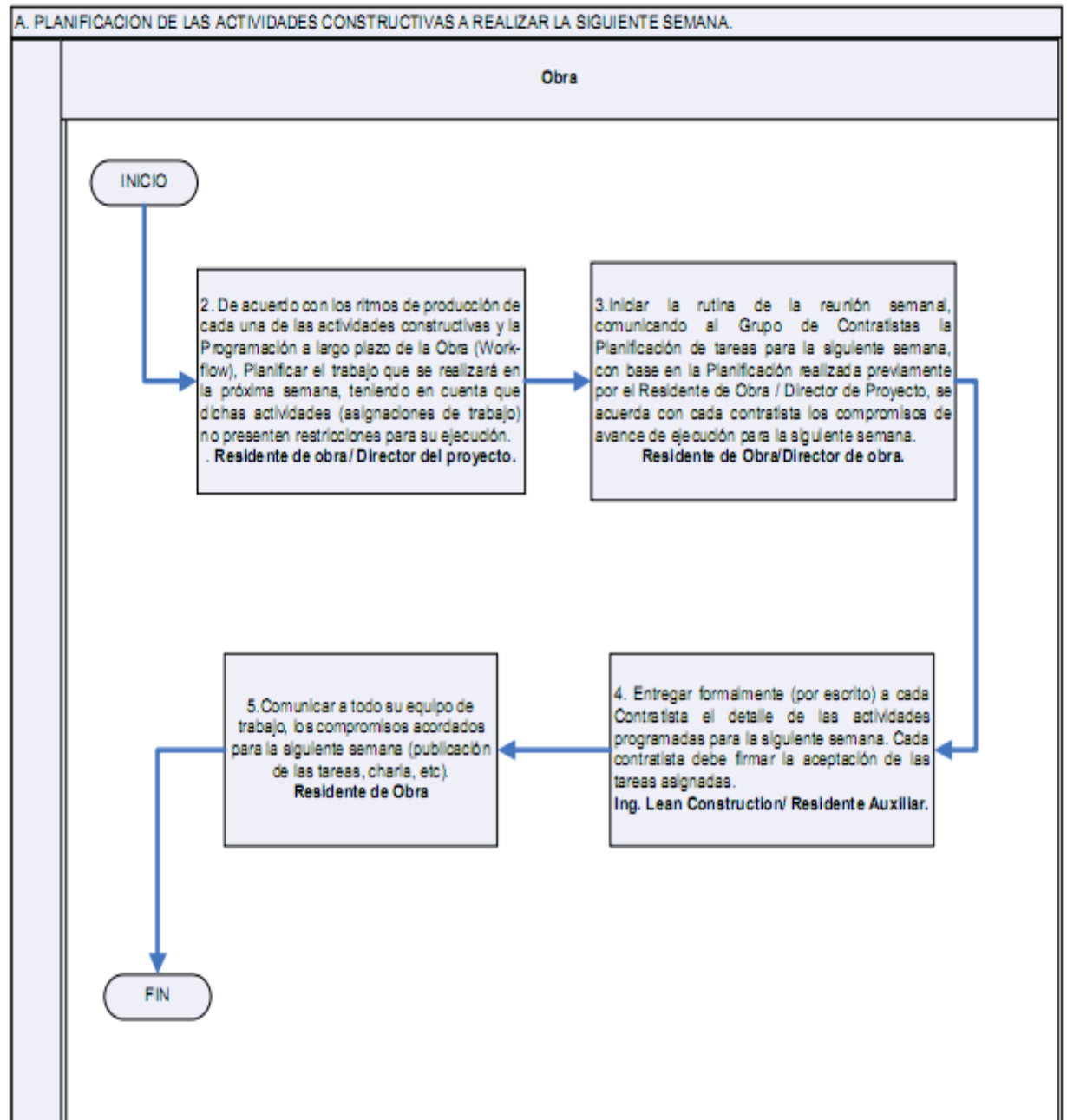
Fuente: Marval S.A. Departamento de Gestión

Anexo E. Implementación de la Planificación Intermedia en las Obras de la empresa Marval S.A









Fuente: P ING 021 V000. Procedimiento de Planificación Intermedia bajo la Metodología Lean Construction. Marval S.A




Anexo F. Planificación de las Actividades Constructivas a Realizar la siguiente semana.






Fuente: P ING 020 V000. Procedimiento de Planificación semanal bajo la Metodología Lean Construction. Marval S.A




Anexo G. Instructivo De Evaluación y Re-Evaluación De Contratistas Todo Costo y Mano De Obra – I ING 035

1. CUMPLIMIENTO (40%)																												
CRITERIO A EVALUAR	PESO ASIGNADO	 10 Puntos	 5 Puntos	 0 Puntos																								
<p>El CUMPLIMIENTO DEL CONTRATISTA, se medirá en función del número de tareas planificadas y que no presentaron restricciones externas, frente a las tareas realmente ejecutadas en el periodo-</p> <p>En la calificación del Contratista no se tendrán en cuenta las tareas programadas que no pudieron ser ejecutadas por causas no imputables al contratista (ej: paradas de torre grúa, mal tiempo, pre-requisito, etc.)</p> <p>Las tareas adicionales que sean asignadas al contratista por parte del Residente de obra/Director de obra durante la semana en curso y que no se encuentren en las establecidas en reunión semanal, deben incluirse dentro la evaluación de cumplimiento.</p> <p>De acuerdo con lo anterior, el CUMPLIMIENTO se obtiene al evaluar cuántas de las tareas asignadas a un Contratista y que no presentaron restricciones externas se cumplieron al 100%. Por ejemplo: Si un Contratista tenía asignada 5 tareas y el ejecutado fue el siguiente, tenemos:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Actividad</th> <th>Restricción Externa?</th> <th>%ejecutado</th> <th>Cumplimiento</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Actividad 1</td> <td>No</td> <td>99.9%</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Actividad 2</td> <td>No</td> <td>100%</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>Actividad 3</td> <td>No</td> <td>100%</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>Actividad 4</td> <td>Si</td> <td>50%</td> <td>No se califica</td> </tr> <tr> <td>Actividad 5</td> <td>No</td> <td>100%</td> <td>10</td> </tr> </tbody> </table> <p>CUMPLIMIENTO Semanal Contratista 75% (30/40=75%)</p>	Actividad	Restricción Externa?	%ejecutado	Cumplimiento	Actividad 1	No	99.9%	0	Actividad 2	No	100%	10	Actividad 3	No	100%	10	Actividad 4	Si	50%	No se califica	Actividad 5	No	100%	10	100%	Si el cumplimiento es \geq 75%	Si el cumplimiento es \leq 75%	
Actividad	Restricción Externa?	%ejecutado	Cumplimiento																									
Actividad 1	No	99.9%	0																									
Actividad 2	No	100%	10																									
Actividad 3	No	100%	10																									
Actividad 4	Si	50%	No se califica																									
Actividad 5	No	100%	10																									
2. ORDEN Y ASEO (10%)																												
CRITERIO A EVALUAR	PESO ASIGNADO	 10 Puntos	 5 Puntos	 0 Puntos																								
<p>En este ítem se evalúa el orden y aseo del sitio de trabajo, orden de materiales y equipos que maneja cada contratista y el cumplimiento de las jornadas de aseo semanales a las áreas comunes teniendo como evidencias registros fotográficos.</p> <p>La verificación del contratista se realiza semanalmente a través de una lista de verificación en donde se evalúan criterios de orden y aseo, el responsable de la verificación del cumplimiento es el residente auxiliar:</p> <p>Cumplimiento de orden y aseo: (Cantidad de criterios calificados como cumplidos / Total de criterios evaluados) x 100</p> <p>Registro: Lista de verificación evaluación de orden y aseo Contratistas. R-ING-132</p>	100%	Si el cumplimiento es \geq al 90%	Si el cumplimiento encuentra entre el 90 y el 70%	Si el cumplimiento es \leq al 70%																								

3. CALIDAD (20%)				
CRITERIO A EVALUAR	PESO ASIGNADO	 10 Puntos	 5 Puntos	 0 Puntos
<p>Este ítem evalúa la calidad de cada una de las actividades tanto del producto, como del proceso. Con el apoyo del residente auxiliar de obra, se analiza la calidad del trabajo y el cumplimiento de las especificaciones técnicas de cada contratista, para esto se utiliza la Lista de Verificación de Obra, para cada una de las actividades constructivas. La medición se realiza a través de la siguiente fórmula:</p> <p><i>% Cumplimiento de calidad = (Cantidad de actividades calificadas como cumplidas al contratista / Total de criterios evaluados por contratista) X 100</i></p>	90%	Si el % de Cumplimiento de calidad es >= al 75%		Si el % de Cumplimiento de Calidad es <= 75%
<p>Verificación de Flexómetros: El contratista debe garantizar que el personal a cargo cuenta con flexómetros calibrados para la ejecución de sus labores, por lo que debe implementar controles para:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Personal actual de obra - Personal que llega de vacaciones - Cambios de flexómetros - Personal que ingresa a la obra. <p>Semanalmente los residentes auxiliares en obra realizan seguimiento con el personal a cargo tomando una muestra aleatoria y revisando el estado de verificación del mismo.</p> <p style="text-align: center;"><i>Cantidad de flexómetros sin calibrar</i></p> <hr/> <p><i>Total de flexómetros revisados en obra durante el periodo de evaluación</i></p>	10%	Si el porcentaje de flexómetros sin calibrar igual al 0%	Si el porcentaje de flexómetros se encuentra entre el 0% y el 5%	Si el porcentaje de flexómetros sin calibrar es > al 5%

4. SEGURIDAD INDUSTRIAL (15%)				
CRITERIO A EVALUAR	PESO ASIGNADO	 10 Puntos	 5 Puntos	 0 Puntos
<p>En este ítem se evalúa la eficacia en Materia de Seguridad Industrial por parte del Contratista.</p> <p>EL OBJETIVO DE LA SEGURIDAD INDUSTRIAL ES EVITAR QUE SE PRESENTEN ACCIDENTES DE TRABAJO Y/O ENFERMEDADES PROFESIONALES.</p> <p>Por tanto, la forma de evaluar si este objetivo se está cumpliendo es a través de la ocurrencia de accidentes en la obra y las consecuencias que éstos generan para el trabajador.</p> <p>La calificación de este Parámetro se hará teniendo en cuenta el índice de Gravedad que relaciona el número de horas perdidas por incapacidad ocasionadas por AT/EP respecto al número de horas de exposición en un periodo de tiempo determinado (en nuestro caso una semana)</p> $IG = \frac{\text{Total horas de incapacidad por AT/EP}}{\text{Total HH exposición}} \times 100$ <p>El total de HH exposición se calcularán teniendo como base jornadas laborales de 8 horas/diarias.</p> <p>Las observaciones deben registrarse en la bitácora de obra.</p>	60%	Si el IG es $\leq 3\%$	Si el IG esta entre 3-5%	Si el IG es $\geq 5\%$.

Pago puntual de seguridad social ARP, EPS y pensión (con copia a la obra)	20%	El Contratista pagó dentro del plazo legal la SS de sus empleados. (Se evalúa Mensualmente).		El Contratista no pagó dentro del plazo legal la SS de sus empleados. (Se evalúa Mensualmente).
<p>Garantizar el Uso de elementos de protección personal (EPP).</p> <p>Este ítem es evaluado a través del "Porcentaje de llamados de atención por uso de EPP's":</p> $\frac{\text{Cantidad de observaciones o llamados de atención al personal de contratista por no uso y/o mal uso de EPP'S}}{\text{Promedio de trabajadores registrados en el R-ING-090 durante la semana evaluada.}}$ <p>Las observaciones o llamados de atención deben reportarse en bitácora de obra.</p>	20%	Si el porcentaje de llamados de atención por uso de EPP's es igual al 0%	Si el porcentaje de llamados de atención por uso de EPP's es menor o igual al 2%	Si el porcentaje de llamados de atención por uso de EPP'S es mayor del 5%

5. ATENCION A RECLAMOS (15%)				
CRITERIO A EVALUAR	PESO ASIGNADO	 10 Puntos	 5 Puntos	 0 Puntos
<p>Es la gestión oportuna que brinda el contratista para prestar apoyo a requerimientos o necesidades de las obras en momentos en que se requiera para ejecutar una labor específica de acuerdo con la especialidad. Aplica para (garantías, corrección de productos no conformes, corrección de observaciones reportadas en reuniones semanales, etc.)</p> <p>Entendiendo como oportunidad las solicitudes gestionadas en las fechas pactadas con la obra.</p> <p style="text-align: center;"><i>Cantidad de solicitudes gestionadas</i></p> <hr style="width: 50%; margin: auto;"/> <p style="text-align: center;"><i>Total de solicitudes realizadas por la obra</i></p> <p>Los datos son tomados del Formato "Solicitudes de Correcciones a Contratistas R-ING-133"</p>	100%	Si se gestionaron >= al 90% de las solicitudes reportadas.	Si se gestionaron entre el 90% y el 70%	Si gestionó <= al 70% de las solicitudes reportadas

Fuente: Marval, Su empresa, Quienes somos, Pagina Web. Versión PDF, disponible en Internet: <http://www.marval.com.co/inicio.html/sistemacalidad>.