



## **DEDICATORIA**

*Este trabajo se lo dedico a mi papá, que siempre creyó en mí y me enseñó que nada es imposible; a mi mamá, que es mi ejemplo de lucha constante y amor a la familia; a mis hermanos Joel, Dennis y nuestra princesa Yadira, por el apoyo incondicional que me dieron y a Dios, por bendecir a mi familia y a mi cada día.*



## **AGRADECIMIENTO**

La presente tesis es un esfuerzo en el cual, directa o indirectamente, participaron varias personas, a quienes quiero expresar mi gratitud por el apoyo y la confianza que me han prestado de forma desinteresada:

- A la Universidad Alas Peruanas y a los docentes de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Civil, por la acogida y contribución en mi formación académica.
- A la Ing. Rogelia Guillen Leon por haber confiado en mi persona y brindarme la seguridad en relación con la investigación realizada. Asimismo, agradecerle por la paciencia, asesoría y la dirección que dio este trabajo.
- A mis docentes informantes: Mg. Ing. Arturo Jorge Raul Alayza Valenzuela, Ing Carolina Jimenez, a quienes agradezco el apoyo dado a pesar de la limitación de sus tiempo, en cuanto a la revisión de mi trabajo de investigación y a la orientación de mis dudas.
- A la empresa AID CONSTRATISTAS GENERALES S.A.C., que me ha permitido crecer profesionalmente, con especial reconocimiento al Arq. Jose Luis Caballero Corrales, quien siempre confió en mis capacidades, me aconsejo, ánimo y apoyo en todo momento, y me ha brindado muchas oportunidades en la parte laboral.
- A mis compañeros Susan M. Rojas Arias, Liz Tito, Vladimir Segobia Pardave, Luis Capcha Jimenez, Jorge Sanjinez Atoche, Miguel Matias Sarabia y Osiel Aguirre Flores, por el apoyo y animo durante el tiempo de la investigación.

A todos ellos, mi mayor consideración.

Atte.

EL AUTOR



## **RESUMEN**

La gran competitividad que existe en la actualidad en el rubro de la construcción civil obliga a las empresas constructoras buscar optimizar al máximo sus procesos, logrando la mayor productividad posible en el uso de sus recursos. En la actualidad uno de los recursos más controlados por los responsables de los proyectos es la mano de obra, sin embargo, se deja de lado la oportunidad de mejorar la eficiencia en el uso de otros recursos como los materiales y equipos.

Los materiales pueden llegar a representar cerca del 30% del costo de una proyecto y sin embargo, en muchos casos las empresas solo realizan verificaciones mensuales del estado de sus consumos de materiales para las partidas de control, las cuales están a cargo de los jefes de almacén quienes le dedican poco o nulo análisis al tema de la productividad de los recursos. El presente trabajo presenta la realidad de los consumos de materiales en dos obras de edificación en el distrito de SAN SEBASTIAN, distrito y provincia del CUSCO, relacionando los principales datos encontrado a estudios realizados al respecto en otros países como el Reino Unido, Estados Unidos o Brasil y desarrolla todo el proceso de mejora de productividad desde la recopilación de datos, análisis de la información, pasando por las posibles intervenciones desde la recopilación de datos, análisis de la información, pasando por las posibles intervenciones para mejorar los procesos hasta la verificación final de los mismos.

Esta investigación se centra en dos objetivos principales, reducción del costo de consumos de los materiales y reducción de los residuos sólidos generados por las obras, para esto se tomó la decisión de llevar el control de materiales significativos por el costo que representan para el proyecto (acero y concreto) y los que involucran una gran generación de desmonte (mortero, albañilería). Para los materiales seleccionados se establecen controles de consumos y se analizan las tendencias de los indicadores conforme a los encargados del proyecto van tomando medidas de mejora, modificando procesos o tecnologías. Paralelamente se mantiene un indicador de la generación de residuos sólidos por parte de la obra el cual también se va alterando conforme los ingenieros encargados marcan los lineamientos del proyecto al respecto. Todas estas mediciones y controles se efectuaron a lo largo de los proyectos y se llegaron a incorporar al sistema de gestión de la obra, generando beneficios reconocidos por la empresa constructora encargada de la ejecución.



## Índice

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO.....	3
RESUMEN.....	4
I. TÍTULO.....	6
II. NOMBRE DEL GRADUANDO Y ASESOR.....	6
III. LUGAR DONDE SE DESARROLLARÁ LA TESIS.....	6
IV. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	6
4.1 ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN.....	6
4.2 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	23
4.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	24
4.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	25
4.5 DELIMITACIÓN.....	25
V. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	27
5.1 OBJETIVO GENERAL.....	27
5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	27
VI. IMPORTANCIA Y JUSTIFICACIÓN.....	28
6.1 IMPORTANCIA.....	28
6.2 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	28
VII. MARCO TEÓRICO.....	29
7.1 MARCO LEGAL.....	29
7.2 BASES TEÓRICAS.....	30
VIII. HIPÓTESIS.....	49
8.1 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	49
8.2 IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE VARIABLES.....	49
8.3 CUADRO FINAL DE LAS VARIABLES.....	51
IX. METODOLOGÍA.....	52
9.1 ALCANCE.....	52
9.2 IDENTIFICACIÓN.....	58
9.3 EVALUACIÓN.....	66
9.4 INTERVENCIÓN.....	75
9.5 CONTROL.....	83
9.6 CONCLUSIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	101
X. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	106
10.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	106
10.2 NIVEL.....	106
10.3 MÉTODO Y DISEÑO.....	106
10.4 UNIVERSO, POBLACIÓN Y MUESTRA.....	107
10.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	107
XI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	109
11.1 CONCLUSIONES.....	109
11.2 RECOMENDACIONES.....	110
XII. CRONOGRAMA.....	112
XIII. PANEL FOTOGRAFICO.....	113
XIV. BIBLIOGRAFÍA.....	120



## **I. TITULO.**

### **“GESTIÓN DE LOS DESPERDICIOS DE MATERIALES EN OBRAS DE CONSTRUCCIÓN CIVIL: MÉTODOS DE CONTROL Y MEDICIÓN”**

## **II. NOMBRE DEL GRADUANDO Y ASESOR.**

Estudiante: Bach. Albert Dante Quispe Vilca.

Asesor: Ing. Rogelia Guillen Leon.

## **III. LUGAR DONDE SE DESARROLLARÁ LA TESIS.**

La siguiente investigación se desarrollará geográficamente en el distrito de SAN SEBASTIÁN de la Provincia del CUSCO en el departamento del CUSCO bajo el contexto de una industria de la construcción creciente para los próximos años con proyectos de gran envergadura en las diferentes ramas de la ingeniería civil como transporte e infraestructura vial, hidráulica entre otras.

## **IV. DESCRIPCION DEL PROYECTO.**

### **4.1 ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN.**

Con el propósito de contextualizar la investigación, se presenta a continuación un resumen de los principales trabajos publicados sobre el tema de gestión de los desperdicios en la construcción de obras civiles. Esta revisión permitirá apreciar los aspectos que han sido cubiertos al respecto, los niveles de avance obtenidos, las diversas metodologías aplicadas y los temas todavía no investigados.

Por la importancia que tiene los diferentes trabajos por la amplitud de las muestras utilizadas, lo preciso de sus observación, etc. Y alguno de ellos fueron pioneros en su tiempo. Por estos motivos, todos merecen los debidos créditos por su valioso aporte en la investigación de los



verdaderos niveles de desperdicios de materiales que ocurren en los procesos de construcción.

#### **4.1.1 SKOYLES (1976); SKOYLES (1978); SKOYLES Y SKOYLES (1987).**

Esta investigación, realizada en el Reino Unido fue impulsada por el Building Research Establishment (BRE) así como por el Chartered Institute of Building (CIOB), abarco el estudio de 21 materiales en un total de 114 obras y es considerado uno de los primeros y más ambiciosos intentos por medir las verdaderas cantidades de desperdicios que se producen en obra.

La metodología utilizada por estos investigadores se basó en la clasificación de los desperdicios en dos categorías:

- **Pérdidas Directas:** Incluyen todos los desperdicios que puedan verse claramente durante el proceso de construcción. Pueden observarse en el desmonte que se elimina periódicamente.
- **Perdidas Indirectas:** Esta categoría de desperdicios es más difícil de detectar, ya que muchas veces se confunde con el trabajo valioso, dentro de esta clasificación las perdidas pueden observarse en forma física o financiera. Los tipos de perdidas indirectas reconocidos por los autores son tres: perdidas por sustitución (cuando se utiliza un material más costoso en lugar de otro, ya sea por equivocación o urgencia), perdidas por producción (cuando se utilizan materiales para un procedimiento necesario, el cual no se tenía planeado) y perdidas por negligencia (cuando se utiliza mayor cantidad de materiales en algún procedimiento)



La estimación de las pérdidas directas se realizó mediante el levantamiento de tres datos:

- **Materiales Recibidos:** Se define a los materiales que ingresaron a la obra durante el periodo de muestreo.
- **Materiales Almacenados:** Se debe realizar un inventario de todos los materiales en stock, tanto al inicio como al término del periodo de muestreo.
- **Metrado Inicial:** Es la cantidad de material colocada en la estructura. Para estimar este dato se pueden utilizar los planos del proyecto o las valorizaciones de subcontratistas.

Es necesario agregar aquí algunas correcciones, debido justamente a las pérdidas indirectas, dichas correcciones varían de acuerdo al tipo de pérdida indirecta:

- **Por Sustitución:** Debe calcularse la cantidad de material que se colocó en lugar del material original y convertirse a metrado equivalente.
- **Por Producción:** Se debe estimar la cantidad de material que se utilizó en procedimientos no previstos y transformarla a las unidades utilizadas en el metrado inicial.
- **Por Negligencia:** Cuando se coloca mayor cantidad de material que la que está especificada en el proyecto el metrado inicial debe ser multiplicado por un factor de ampliación: por ejemplo, si a una cierta área se le debe



aplicar un recubrimiento de 2 cm. Y en lugar de eso se aplica uno de 3 cm. Deberá multiplicarse esta área por la relación 3/2.

Una vez que se ha recolectado toda esta información, para un periodo de tiempo determinado, se puede proceder a estimar el porcentaje de pérdidas directas mediante el uso de la siguiente Formula<sup>1</sup>:

$$\text{Pérdida directa} = C \text{ recibido} - [(CM \text{ real} + CM \text{ equivalente e (pérdidas indirectas)}) \times (C \text{ mate}) / (\text{Und metrado}) + C \text{ almacenada}]$$

Donde:

- **C recibido:** Es la cantidad de material que se recibió durante el periodo que duro la medición.
- **CM real:** La cantidad de metrado inicial, se calcula con las valorizaciones de los subcontratistas.
- **CM equivalente:** Es la cantidad de metrado equivalente que se obtiene de las correcciones realizadas a las pérdidas indirectas.
- **C mate/UND metrado:** Representa la cantidad de material teórico utilizado por la unidad de metrado.
- **C almacenadas:** Es la cantidad de materiales que se quedaron en el almacén luego de finalizar el levantamiento de datos.

---

<sup>1</sup> esta fórmula no está definida en los textos originales, es la interpretación de J.C. Paliari en su análisis del trabajo de SKOYLES.





Por otro lado, las pérdidas indirectas se determinan identificado el costo de cada una de las tres categorías identificadas:

- **Por Sustitución:** Consiste en determinar la diferencia de costo entre los materiales utilizados y los que deberían haber sido colocados.
- **Por Negligencia:** Se debe de calcular el costo de los materiales que se colocaron en exceso en la estructura.
- **Por Producción:** Debe determinarse el costo de los materiales que se utilizaron en procedimientos imprevistos.

Mediante el uso de esta metodología Skoyles logro obtener los siguientes resultados.

Tabla 1. Perdida directa de materiales (SKOYLES, 1976).

Material	N° de obras	Rango de resultados	Indice de perdidas directas (%)	
			promedio	usual
Concreto en infra-estructura	12	3 -- 18	8	2.5
Concreto en superestructura	3	-	2	2.5
Acero	1	-	5	2.5
Ladrillos corrientes	68	1 -- 20	8	4.0
Ladrillos caravista	62	1 -- 22	12	5.0
Ladrillos esstructurales huecos	2	-	5	2.5
Ladrillos estructurales macizos	3	9 -- 11	10	2.5
Bloques ligeros	22	1 -- 22	9	5.0
Bloques de concreto	1	-	7	5.0
Teja	1	-	10	2.5
Madera (tablas)	3	12 -- 22	15	5.0
Madera (planchas)	2	-	15	5.0
Mortero (paredes)	4	2 -- 7	5	5.0
Mortero (techo)	4	1 -- 4	3	5.0
Ceramica (paredes)	1	-	3	2.5
Ceramica (pisos)	1	-	3	2.5
Tuberia de cobre	9	-	7	2.5
Tuberia de PVC	1	-	3	2.5
Conexiones de cobre	7	-	3	-
Placas de vidrio	3	-	9	5.0
Ventanas prefabricadas	2	-	16	-



#### 4.1.2 PINTO (1989).

Esta investigación sobre pérdidas de materiales en la construcción tiene como merito ser la primera que se realizó en Brasil (Uno de los países en el mundo donde se han llevado a cabo mayor cantidad de trabajos al respecto). Se basó en el estudio de un único edificio, El Flat Hotel, de 18 pisos que cuenta con 3658 m<sup>2</sup> de área construida, ubicado en la ciudad de Sao Paulo.

Se decidió estudiar los materiales que, de acuerdo al autor, fueran considerados como potenciales fuentes de desperdicio, estos son: concreto, acero, sellos, cemento, cal hidratada, arena mortero y cerámicas.

Para la realización de este estudio, el primer paso fue realizar un metrado de todas las estructuras donde estuvieran involucrados los materiales en estudio, a continuación se determinaron las cantidades teóricas de material que se debería utilizar por unidad de metrado<sup>2</sup>.

Paralelamente se llevó el control de todos los materiales recibidos en obra y de los que salían del almacén para ser utilizados. Además se realizaron visitas periódicas para verificar si se habían realizado modificaciones del proyecto en campo y tomar medidas de las dimensiones reales ejecutadas (espesores de losa, recubrimientos, etc)

A manera de resultados, Pinto presenta en forma porcentual, la diferencia entre el material que se compró para la obra y el que teóricamente debió ser colocada en la edificación de acuerdo a los metros realizados inicialmente, es decir, en estos porcentajes de pérdidas están incluidas tanto las directas como las indirectas.

---

<sup>2</sup> Estas cantidades se obtuvieron de los análisis de los precios unitarios, para esto se eliminaron los porcentajes de mermas asumidos.



Tabla 2. Índices de pérdidas de materiales (PINTO, 1989).

Material	Desperdicio calculado (%)	Expectativa usual de pérdidas (%)
Madera (en general)	47.5	15.0
Concreto premezclado	1.5	5.0
Acero CA 50/60	26.0	20.0
Sellos	13.0	5.0
Cemento CP 32	33.0	15.0
Cal Hidratada	102.0	15.0
Arena lavada	39.0	15.0
Mortero	86.5	10.0
Ceramica (pared)	9.5	10.0
Ceramica (piso)	7.5	10.0

#### 4.1.3 PICCHI (1993).

El autor realizó su estudio basado en la observación de tres edificios residenciales y convencionales durante los años 1986 y 1987.

En ellos, analizó la cantidad de material retirada de la obra en forma de desmonte, para esto, utilizó las facturas de las empresas encargadas de realizar la eliminación de estos desperdicios. No se consideraron los primeros viajes de los volquetes ya que solo transportaban tierra.

Además, realizó mediciones para determinar los espesores reales de tarrajeo aplicados a las estructuras ya que, de acuerdo a su experiencia, esta es una de las principales causas de pérdidas en la construcción.

Paralelamente estimo, basado en algunas hipótesis, los porcentajes de pérdidas en función al costo de la obra, en esta estimación se incluyeron distintos tipos de pérdidas (atrasos, reparaciones, etc)



Respecto a la cantidad de desmonte eliminado en cada obra el autor obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 3 Datos relativos al desmonte generado (PICCHI, 1993).

Obra	Área construida (m <sup>2</sup> )	Cantidad de desmonte (m <sup>3</sup> )	Espesor equivalente del desmonte (cm)	Masa de desmonte <sup>3</sup> (tn/m <sup>2</sup> )	Desmonte/Masa proyectada de la estructura <sup>4</sup> (%)
A	7619	606.5	7.9	0.095	11.2
B	7982	707.7	8.9	0.107	12.6
C	13581	1645.0	12.1	0.145	17.1

Además, esta investigación, logro determinar que los espesores de tarrajeo utilizados en obra son en promedio 81.3% mayores a los que están especificados en el proyecto, lo que representa un incremento en la masa del edificio del orden de 17.2%.

Se determinaron también, los valores de distintos tipos de perdidas, en relación con el costo de la edificación, cabe resaltar que algunas de estas pérdidas no guardan relación con los desperdicios de materiales.

Tabla 4 Estimación de desperdicios en función al costo de la obra (PICCHI, 1993).

item	Contenido	%
Desmonte	Restos de mortero	5.0
	Restos de ladrillo	
	Restos de madera	
	Limpieza	
	Retirada de material	
Espesores adicionales de mortero	Tarrajeo de techos	5.0
	Tarrajeo de paredes internas	
	Tarrajeo de paredes externas	
	Contrapiso	
Dosificación no optimizada	Concreto	2.0
	Mortero de Tarrajeo de techos	
	Mortero de Tarrajeo de paredes	
	Mortero de revestimiento	
Reparaciones y retrabajos no computados en el desmonte	Repintado	2.0
	Retoques	
	Corrección de otros servicios	

3 Se utilizó un valor de masa específica equivalente a 1.2tn/m<sup>3</sup>.

4 Se consideró una masa final del edificio de 0.85 tn/m<sup>2</sup>.



Tabla 5 Estimación de desperdicios en función al costo de la obra (PICCHI, 1993).

Item	Contenido	%
Proyectos no optimizados	Arquitectura	6.0
	Estructuras	
	Instalaciones Sanitarias	
	Instalaciones electricas	
Perdidas de productividad debido a problemas de calidad	Paradas y operaciones adicionales por falta de calidad en los materiales y serevicios anteriores	3.5
Costos debidos a atrasos	Perdidas financieras por atrasos de las obras y costos adicionales de administracion, equipos y multas	1.5
Costos en obras entregadas	Reparo de patologias ocurridas despues de la entrega de la obra	5.0
TOTAL		30

#### 4.1.4 SOIBELMAN (1993).

Tomando como base de su estudio cinco obras ubicadas en la ciudad de Porto Alegre, la investigación de Soibelman se planteó tres objetivos principales: determinar los índices de pérdidas de los materiales más comunes en las construcciones, analizar las causas de estas pérdidas y sugerir medidas para poder reducirlas.

A diferencia de otros trabajos, en este tuvo a gente dedicada tiempo completo a la obra, su misión fue realizar un constante seguimiento de los materiales estudiados para determinar sus flujos dentro de la obra y así identificar las causas de los desperdicios. Para esto se utilizaron formatos especialmente diseñados en donde se controlaban los metrados ejecutados, las cantidades de material recibido, el trato que se le daba a cada material, etc.

Los materiales elegidos fueron seleccionados tanto por su importancia en la obra como por la facilidad para obtener información



sobre ellos. Se consideraron: el acero, concreto premezclado, cemento, arena, cal, mortero y ladrillos.

La metodología se basó en determinar dos fechas base, las denominadas visitas iniciales (VI) y visita final (VF). En esas dos fechas se levantaron los mismos datos: cantidad de material adquirido, cantidad de material almacenado y cantidad de material teóricamente necesaria<sup>5</sup> para realizar los metrados logrados hasta el momento de la visita. Con estos datos se puede obtener el porcentaje de pérdidas ocurridas entre la visita inicial y visita final<sup>6</sup>.

$$Perdida(\%) = \frac{M_{real} + Alm(VI) - Alm(VF)}{M_{teo}}$$

Mediante el uso de esta fórmula la investigación de Soibelman reporto los siguientes resultados.

Tabla 6 Índices de pérdidas entre VI y VF (SOIBELMAN, 1993).

Material	Obras					Media
	A	B	C	D	E	
Acero	18.8	27.3	23.0	7.9	18.3	19.0
Cemento	86.1	45.2	36.5	109.8	135.4	82.6
Concreto	5.7	17.2	-	15.9	-	12.9
Arena	24.6	29.7	-	133.3	43.8	44.4
Mortero	103.0	87.5	40.4	152.1	85.0	93.6
Ladrillo hueco	-	8.2	93.3	33.6	107.3	50.0
Ladrillo macizo	43.5	15.2	-	47.2	109.9	54.0

<sup>5</sup> para determinar la cantidad de material teóricamente necesaria se realizó un análisis de precios unitarios basado en proyectos similares en el que ni se consideraron los desperdicios.

<sup>6</sup> el autor determina también, con los mismos datos las pérdidas obtenidas antes de la visita inicial y antes de la visita final, para esto usa formulas similares.



Además, gracias al seguimiento detallado de la obra se logró determinar las principales causas de estas pérdidas, las cuales fueron resumidas en el siguiente cuadro:

Tabla 7 Causas de las principales perdidas (SOIBELMAN, 1993)

Material	Principales causas
Concreto premezclado	Diferencias entre la cantidad entregada y la solicitada.
	Uso de equipos en mal estado.
	Errores de cubicaje.
	Dimensiones mayores a las proyectadas.
Mortero	Uso excesivo de mortero para reparar irregularidades (el consumo fue 89% mayor).
	Presencia de sobrantes diarios, los cuales debían ser eliminados.
Ladrillos huecos	Malas condiciones en el recibo y almacenamiento de los ladrillos.
	Modulación nula, lo que trae como consecuencia la necesidad de cortar las unidades.
Cemento	Valen la misma observaciones que para el mortero respecto al uso excesivo.
	Rotura de bolsas en el momento de recibir el material.
	Almacenamiento inadecuado del material.
Arena	Inexistencia de concentraciones laterales para evitar dispersión de material.
	Manipulación excesiva antes de su uso final.

También se realizó el análisis del impacto de estas pérdidas en el costo final de la estructura, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 8 Estimación del costo de las pérdidas de materiales considerando las demás perdidas (SOIBELMAN, 1993).

Insumo	Costo teórico (%)	Costo real (%)				
		A	B	C	D	E
Acero	4.31	5.12	5.49	5.3	4.65	5.1
Cemento	5.24	9.25	7.61	7.04	13.19	11.15
Concreto	5.38	5.96	6.01	6.32	5.42	6.73
Arena	0.94	1.19	1.22	1.13	1.97	1.34
Mortero	0.69	1.4	0.69	0.97	1.24	1.2
Ladrillos huecos	2.25	3.15	3.15	3.06	2.85	4.65
Ladrillos macizos	0.27	0.39	0.31	0.32	0.34	0.52
Resto de materiales + manos de obra	80.92	80.92	80.92	82.92	80.92	80.92
TOTAL	100	107.38	105.4	105.6	110.58	111.62
COSTO DE LAS PERDIDAS	-	7.38	5.4	5.06	10.58	11.62



#### 4.1.5 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE HONG KONG (1993).

La investigación fue realizada por encargo de la Asociación De Construcción de Hong Kong y tuvo como finalidad el cumplimiento de dos objetivos: cuantificar e identificar la naturaleza de los distintos tipos de desmonte en construcción civil y determinar sus causas. Este estudio fue motivado por el poco espacio con el que cuenta el país de Hong Kong para el depósito de desperdicios.

El trabajo se llevó acabo en 32 obras, en las cuales se tenían asignados estudiantes, quienes levantaban información constante, turnándose para estar presentes en todo momento durante la construcción.

Para determinar los volúmenes de desmonte producidos por las obras se clasificaron los desperdicios en cinco categorías y para cada una se determinó el denominado "índice de desmonte" en base a la experiencia de los autores<sup>7</sup>, es así, que mediante la aplicación de estos índices en formulas especificas se calcula la cantidad de desperdicios producido.

Tabla 9 Modelo para estimación de desmonte en obras (POLITECNICO DE HONG KONG, 1993).

Categoría	Índice de desmonte (%)	Volumen de desmonte (m3)
Granular inerte proveniente del vaciado	11	Metrado (m3) x Índice de desmonte (%)
Granular inerte proveniente de materiales cerámicos	15	Metrado (m2) x Espesor (m) x Índice de desmonte
Restos de madera de enconfrado o actividades temporales	100	Metrado (m2) x Espesor x 1/#reutilizaciones <sup>8</sup>
Materiales condicionados	5	Volumen de materiales (m3) x índice (%)
Otros desmontes	Despreciable	

<sup>7</sup> Excepto en el caso del concreto premezclado, donde el índice fue calculado mediante la comparación entre las cantidades comparada y las necesarias según el presupuesto.

<sup>8</sup> El autor utiliza un promedio de reutilizaciones de 9





A manera de comprobación se calcularon los valores reales de desmonte producidos por una obra, observándose una variación de 13.3% en relación a los obtenidas mediante las fórmulas de estimación. Conteniendo la certeza que se podía obtener de estas estimaciones se procedió a aplicar los cálculos en trece obras obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 10 volumen de desmonte a través de la aplicación del modelo propuesto (POLITECNICO DE HONG KONG, 1993).

Datos de los proyectos		Estimacion de desmonte (m3)					
Tipo de edificacion	Area construida (m2)	Granular		Envolturas	Madera	Total	m3/m2
		Concreto	Otros				
Vivienda	55,817.00	3,838.00	602.00	231.00	596.00	5,267.00	0.09
Vivienda	4,300.00	188.00	54.00	23.00	31.00	296.00	0.07
Vivienda	3,162.00	198.00	72.00	31.00	45.00	346.00	0.11
Vivienda	12,574.00	957.00	408.00	176.00	327.00	1,868.00	0.15
Oficina	3,302.00	193.00	30.00	12.00	42.00	277.00	0.08
Oficina	2,814.00	159.00	25.00	9.00	39.00	232.00	0.08
Oficina	109,415.00	5,225.00	994.00	386.00	949.00	7,554.00	0.07
Edificio	87,360.00	4,588.00	1,572.00	702.00	0.00	6,862.00	0.08
Edificio	86,497.00	4,709.00	1,390.00	615.00	531.00	7,245.00	0.08
Edificio	5,250.00	291.00	164.00	80.00	49.00	584.00	0.11
Edificio	102,780.00	9,272.00	3,179.00	1,302.00	1,549.00	15,302.00	0.15
Colegio	8,390.00	497.00	96.00	40.00	79.00	712.00	0.08
Otros	2,870.00	178.00	71.00	32.00	84.00	365.00	0.13
<b>TOTAL</b>	<b>484,531.00</b>	<b>30,293.00</b>	<b>8,657.00</b>	<b>3,639.00</b>	<b>4,321.00</b>	<b>46,910.00</b>	<b>0.10</b>



#### 4.1.6 SANTO (1995).

Santos estudio una obra compuesta por tres bloques de edificios residenciales, en ellos, se propuso observar las pérdidas que ocurren durante los procedimientos de asentamiento de ladrillos y aplicación de tarrajeo, que incluyen los siguientes materiales: cemento, arena, ladrillos macizos y huecos. El autor logro determinar, en forma similar a Soibelman. Los porcentajes de desperdicio para estos materiales además presento un análisis económico en el cual se estima la cantidad de dinero que representan las pérdidas. Todos estos resultados se presentan en el siguiente cuadro:

Tabla 11 Perdidas contabilizadas: estudio de caso (SANTOS, 1995).

Material	Perdida	Cantidad	U\$/un	Costo (U\$)
Cemento	79.6	3,163 bolsas	5.67	17,934.21
Arena	42.5	325 m3	10.19	3,311.75
Ladrillos huecos	5.4	27,500 un	0.11	3,025.00
Ladrillos macizos	25.5	40,468 un	0.07	2,832.76

#### 4.1.7 ENSHASSI (1996).

Realizo un estudio utilizando los preceptos expuestos por SKOYLES, su trabajo se desarrolló en 86 obras ubicadas en la Franja de Gaza, Israel y se centró en el análisis de ladrillos, cemento y arena obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 12 Índice de perdidas estudio de 86 obras (ENSHASSI, 1996).

Material	Perdida directa (%)	Perdida indirecta (%)	Total (%)	Expectativa (%)
Ladrillo corriente	3.2	2	5.2	2.00
Ladrillo caravista	4.9	2.2	7.1	3.00
Barras de acero	2.1	1.5	3.6	2.00

#### **4.1.8 TESIS GALARZA MEZA MARCOS (PUCP, 2011).**

El autor realizó su estudio basado en dos obras en la ciudad de Lima Perú, el edificio A ubicado en el distrito de Miraflores frente al malecón Balta y calle Venecia, es un edificio de vivienda de 17 pisos, 3 sótanos y 1 semisótano, por otro lado el edificio B también un edificación de vivienda ubicado en el distrito de Miraflores en el cruce de la avenida Malecón Cisneros y la calle Italia, esta edificación cuenta con 18 pisos y 4 sótanos.

En esta investigación se obtuvieron, para el proyecto A valores de desperdicios promedio mayores a los índices presentados por la Universidad de Hong Kong, pese a que se tomaron medidas durante el proyecto que contribuyeron significativamente a disminuir el volumen de desmonte generado, sin embargo, al ser acciones desarrolladas sobre la marcha de la obra no lograron impactar lo suficiente como para llegar a obtener resultados de 0.10 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>, aunque si quedó demostrado la factibilidad de reducir el desmonte mediante, la reducción de residuos como las sobras de ladrillo y el reusó de materiales como el mortero sobrante.

Los resultados obtenidos en el proyecto B por otro lado demuestran que una adecuada planificación desde el inicio de una obra y un buen control de los residuos sólidos durante la ejecución del proyecto pueden llevar a la obtención de muchos mejores resultados en cuanto a la gestión de desperdicios, en esta obra, pese a tener una mayor participación de la albañilería (causante de la mayor parte de los residuos sólidos) que el proyecto B generó menor cantidad de residuos sólidos que la obra, igualando los resultados promedios obtenidos por la Universidad Politécnica de Hong Kong.

Asumiendo que el proyecto B hubiera tenido resultados similares a los valores promedio de la obra A (pese a que los



resultados de esta obra también fueron mejorados) si no se hubiera realizado ninguna intervención se habrían producido, limpiando, eliminando y acopiando 350 m<sup>3</sup> adicionales de desperdicios generaron un impacto significativo en el medio ambiente no solo por el volumen de residuos sino por la contaminación derivada del transporte de dichos desperdicios hasta los botaderos.

Sería posible e interesante continuar reduciendo aún más los niveles de desperdicios de los proyectos, como se mencionó anteriormente en Hong Kong se midieron niveles de desperdicio de hasta 0.07 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> en obras típicas sin ningún tipo de intervención, esto indica que aún queda mucho desperdicio potencial en nuestro procesos que pueden irse reduciendo paulatinamente hasta llevar la huella ecológica de nuestras edificaciones al mínimo.

Tabla 13 Comparación de Residuos de materiales de construcción en dos obras de similares características.

Comparacion Indice de Residuos Solidos de Construccion	
Valor Promedio Obra A	Valor Promedio Obra B
m <sup>3</sup> Desmonte/m <sup>2</sup> techado	m <sup>3</sup> Desmonte/m <sup>2</sup> techado
0.13	0.1

#### 4.1.9 PRINCIPALES CONCLUSIONES.

Todos los trabajos de investigación presentados anteriormente han obtenido importantes conclusiones, algunas generales y otras más específicas para todas brindan importantes aportes al estudio.

La mayoría de los autores coinciden en la gran diferencia que existe entre los valores tradicionalmente utilizados en los presupuestos para estimar el desperdicio y los porcentajes verdaderos observados; existe además una amplia dispersión de



resultados para el indicador de desperdicio de un mismo material en distintas obra.

Estos resultados permiten a los expertos creer en el gran potencial de mejora que existe para disminuir los índices de desperdicio de materiales en la construcción ya que la gran variedad de resultados señala que un obra con mucho desperdicio podría llegar a disminuirlo si utilizara herramientas, equipos, metodologías o procedimientos distintos a los que mantiene.

Uno de los principales problemas detectados en las obras ha sido la falta de control para actuar en forma preventiva así como la falta de planeamiento que existe respecto al desperdicio de materiales. Se ha reconocido que todos los agentes que intervienen en los procesos constructivos tienen injerencia significativa en el nivel de desperdicio detectado.

Todos los autores coinciden en resaltar el impacto económico que este problema tiene sobre los resultados de las obras y que en la mayoría de los casos es transferido directamente a los usuarios finales. Este incremento del costo puede llegar a un 10% del valor de la obra.

Respecto a la cantidad de desmonte producido por las edificaciones en construcción se presentan algunas cifras alarmantes a manera de conclusión. Se ha estimado que la cantidad de desmonte producido durante la construcción de un edificio es tal, que si se divide este volumen entre el área construida se obtiene espesores entre 8 y 12 cm. En general la cantidad de desmonte eliminado en una obra oscila entre 0.095 y 0.145 tn/m<sup>2</sup> construido lo que equivale aproximadamente entre 8 y 12 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> techado, muestra del importante impacto en el medio ambiente generado por el desperdicio de materiales.



Como alternativas propuestas al problema planteado, algunos autores señalan la importancia de desarrollar indicadores que puedan dar aproximaciones precisas a lo largo de la obra sobre las cantidades de desperdicio que se está produciendo como producto de la construcción. Así mismo mencionan la posibilidad de estudiar alternativas de reusó y reciclaje de materiales para disminuir la cantidad de residuos sólidos que se producen.

#### **4.2 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.**

En la actualidad, las empresas constructoras en el Cusco no aplican la gestión de desperdicios de materiales en obras de construcción civil. Es por eso que la presente investigación pretende abordar la gestión de procesos constructivos, para mejorar, reducir los costos de consumos de materiales, procesos constructivos (mano de obra y equipos) y la reducción de los residuos sólidos que toda construcción desecha constantemente en el tiempo que dura la obra. Ya que en nuestro país los procesos constructivos son en su mayoría tradicionales y repetitivos, debido a que los conocimientos de nuestros obreros se transmiten oralmente y en la mayoría de los casos muchos de estos tienen conocimientos empíricos.

Por otro lado, los profesionales encargados de las obras, muchas veces no cuentan con el tiempo ni los recursos necesarios para revisar el diseño de métodos los procesos o evaluar su funcionamiento en detalle y muy por el contrario termina aceptando el método tradicional, sin considerar que podría estar equivocado o que podría mejorarse.

Estas dificultades mencionadas se pueden superar mediante el uso de indicadores adecuados que permitan identificar cuáles son los procesos ineficientes, o que están teniendo un mal funcionamiento, con la finalidad de estudiarlos con mayor atención.



Por otro lado la disminución de impacto ambiental es importante, ya que no cabe duda que el sector de la construcción ha experimentado un crecimiento significativo en los últimos años, sin embargo, la construcción también trae consigo efectos negativos para el medio que lo rodea, uno de los más perjudicados es el impacto que tiene sobre el medio ambiente.

Esta contaminación se manifiesta por el gran consumo de recursos naturales, la generación de ruidos, vibraciones, polvos, olores, etc. Son algunas de las consecuencias provenientes de la actividad de la construcción. Sin embargo, uno de los problemas más graves es tal vez la generación de gran cantidad de residuos sólidos, los cuales en su mayoría no cuentan con un destino final adecuado y/o certificado.

#### **4.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

En la actualidad la gestión de los desperdicios en obras de construcción es ineficiente ya que presenta serios problemas al momento de la ejecución de las diferentes obras en ingeniería, uno de los recursos más controlados por los responsables de los proyectos es la mano de obra, existen una gran cantidad de herramientas y metodologías difundidas con la finalidad de mejorar la productividad de este recurso (cartas balance, medición general de actividades, etc.), sin embargo, se deja de lado la oportunidad de mejorar la eficiencia en el uso de otros recursos como son los materiales y equipos.

Los materiales pueden llegar a representar cerca del 30% del costo de un proyecto y sin embargo, en muchos casos las empresas solo realizan verificaciones mensuales del estado de sus consumos de materiales para las partidas de control, las cuales están a cargo



de los jefes de almacén quienes le dedican poco o nulo análisis al tema de la productividad de recursos.

#### **4.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.**

##### **DEL PROBLEMA PRINCIPAL.**

¿Cómo la mala gestión de los desperdicios de materiales en obras de construcción civil, influyen en la economía de las empresas constructoras y el impacto al Medio Ambiente?

##### **DE LOS PROBLEMAS ESPECÍFICOS.**

###### **PRIMER PROBLEMA.**

¿De qué manera la falta de seguimiento en los procesos constructivos genera pérdidas económicas de las empresas constructoras?

###### **SEGUNDO PROBLEMA.**

¿De qué manera se puede reducir los desperdicios de la obra de construcción para mejorar la calidad ambiental?

#### **4.5 DELIMITACIÓN.**

##### **DELIMITACIÓN ESPACIAL.**

El presente trabajo es fundamentalmente una investigación, cuya delimitación espacial estará concentrada principal en el distrito de San Sebastián, Provincia de Cusco, región Cusco. Se tomarán además instrumentos de investigación a nivel nacional de otras construcciones.





### **DELIMITACION TEMPORAL.**

El período que abarca esta investigación es desde el año 2013 al 2015.

### **DELIMITACION SOCIAL.**

En la medida que la dimensión social involucra el cuidado en la Industria de la Construcción y del Medio Ambiente según la ley general de residuos sólidos ley N°27314.

Así mismo tenemos a los organismos públicos, los privados e incluso los particulares. La investigación comprenderá a docentes, profesionales, investigadores vinculados con la mejora continua en los métodos de medición y control en los procesos constructivos y la mitigación del Medio Ambiente.



## **V. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.**

### **5.1 OBJETIVO GENERAL.**

Reducir el costo de consumo de los materiales y la reducción de los desperdicios de materiales con una mejora en la gestión de desperdicios de materiales generados por las obras.

### **5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

#### **PRIMER OBJETIVO ESPECÍFICO**

Mejorar la gestión de los procesos constructivos en la construcción, para disminuir la pérdida económica que estos producen.

#### **SEGUNDO OBJETIVO ESPECÍFICO**

Implementar un Plan de Manejo de desperdicios de materiales de las construcciones, para reducir el Impacto al Medio Ambiente.



## **VI. IMPORTANCIA Y JUSTIFICACIÓN.**

### **6.1 IMPORTANCIA.**

Este estudio contribuye a comprender los enfoques cuantitativos y cualitativos en futuros estudios similares. Ya que la construcción en nuestra región y el país están en crecimiento.

### **6.2 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.**

Se realizó este estudio porque en su mayoría las empresas constructoras en la región Cusco aun no cuentan con métodos de control y medición sobre los desperdicios de materiales de construcción, esto hace que tengan una pérdida económica y a su vez contribuyan con el impacto al medio ambiente que los rodea. Es por esas razones que es factible realizar esta investigación en tiempo prudencial. Se cuenta con los recursos financieros, humanos y materiales que determinan los alcances de esta investigación. Se consultarán bases de datos académicos a las que se tiene acceso: Reglamento Nacional de Edificaciones, antecedentes o estudios anteriores; bibliotecas de universidades del mundo, compra de libros en su versión digital, así como el acceso a revisión de tesis sobre la materia. En nuestro país la información es limitada sobre el tema, pero en países vecinos, particularmente en México y Brasil si existe información sobre el tema.



## **VII. MARCO TEÓRICO.**

### **7.1 MARCO LEGAL.**

El Reglamento para la gestión de los residuos sólidos de la actividad de la construcción se sustenta en la siguiente normativa:

1. Constitución Política del Perú (inc. 22º. del Art. 2º, Art. 67º y Art. 118º).
2. Ley N° 28611, Ley General del Ambiente.
3. Decreto Legislativo N° 757, Ley Marco para el Crecimiento de la Inversión Privada.
4. Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos.
5. Decreto Supremo N° 057-2004-PCM, Reglamento de la Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos.
6. Ley N° 26842, Ley General de Salud.
7. Ley N° 27446, Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental.
8. Ley N° 28245, Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental y su Reglamento.
9. Ley N° 28256, Ley que regula el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos.
10. Ley N° 29090, Ley de regulación de habilitaciones Urbanas y de Edificaciones.
11. Decreto Supremo N° 011-2006–MVCS, Reglamento Nacional de Edificaciones.
12. Decreto Supremo N° 008-2000-MTC, Reglamento de la Ley de Regularización de Edificaciones, del Procedimiento para la Declaratoria de Fábrica y del Régimen de Unidades Inmobiliarias de propiedad exclusiva y propiedad común.
13. Decreto Supremo N° 074-2001-PCM, Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire.
14. Resolución Suprema N° 0053 –2000/INDECOPI-CRT 3.
15. Decreto Supremo N° 011-2006-Vivienda – 66 Normas Técnicas del Reglamento Nacional de Edificaciones-RNE.



16. Resolución Ministerial N° 198-2006-PRODUCE, Guía de Prevención de la Contaminación Industrial Manufacturera.
17. Norma Técnica Peruana – NTP 400.053: 1999, referida al Manejo de Residuos de la Actividad de Construcción. Reciclaje de Concreto de demolición.
18. Norma Técnica Peruana - NTP 400.054: 1999 referida al Manejo de Residuos de la Actividad de la Construcción. Reciclaje de materiales de demolición no clasificados

## **7.2 BASES TEÓRICAS.**

### **7.2.1 CONCEPTO DE DESPERDICIOS DE MATERIALES.**

El concepto de desperdicio en general es similar para diversos autores, Ghio (2001) lo define como “toda aquella actividad que tiene un costo pero que no le agrega valor al producto final”. Por su parte, Formoso (1996) amplía el concepto indicando que se refiere a “toda ineficiencia que se refleja en el uso de equipos, mano de obra y materiales en cantidades mayores a aquellas necesarias para la construcción de una edificación”.

Paliari (1999), sin embargo, plantea una interrogante válida, la cual se debe discutir antes de establecer un concepto definitivo de desperdicio. Este autor sostiene que las pérdidas son un concepto relativo ya que se debe determinar en primer lugar una situación de referencia. Es decir definir, para cada realidad un rendimiento estimado o aceptable de los recursos, considerando así como desperdicio a todo lo que supere este límite.

Para estimar el desperdicio de materiales se utiliza normalmente los consumos promedios del sector como situación referencia, sin embargo, este criterio no es la ideal ya que cada obra tiene características propias (tecnología, tipo de mano de obra,



procedimientos, etc.) que requieren estimaciones más precisas para un control adecuado, también puede utilizarse los consumos promedio de edificaciones similares o los consumos establecidos en normas técnicas (cuando existan).

Este planteamiento se opone a definiciones como la de Melinghender (1976) quien por el contrario sostiene que los desperdicios son "todo aquello que diferencia a la obra ejecutada de la obra perfecta" o la de Conwat Quality quien plantea que son "la diferencia entre las formas con las cosas se hacen ahora y la forma con podrían ser hechas si todo fuera perfecto".

Considerando ambas posturas podría comenzar a plantearse una definición final para el desperdicio de los materiales. Definitivamente es necesario considerar las características particulares de cada proyecto y de cada etapa del mismo al analizar los desperdicios (circunstancias, procedimientos constructivos, equipos, calidad de la mano de obra, etc.) no es lo mismo por ejemplo, el desperdicio de concreto que se puede tener vaciando una cimentación que el que se obtiene vaciando elementos verticales.

Por otro lado, es fundamental también realizar el contraste con la situación ideal, de esta manera se puede mantener el control de la brecha que existe entre lo real y lo perfecto, lo que contribuye al análisis de las causas de estos desperdicios. Sin embargo, no en todas las partidas se pueden definir una situación ideal fácilmente.

Tal es el caso del cemento para tarrajeo de muros, para realizar esta actividad existen diversas proporciones de mezcla arena: cemento (4:1, 5:1, 6:1), cuando la fórmula no ha sido definida dentro de las especificaciones del proyecto se utiliza el criterio de los encargados de obra, quienes basados en sus propias experiencias



personales establecen la proporción adecuada como consumo estándar. En partidas como el vaceado de concreto en cambio, queda claro que por razones geométricas, que la situación perfecta se dará cuando se consuma 1 m<sup>3</sup> de concreto por cada m<sup>3</sup> que haya que llenar con mezcla.

La respuesta adecuada en estos casos debe estar en los documentos técnicos (especificaciones, planos, memorias descriptivas). Con el apoyo de esta información se debe determinar la cantidad necesaria de material que se debe utilizar para lograr las fabricaciones del producto final de acuerdo a los estándares de calidad requeridos por el cliente. En caso no se encuentre la información necesaria en los documentos técnicos quedara a criterio del equipo de obra determinar los consumos ideales en base a su experiencia.

Tomando en cuenta toda lo expuesto anteriormente, esta tesis considera como desperdicio de materiales **a todo consumo de recurso material en cantidades mayores a las necesarias para la elaboración de un producto de construcción de acuerdo a las especificaciones reflejadas en los documentos técnicos o a los criterios establecidos por los encargados de obra.**

## **7.2.2 CLASIFICACIÓN DE LOS DESPERDICIOS DE MATERIALES.**

Los desperdicios tienen una serie de características significativas que pueden determinar la forma en que se les clasifica. El método de clasificación más difundido es el utilizado por la empresa TOYOTA, dentro del marco de su sistema de producción, el cual se basa en la eliminación total de las pérdidas ocurridas durante el flujo del proceso productivo. A continuación se detallan los 7 tipos de desperdicio señalados por esta teoría según los presenta Pires (1998):



- a) **Perdidas por superposición:** Se refiere a los desperdicios de recursos generados por la fabricación de productos en mayor cantidad a la necesaria.
  
- b) **Perdidas por transporte:** Se hace referencia a los gastos innecesarios en los que se incurren al transportar recursos de una ubicación a otra ya que esta actividad no agrega ningún valor al producto final, por lo que se recomienda disminuya al máximo.
  
- c) **Perdidas por almacenamiento:** Son los costos en los que se incurre por ocupar el espacio de almacenamiento y el riesgo de pérdida o destrucción del material almacenado.
  
- d) **Perdidas por movimiento:** Se refiere a los movimientos innecesarios realizados por los trabajadores durante la ejecución de sus labores.
  
- e) **Perdidas por espera:** Está compuesto por aquellos periodos de tiempo en los cuales los recursos generan gasto pero no están siendo utilizados debido a diferentes motivos.
  
- f) **Perdidas por productos defectuosos:** Son los costos adicionales en los que se incurre cuando un producto no ha sido fabricado de acuerdo a las características de calidad solicitadas por el proyecto.
  
- g) **Perdidas del propio proceso:** Se refiere a actividades que no son necesarias para lograr el producto final según las especificaciones solicitadas y que están incluidas dentro del proceso mismo.

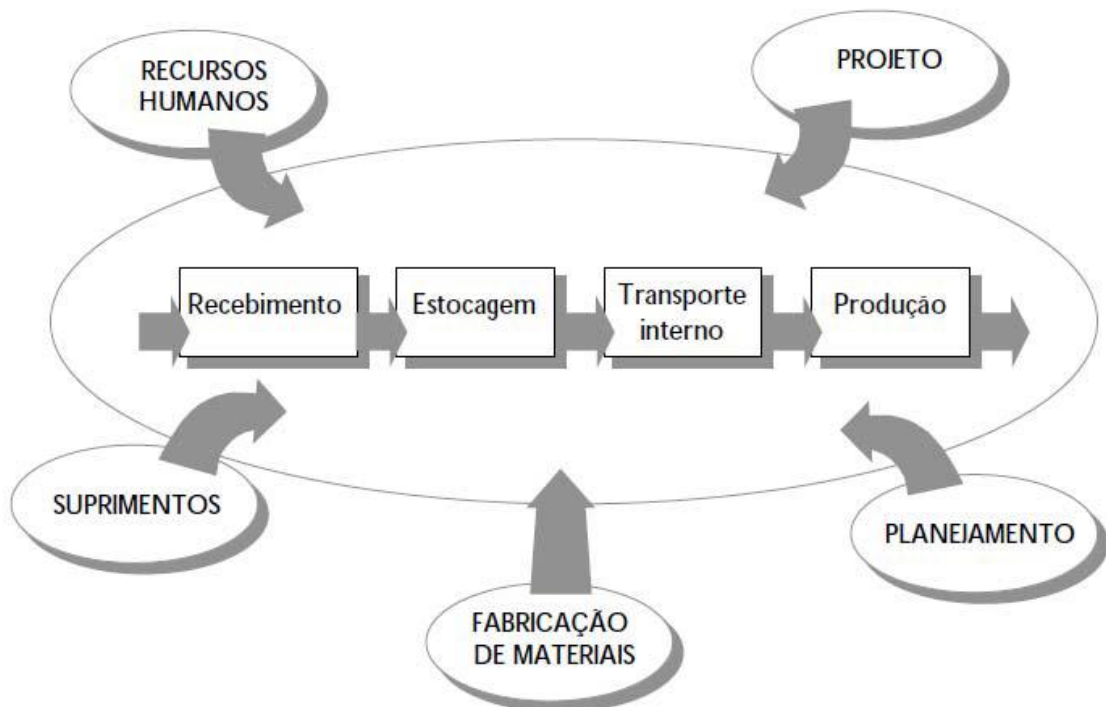




Todos los tipos de pérdidas mencionados han sido determinados considerando los desperdicios que se pueden encontrar en un proceso industrializado típico, sin embargo es necesario encontrar una mejor aproximación a la industria de la construcción por ser un sector con características muy particulares en el uso de sus recursos (layouts, variables, distintos proveedores entre proyectos, procesos poco industrializados, etc).

Así por ejemplo, Formoso et Al, clasifican a los desperdicios considerando la etapa del proceso en que se ocasiona la pérdida (recepción, almacenamiento, transporte interno y producción) y el origen de la misma (Proyecto, Recurso Humano, Proveedores, Fabricación de materiales y Planeamiento), representado por el siguiente gráfico:

Ilustración 1. Factores externos que producen desperdicios.



Esta visión de las pérdidas tiene el inconveniente de presentar solo factores externos (proveedores, fabricantes, proyecto, etc.)



como posibles causantes de desperdicio, los cuales no pueden ser manipulados con facilidad por los responsables de obra para mejorarlos.

Utilizando este tipo de clasificación no se podría identificar a los agentes de desperdicios que se encuentran dentro del alcance del proyecto.

Skoyles & Skoyles (2987). Plantean una clara e importante división entre dos tipos de desperdicios de materiales. En primer lugar se presenta la pérdida directa, este desperdicio es el más evidente y el más sencillo de diagnosticar, se refiere básicamente a todo el material que es eliminado de la obra como desmonte, el cual se ocasiona cuando existen procesos improductivos que generan residuos excesivos.

Estos residuos son perjudiciales para el proyecto de diversas maneras. Además de costo generado por la compra, almacenamiento, transporte y manipulación de un material que termina siendo eliminado de la obra, se debe considerar los costos adicionales en los que se incurre para la limpieza de la obra y para la disposición final de los desperdicios. Adicionalmente estos residuos contribuyen a la contaminación del medio ambiente, existiendo el peligro de que junto con el desmonte se eliminen materiales con componentes nocivos.

El otro tipo de desperdicio presentado por estos autores es el indirecto, el cual se refiere a todo material que es colocado dentro de la obra sin que este considerado en los planos o especificaciones técnicas del proyecto. Bajo esta categoría se pueden encontrar a los espesores excesivos de tarrajeo, el uso de materiales de mayor calidad, características distintas o el material que se consume en



trabajos que no han sido considerados en la propuesta inicial pero que son necesarios para el desarrollo del proyecto.

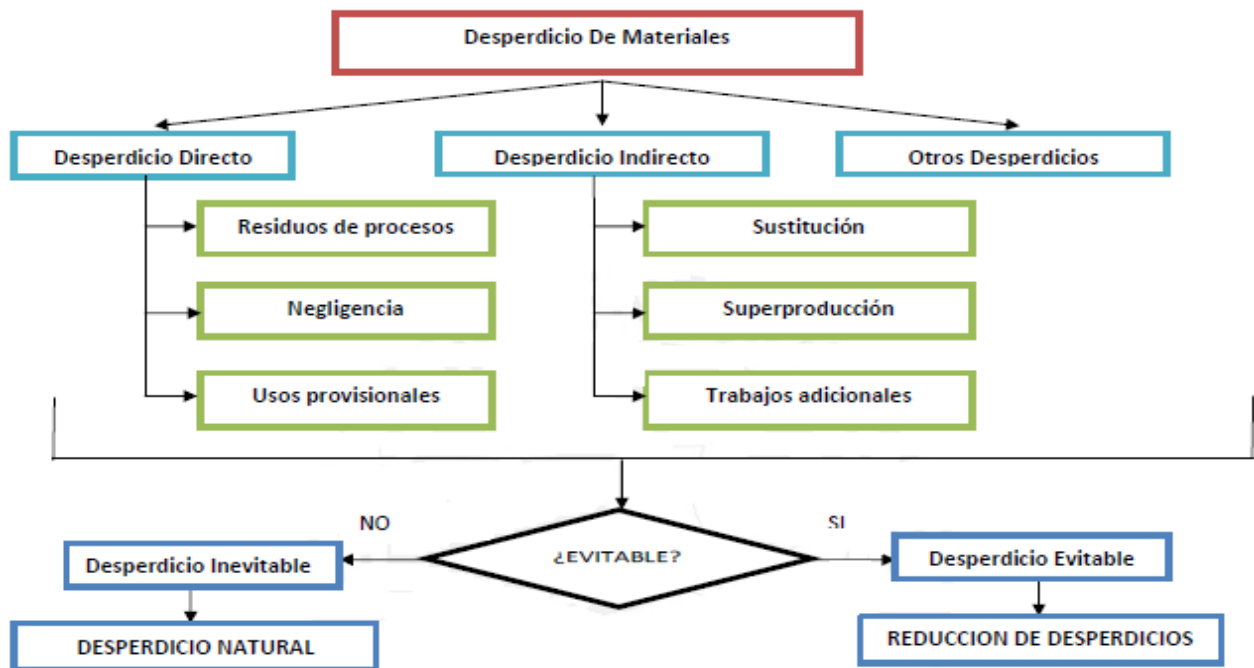
Este tipo de desperdicios podría asociarse con un defectuoso control de calidad dentro del proyecto, ya que como se puede apreciar en todos los casos se refiere a utilizar material adicional para esconder fallas en algún producto o cambiar las características de un material especificado para algún trabajo por otro de calidad superior innecesariamente.

Los mismos autores presentan una alternativa a esta clasificación, plantean paralelamente dividir a los desperdicios en función a la capacidad de las empresas constructoras para minimizar, si bien es cierto esta característica es relativa, resulta importante al momento de evaluar la posibilidad de majear procesos, los desperdicios entonces pueden conocerse como evitables o no evitables.

Las pérdidas evitables son aquellas cuyo costo de eliminación es menor que el costo de los desperdicios que generan. Las no evitables por otro lado, son aquellas cuyo control generara mayor gasto que el que generan por sí mismas.

Cabe resaltar una vez más que este concepto es muy relativo, un desperdicio no evitable es un proyecto puede ser a su vez evitable en otra obra si es que las circunstancias (tecnológicas, costo de los materiales, etc.) se modifican.

Como se puede apreciar, todos los autores aportan valiosa información respecto a las características que hay que considerar para elaborar una apropiada clasificación del desperdicio de materiales, en base a estos trabajos y a la experiencia recolectada de la presente investigación se ha elaborado el siguiente esquema:



Este esquema clasifica a los desperdicios de materiales en tres grandes categorías:

- a) **Desperdicio Directo:** Son los residuos de materiales que se eliminan de la obra como desmonte.
- b) **Desperdicio Indirecto:** Son los materiales que se incluyen dentro de la obra sin que este indicado en los documentos técnicos del proyecto.
- c) **Otros Desperdicios:** Son los causados por motivos extraordinarios como robo, vandalismo, etc.

El desperdicio directo a su vez se puede dividirse en tres sub-categorías. La primera categoría se titula residuos de proceso y se refiere a todo el material sobrante que generan los procesos constructivos, a manera de ejemplo se pueden mencionar los restos de ladrillos que se producen al cortar las unidades para modular el



muro, los saldos de mortero que sobran al final de la jornada porqué se preparó excesivo material, etc.

En segundo lugar se tiene a las Pérdidas Directas por negligencia, este concepto se refiere al material que es desperdiciado debido a malas prácticas en el manejo del mismo, como cemento que se malogra por almacenamiento en zonas húmedas o ladrillos rotos por apilarlos de manera inadecuada.

Finalmente se tiene el material desperdiciado debido a usos provisionales, son todos aquellos materiales que se pierden debido a que no se encuentran cumpliendo las funciones para las que fueron diseñadas, este caso lo reflejan los ladrillos que se usan de como bancos, los encontrados que se utilizan como mesa, etc.

El Desperdicio Indirecto por su parte, también tienen tres sub-categorías. La primera se denomina desperdicio indirecto por sustitución, ocurre cuando se utiliza un material de mayor calidad en reemplazo de otro, sin sustento técnico. Un ejemplo típico es utilizar acero de 1/2" en lugar de 3/8" debido a que el material se ha agotado en obra y no se puede esperar a la llegada de una nueva entrega.

También existe el desperdicio indirecto por superproducción, esta situación se da cuando se fabrica un producto final de dimensiones mayores a las solicitadas por los documentos técnicos (tarrajeo de mayor espesor, vaciado de concreto de mayor espesor, malla de acero armada con una separación menor, etc.)

Además hay que considerar a los desperdicios debido a trabajos adicionales. Son consumos de material que se generan debido a actividades que no se consideraron inicialmente en el proyecto pero que in embargo deben ejecutarse para completar los



trabajos solicitados. Dentro de esta categoría se incluyen a los trabajos, resanes, etc.

Finalmente, es necesario subrayar, tal como indica el gráfico que cualquiera de los desperdicios descritos anteriormente puede ser considerado como desperdicio evitable o no evitable. Si los costos necesarios para eliminarlos son superiores a los costos que generan los desperdicios, en ese caso se les considera no evitables y pasan a ser un desperdicio natural.

Por el contrario, si existen maneras menos costosas de eliminar un desperdicio y la acción correctiva está justificada en comparación con el costo que originan las pérdidas se procede a tomar las medidas necesarias para combatir el problema.

### **7.2.3 PRINCIPALES CAUSAS DE LOS DESPERDICIOS DE LOS MATERIALES EN LAS CONSTRUCCIONES.**

Identificar las causas de los desperdicios es fundamental para plantear una estrategia de disminución de los mismos, se debe determinar el problema raíz, para poder analizarlo y plantear la mejor forma de eliminarlo. Existen diversas propuestas y análisis respecto a las posibles causas de los desperdicios, hay que tenerlas en cuenta ya que la recopilación de esta experiencia servirá de mucho cuando haya que analizar los problemas particulares que afecten nuestros proyectos.

En la investigación presentada en su libro "Productividad en obras de construcción Diagnóstico, crítica y propuesta", Ghio (2001) presenta una serie de circunstancias que pueden afectar la productividad de las obras:



- a) Cuadrillas sobredimensionadas:** Utiliza mayor cantidad de personal que lo necesario produce que no todos los integrantes del equipo trabajen a su máxima capacidad, así mismo conlleva a desintereses en el cuidado de los materiales y equipos.
- b) Falta de supervisión:** La falta de control sobre la mano de obra puede traducirse en bajos rendimientos del personal, así mismo implicara un mal uso de recursos como materiales y equipos (especialmente cuando han sido subcontratados).
- c) Deficiencias en el flujo de materiales:** Produce pérdida de tiempo y falta de control en la cantidad y calidad de materiales que serán trasladados a la zona de trabajo, así mismo se sub-utilizan equipos en forma inadecuado para el transporte de recursos cuando esta operación no ha sido planteada eficientemente.
- d) Mala distribución de instalaciones en obra:** Se refiere a los obstáculos que se interponen en el recorrido del personal para el acarreo de material o un layout ineficiente en cuanto a la ubicación de elementos claves como sanitarios, almacén, etc.
- e) Actitud del trabajador:** La disposición de los trabajadores para realizar sus tareas es un elemento clave ya que finalmente son ellos los que utilizan los recursos dispuestos en la obra (tiempo, materiales, equipos).
- f) Falta de manejo en campo:** Mala coordinación del trabajo de cuadrillas puede provocar un cruce de actividades de dos equipos distintos, una mala distribución de recursos, ejecución de trabajos no planificados, etc.



- g) Mala calidad:** Generan fallas que se traducen en re trabajos o correcciones.
  
- h) Deterioro de trabajos ya realizados:** Se consumen recursos para volver a fabricar un producto que ya se encontraba listo, y que fue deteriorado por negligencia.
  
- i) Cambio en los diseños:** Si es que no se informan con un plazo significativo no permiten un buen planeamiento para su ejecución, lo que ocasiona perdida por un mal manejo de los recursos. Puede ser además que la nueva información no esté completa.
  
- j) Falta de programación y control en el uso de los equipos:** Esto produce un mal uso de los recursos priorizando en muchos casos ciertas actividades en lugar de beneficiar al flujo de todo el proceso.
  
- k) Trabajos lentos:** generados en su mayoría debido a una excesiva manipulación de equipos y materiales, así como demoras producidas por los propios trabajadores.
  
- l) Falta de diseño de los procesos constructivos:** Debido a las diferentes circunstancias que se dan entre las distintas obras que no son consideradas antes de iniciar los trabajos.

Las causas descritas anteriormente brindan lineamientos generales para comenzar a analizar la verdadera raíz del desperdicio de materiales. Otros autores han analizado en detalle, cuáles pueden ser los motivos que ocasionan perdida de materiales para los recursos más valiosos utilizados en obra.





**a) Concreto premezclado:** Soibelman (1993) propone cuatro posibles causas de desperdicio para este material. En primer lugar se menciona a la diferencia entre la cantidad entregada y la solicitada, esta situación se da por fallas en los sistemas de calidad de los proveedores lo que podría ser imperceptible si es que no se mantiene un seguimiento adecuado de la cantidad de concreto que se ha entregado efectivamente en obra.

Otra causa significativa encontrada por el autor es el uso de equipos en mal estado (bombas, encofrados, tuberías) que facilitan la filtración de materiales, así mismo se señala a los pedidos excesivos como un motivo importante de pérdida de material, en su propia investigación sobre desperdicio de materiales Formoso detectó índices de desperdicio de hasta 25% en algunos casos debido a este motivo.

Finalmente ambos autores coinciden en que otra causa fundamental es el espesor excesivo de los elementos estructurales debido a la falta de control durante la colocación de puntos de referencia o a un mal trabajo en la colocación del encofrado.

En el estudio mencionado anteriormente Formoso encontró en una de las obras analizadas espesores de losa hasta 15% mayores a las especificadas en los planos del proyecto.

**b) Mortero:** Ambos autores coinciden en que las causas principales de desperdicio del mortero son las colocación de capas de mayor espesor al especificado en el



proyecto en los revestimiento de muro, cielo raso, en el asentamiento del ladrillo, etc.

Además del material utilizado para reparar irregularidades, modificaciones o re trabajos los cuales son muy comunes en labores de albañilería.

- c) Ladrillos:** En este caso también hay consenso sobre las posibles causas de desperdicio de materiales, por un lado se encuentran las edificaciones condiciones de recepción y almacenamiento y por otro el corte de las unidades de ladrillo para obtener medios o un tercio de pieza debido a la poca o nula modulación de los muros de albañilería.

En el primer caso Formoso determino, en base a la medición realizada en una obra, que el desperdicio era aproximadamente del 8.5 % y en cuando al corte de unidades la perdida era del 5.6%.

- d) Cemento:** Ya que el cemento es un componente fundamental del mortero valen las observaciones indicadas para este material.

Adicionalmente se considera como causa importante de desperdicio las malas condiciones de almacenamiento del material.

- e) Acero:** Finalmente está el acero, para el cual se establece como principal motivo de desperdicio el corte de la varillas para la fabricación de las piezas de acuerdo a las dimensiones establecidas en el proyecto.



La Universidad Politécnica de Hong Kong por su parte, desarrollo un estudios cuantitativo sobre las principales causas del desperdicio de materiales mediante el análisis de 32 obras, en las cuales mantuvo estudiantes asignados en permanente observación, luego de compilar la información levantada se obtuvo el siguiente cuadro resumen.

Tabla 1. Causas de los desperdicios de materiales.

Causas	Concreto premezclado (%)	Acero (%)	Yeso/Cemento (%)	Ladrillos (%)	Ceramicas (%)
Pedidos en Exceso	51.2	-	-	14.6	10.7
Perdidas durante el vaciado	22	-	-	-	-
Fisuras de enconfrado	8.4	-	-	-	-
Trabajos temporales	7.8	-	-	-	-
Retrabajos	5.2	3.5	-	-	-
Perdidas en corte	-	87.1	-	39.6	40
Perdidas por nivel de abastecimiento	-	4.4	-	11.1	29.3
Corrosion	-	4.1	-	-	-
Produccion excesiva	-	-	58.8	-	-
Perdidas durante la aplicación	-	-	19.4	-	-
Almacenamiento	-	-	11.2	-	-
Perdidas durante asentamiento	-	-	-	18.9	-
Perdidas durante el transporte	-	-	-	15.8	-
Cambios en el proyecto	-	-	-	-	12.9
Otros	5.4	0.9	10.6	-	7.1
Total	100	100	100	100	100

Como se puede apreciar, los porcentajes no coinciden necesariamente con algunos de los propuestos por Soibelman y Formoso. Esto se debe a las características particulares de cada obra, empresa y tecnología constructiva que se puede utilizar, las cuales varían de proyecto en proyecto. Sin embargo cabe resaltar que las causas identificadas si son similares a las mencionadas por



los autores anteriores, es decir, sin importar el tipo de proyecto o localización de la obra estos son los problemas principales sobre los que se debería mantener un estricto control para lograr un nivel de desperdicio bajo.

A continuación se presenta un cuadro desarrollado en base a la información obtenida de la investigación de los autores mencionados y a la experiencia de este trabajo, en donde se clasifican las principales causas de pérdidas según los tipos de desperdicios de materiales que han sido identificados anteriormente.

Tabla 2. Identificación y clasificación de desperdicio de materiales (Pérdida Directa).

DESPERDICIO DE MATERIALES			
DESPERDICIO DIRECTO			
MATERIALES	RESIDUOS DE PROCESOS	NEGLIGENCIA	USOS PROVICIONALES
CONCRETO PREMEZCLADO	Residuos en tuberías, bomba, mixer, etc.	Pedidos en exceso.	Vaciado de piso para obras provisionales.
		Perdida de materiales por filtraciones de derrames durante el movimiento de bomba o	
		Perdida de material debido a demolición por falta de calidad o cambios en el proyecto.	
		Perdida de material debido a excesivo tiempo de espera del concreto.	
ACERO	Corte de Varillas ineficiente.	Perdida de varillas por mal almacenamiento.	Uso para estacas, caballetes, arriostres, etc.
MORTERO	Restos de mortero que cae al piso en los tarrajes y asentado de ladrillo.	Producción excesiva.	
	Mortero sobrante al final del día.	Mala dosificación.	
LADRILLOS	Corte de unidades.	Rotura de unidades.	Uso inadecuados (apoyos, asentamiento).
		Eliminación por desorden.	
		Pedidos en exceso.	
AGREGADOS*	Restos en cambios de ubicación.	Falta de confinamiento en almacenamiento.	
		Mala dosificación.	
CEMENTO*		Almacenamiento deficiente de las bolsas.	
		Mala dosificación.	
ENCHAPES	Corte de las piezas.	Rotura de las piezas.	
		Eliminación por desorden.	
		Pedidos en exceso.	

\* Estos materiales tienen causas de desperdicio iguales al mortero por ser la materia prima para su producción.



Tabla 3. Identificación y clasificación de desperdicios de materiales (Perdida Indirecta)..

	DESPERDICIO DE MATERIALES		
	DESPERDICIO INDIRECTO		
	SUSTITUCION	SUPERPRODUCCION	TRABAJOS ADICIONALES
CONCRETO PREMEZCLADO	Colocacion de concreto de mayor resistencia a lo especificado.	Produccio de elementos de mayores dimensiones a las especificadas.	
ACERO	Colocacion de varillas con especificaciones superiores a las solicitadas.	Colocacion de varillas de un diametro mayor al especificado.	
MORTERO	Dosificaciones excesivas de material en las mezclas.	Espedores adicionales de mortero.	Resane de cangrejeraso reparaciones de defectos.

#### 7.2.4 MEDIO AMBIENTE.

Se entiende por medio ambiente al entorno que afecta y condiciona especialmente las circunstancias de vida de las personas o la sociedad en su vida. Comprende el conjunto de valores naturales, sociales y culturales existentes en un lugar y un momento determinado, que influyen en la vida del ser humano y en las generaciones venideras. Es decir, no se trata sólo del espacio en el que se desarrolla la vida sino de los factores ambientales lo cuales son: agua, suelo, aire y las relaciones entre ellos, así como elementos intangibles como la cultura.

#### 7.2.5 IMPACTO AMBIENTAL.

Alteración, positiva o negativa, de uno o más de los componentes del ambiente, provocada por la acción de un proyecto. El "impacto" es la diferencia entre qué habría pasado con la acción y que habría pasado sin esta (MINAM: 2012).



### **7.2.6 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL.**

Es el Instrumento Ambiental producto de una evaluación ambiental que, de manera detallada, establece las acciones que se implementaran para prevenir, mitigar, rehabilitar o compensar los impactos negativos que se causen por el desarrollo de un proyecto, obra o actividad. Incluye los Planes de Relaciones Comunitarias, Monitoreo, Contingencia y Abandono según la naturaleza del proyecto, obra o actividad. (MINAM: 2012).

### **7.2.7 CONSTRUCCIONES DE OBRAS CIVILES.**

La construcción es el proceso de armar cualquier cosa, como casas, rascacielos, puentes, presas, caminos e incluso barcos.

Cuando hablamos de construcción, nos referimos a diversas formas y combinaciones de cómo hacer o crear varios tipos de estructura. La construcción se dirige hacia el terreno donde la mano de obra se trabaja con aparatos superiores y más integrados; y así dejando atrás la mano de obra tradicional. Además, la construcción actual se complementa o se integra, a un más en la coordinaciones de las dimensiones, por lo tanto, es por esto que diseñamos las edificaciones y los aparatos se elaboran en una diversidad de patrones estándar, lo que disminuye los errores y las malas edificaciones en la construcción, y así evitamos tener que romper paredes, tapar huecos, etc. Después de hecho. Y por esta gran habilidad que las construcciones han ido creciendo y mejorando, llegando así a construir grandes complejos y estructuras, como ciudades y sectores enteros, los centros comerciales, campos universitarios, etc.

El uso más habitual del término construcción se refiere al arte o técnica de fabricar edificios e infraestructuras. En un sentido más



amplio, se denomina construcción a todo aquello que exige, antes de hacerse, tener o disponer de un proyecto o plan predeterminado, o que se hace uniendo diversos componentes según un orden determinado. Como ejemplos tenemos: las construcciones sintácticas o gramaticales, las construcciones musicales, las construcciones mentales, etc. Consecuentemente, la palabra construcción se usa en diversas disciplinas, tanto científicas, técnicas o aplicadas como en las humanidades: la gramática, la pedagogía, la psiquiatría, la teoría del arte, etc.



## **VIII. HIPÓTESIS.**

### **8.1 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS.**

#### **HIPÓTESIS GENERAL.**

Si se mejora la gestión de desperdicios de los materiales en obras de construcción se obtendrá un incremento en la economía de las empresas, entonces contribuirá a la mitigación del impacto ambiental.

### **8.2 IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE VARIABLES.**

#### **8.2.1 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLE.**

##### **VARIABLE INDEPENDIENTE.**

La gestión de los desperdicios de los materiales.

##### **VARIABLE DEPENDIENTE.**

El control de los procesos constructivos.

##### **VARIABLE INTERVINIENTE.**

El medio ambiente.

#### **8.2.2 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.**

##### **VARIABLE INDEPENDIENTE.**

##### **VARIABLE.**

La gestión de los desperdicios de los materiales.





## **INDICADORES.**

- Mejora de los procesos constructivos.
- Mejora de la productividad.

## **ESCALA DE MEDICIÓN.**

La medición del número de partidas, que en su productividad consumen irregularmente el uso de insumos o materiales o que las partidas están generando residuos significativos innecesariamente.

## **VARIABLE DEPENDIENTE.**

El Medio Ambiente.

## **INDICADOR.**

- Consumo de recursos naturales.
- Ruido: generado por las construcciones.
- Polvo: generado por los desechos de construcción.
- Vibraciones: generado por las construcciones.
- Generación de residuos sólidos.

## **ESCALA DE MEDICIÓN.**

Se realizara un análisis de la generación de residuos sólidos que son eliminados por cada construcción, el análisis del ruido, polvo y vibraciones en obra en forma técnica.

Utilización de informes técnicos de la flora y fauna de la zona de estudio en donde se explota los recursos naturales para la construcción.



### 8.3 CUADRO FINAL DE LAS VARIABLES.

#### VARIABLE INDEPENDIENTE

Variable	Indicador	Escala de Medición
La gestión de los desperdicios de los materiales.	Mejora de los procesos constructivos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ El número de partidas que consumen materiales en exceso y mala utilidad de los insumos.</li> </ul>
	Mejora de la productividad.	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ La baja producción por mal procesos constructivo.</li> </ul>

#### VARIABLE DEPENDIENTE

Variable	Indicador	Escala de Medición
El medio Ambiente	Consumo de recursos naturales	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Informes técnicos de la explotación de los recursos naturales para la construcción.</li> </ul>
	Ruido: generado por las construcciones.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ocupación de los dominios públicos.</li> <li>- estrés producido por el ruido.</li> </ul>
	Polvo: generado por los desechos de construcción.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aspecto del uso los materiales de construcción.</li> </ul>
	Vibraciones: generado por las construcciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La cantidad de construcciones aledañas afectadas por las vibraciones de los equipos utilizados.</li> </ul>
	Generación de residuos sólidos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cantidad de desmonte que desecha la construcción.</li> </ul>



## **IX. METODOLOGÍA.**

### **9.1 ALCANCE.**

Este trabajo ha sido realizado en base a los resultados obtenidos durante la ejecución de las obras de construcción de dos edificaciones, las cuales se denominaron Obra "A" y Obra "B", ambos de similares características arquitectónicas y estructurales.

La obra A esta ubicada en el Distrito de SAN SEBASTIÁN, Provincia del CUSCO, Región CUSCO. Denominada "CONSTRUCCIÓN DE LA UNIDAD ESCOLAR INCA RIPAC CCORAO", comprende:

#### **COMPONENTE 1:**

##### **INFRAESTRUCTURA BASICA (PRIMARIA).**

06 Aula Común de 402.00 m<sup>2</sup>, 02 SS.HH. para varones y mujeres de 70.70 m<sup>2</sup>, 02 aulas para computo de 139.25 m<sup>2</sup>, 02 laboratorios de 137.40 m<sup>2</sup>, 01 Cocina de 69.80 m<sup>2</sup>, 01 Biblioteca de 139.80 m<sup>2</sup>, 01 Sala de profesores de 41.60 m<sup>2</sup>, 01 Dirección de 31.50 m<sup>2</sup>, 01 Secretaria de 39.35 m<sup>2</sup>, 01 Tópico de 18.35 m<sup>2</sup> y 01 SS.HH de 3.70 m<sup>2</sup>.

##### **INFRAESTRUCTURA BASICA (SECUNDARIA).**

10 Aula Común de 670.00 m<sup>2</sup>, 02 SS.HH. para varones y mujeres de 70.70 m<sup>2</sup>, 02 aulas para computo de 139.25 m<sup>2</sup>, 02 laboratorios de 137.40 m<sup>2</sup>, 01 Biblioteca de 139.80 m<sup>2</sup>, 01 Sala de profesores de 41.60 m<sup>2</sup>, 01 Dirección de 31.50 m<sup>2</sup>, 01 Secretaria de 39.35 m<sup>2</sup>, 01 Tópico de 18.35 m<sup>2</sup>, 01 SS.HH. de 3.70 m<sup>2</sup>.

##### **INFRAESTRUCTURA BASICA (AUDITORIO).**



02 SS.HH. de 38.20 m<sup>2</sup>, 01 Departamento Educ. Física de 39.90 m<sup>2</sup>, 01 Deposito de 16.10 m<sup>2</sup>, 01 Cuarto de máquinas de 7.00 m<sup>2</sup>, 01 Escenario de 51.00 m<sup>2</sup>, 01 Área de butacas de 161.78 m<sup>2</sup>, 02 Hall de acceso de 19.60 m<sup>2</sup>, 01 Sala de control audiovisual de 4.50 m<sup>2</sup>, 01 Fuente de agua de 1.00 und, 01 Área verde de 30.90 m<sup>2</sup>.

## **COMPONENTE 02**

### **INFRAESTRUCTURA COMPLEMENTARIA**

01 Guardianía de 14.20 m<sup>2</sup>, Cerco Perimétrico de 683.30 ml, Patio de honor de 896.00 m<sup>2</sup>, Circulación exterior de 561.30 ml, Gradas de 26.10 m<sup>2</sup>, Rampa de 81.89 m<sup>2</sup>, Tribunas de 50.35 m<sup>2</sup>, Áreas verdes de 556.30 m<sup>2</sup>, Biohuerto de 738.80 m<sup>2</sup>, Áreas de esparcimiento de 570.65 m<sup>2</sup>, Asta de bandera de 02 und, Área de flores de 106.48 m<sup>2</sup>, Mejoramiento de piscina de 98.40 m<sup>2</sup>, Tanque elevado 01 und y Banco metálico de 05 und.

## **COMPONENTE 3:**

### **EQUIPO Y MOBILIARIO.**

El sistema estructural que compone el edificio es aporricado, es decir está formado por placas y vigas de concreto armado la cuales brindan rigidez en ambas direcciones en caso de sismo. Las divisiones y cerramientos en la mayoría de los casos han sido ejecutadas con muros de ladrillos kk de soga con columnetas intermedias.

La obra B, por su parte está ubicada en el Distrito de PISAQ, Provincia de CALCA, Región del CUSCO. Denominada,



“MEJORAMIENTO DE LA OFERTA DE SERVICIOS EDUCATIVOS EN LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA INTEGRADA BERNARDO TAMBOHUACSO”, comprende:

**COMPONENTE:**

**01 INFRAESTRUCTURA BÁSICA:**

**En el bloque A:**

06 aulas de 56.7 m<sup>2</sup>, 01 laboratorio de 34.97 m<sup>2</sup>, taller de idiomas de 34.97 m<sup>2</sup>.

**En el bloque B:**

01 salón de profesores de 26.86 m<sup>2</sup>, 01 dirección de 12.59 m<sup>2</sup>, 01 secretaria de 13.66 m<sup>2</sup>, 01 tópico de 14.17 m<sup>2</sup>, 01 aula virtual de 83.56 m<sup>2</sup>, 01 guardiana de 13.15 m<sup>2</sup>, 01 centro de cómputo de 83.56 m<sup>2</sup>, 01 biblioteca de 55.69 m<sup>2</sup>, 01 depósito de libros de 26.86 m<sup>2</sup>.

**En el bloque C:**

03 aulas de 51.15 m<sup>2</sup>, 01 depósito de material educativo de 25.4 m<sup>2</sup>, 01 SS.HH varones de 24.6 m<sup>2</sup> y 01 SS.HH mujeres de 24.6 m<sup>2</sup>.

**En el bloque D:**

01 salón de uso múltiple de 105.13 m<sup>2</sup>, 01 cocina de 25.09 m<sup>2</sup>, 01 despensa de 25.09 m<sup>2</sup>, 01 duchas para varones de 18.48 m<sup>2</sup> y 01 duchas para mujeres de 18.48 m<sup>2</sup>.

**En el bloque E:**

01 Salón de profesores de 26.72 m<sup>2</sup>, 01 dirección de 12.78 m<sup>2</sup>, 01 secretaria de 13.36 m<sup>2</sup>, 01 tópicos de 28.08 m<sup>2</sup>, 01 aula virtual de 83.56 m<sup>2</sup>, 01 aula de educación física de 26.38 m<sup>2</sup>, 01 centro de cómputo de 83.56 m<sup>2</sup>, 01 biblioteca de 55.79 m<sup>2</sup>, 01 depósito de libros de 26.72 m<sup>2</sup>, 01 SS.HH para varones de 13.19 m<sup>2</sup> y 01 SS.HH para mujeres de 13.19 m<sup>2</sup>.

**En el bloque F:**

06 aulas de 56.52 m<sup>2</sup>.

**En el bloque G:**

01 taller poli funcional de 114.48 m<sup>2</sup>, 03 aulas de 56.52 m<sup>2</sup>, 01 SS.HH para varones de 34.21 m<sup>2</sup> y 01 SS.HH para mujeres de 27.37 m<sup>2</sup>.

**En el bloque H:**

05 aulas de 56.52m<sup>2</sup>.

**COMPONENTE 02****INFRAESTRUCTURA COMPLEMENTARIA:**

01 Patio de honor de 1000 m<sup>2</sup>, 01 cerco perimétrico de 183.35 ml, 04 cancha multiuso cada una de 283 m<sup>2</sup>, 01 estrado, veredas y 01 tanque elevado y cisterna.



### **COMPONENTE 03:**

#### **EQUIPO Y MOVILIARIO.**

El sistema estructural que compone el edificio es aporticado, es decir está formado por placas y vigas de concreto armado la cuales brindan rigidez en ambas direcciones en caso de sismo. Las divisiones y cerramientos en la mayoría de los casos han sido ejecutadas con muros de ladrillos kk de sogá con columnetas intermedias.



Durante la ejecución de estos proyectos la investigación se fue desarrollando con la finalidad de llegar a determinar la forma más adecuada de mantener el control de los desperdicios de materiales; se ha visto en investigaciones anteriores (presentadas en el capítulo pasado) que la gran mayoría de propuestas trataban de determinar el porcentaje exacto de desperdicio para un material en una determinada obra, obteniendo resultados muy diferentes entre distintos proyectos, debido a las características particulares de cada construcción como ya se mencionó previamente.

Frente a estas conclusiones, el presente trabajo, antes de determinar porcentajes de desperdicios específicos, los cuales posteriormente no puedan ser extrapolados a otros proyectos debido a la diversidad de tecnologías y sistemas de gestión que pueden existir en nuestro medio, trato de establecer un sistema de control sencillo que puede aplicarse en cualquier proyecto.

Este sistema permitirá identificar las partidas y materiales en los cuales se deben intervenir ya sea para mejorar un proceso o modificar la tecnología o los materiales utilizados. Los resultados positivos o negativos de esta investigación deben reflejarse en los indicadores propios del sistema de control.

Pese a que el trabajo sobre las dos obras se desarrolló en periodos distintos se presentara la metodología de trabajo incluyendo los resultados para ambos proyectos en paralelo, de tal manera que se puedan comparar y comentar las mejoras o modificaciones que se realizaron. La metodología de trabajo que se planteó se divide en 5 etapas:

- Identificación.
- Medición.
- Evaluación.
- Intervención.
- Control.





## **9.2 IDENTIFICACIÓN.**

En la etapa de identificación se trata de determinar cuáles son los materiales o las partidas que valdrá la pena controlar a lo largo del proyecto, este proceso puede realizarse tanto de manera cualitativa como cuantitativa. Las motivaciones para mantener control sobre un material pueden variar dependiendo de las características de las empresas y los proyectos.

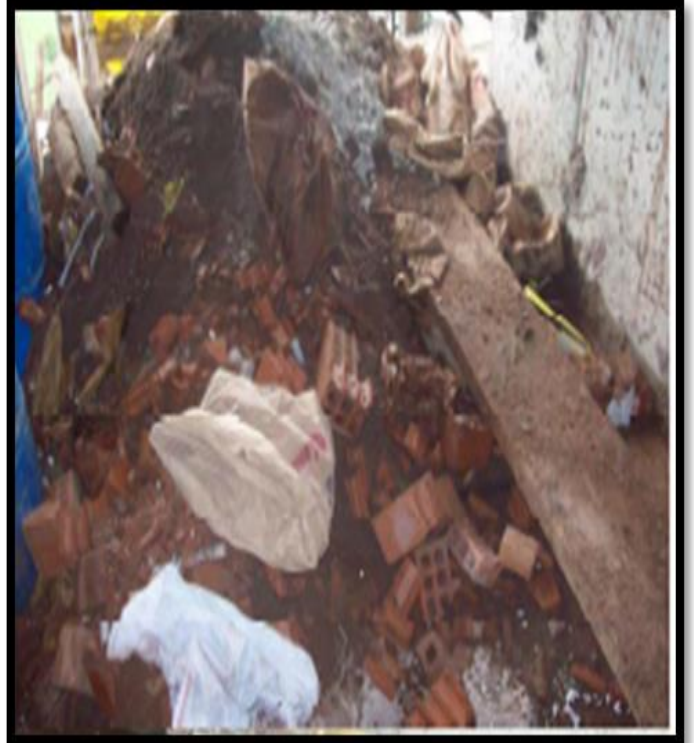
Una obra debe mantener control sobre un material por el costo que le puede ocasionar desperdiciarlo o eliminarlo, por el gran volumen de desmonte que representan los residuos, para asegurar la calidad de algunos procesos en donde puede estarse utilizando mayor material para corregir defectos, por la escasez del material en el mercado, para mejorar la productividad de la mano de obra, por el daño que puede representar para el medio ambiente la eliminación de algún material, etc.

En el caso particular de la empresa en donde se desarrolló la investigación se plantearon dos objetivos muy claros, disminuir el volumen de desechos eliminados y obtener ahorros al producir menos desperdicio.

Bajo esta premisa se plantearon dos formas de identificar los materiales a controlar. La primera fue por observación del desmonte que se estaba generando antes de iniciar el trabajo, esto con la finalidad de apreciar que tipo de materiales eran eliminados en mayor volumen y con mayor frecuencia. Así la reducción de estos desperdicios significaría reducir el impacto de la obra sobre el medio ambiente de manera importante y del mismo modo reducir el costo de eliminación del desmonte.



A continuación se presentan fotografías tomadas del desmote existente en las obras A y B para identificar los materiales que están siendo eliminados como desmote (perdida directa)





En estas fotografías se pueden apreciar varios temas interesantes, en primer lugar se observa que la mayor volumen de desmonte es el generado por las actividades de albañilería (ladrillo, mortero, etc.) sin embargo también se pueden apreciar restos de concreto, todo el acero sobrante era separado para ser vendido como chatarra por tal motivo no está presentada en ninguna de estas fotos.

Se observa además que por ser edificaciones similares en donde se ejecutan las mismas partidas y se utilizan los mismos materiales se tienen residuos con las mismas características.

Finalmente en las fotos superiores se pueden apreciar unidades de ladrillo kk enteras y en buen estado, estas unidades eran eliminadas de esta manera debido a que se dejaban abandonadas por la cuadrilla de asentado de ladrillo luego de su trabajo en un determinado sector de obra, esto sucedería como consecuencia del sobreabastecimiento de ladrillos en el piso, es decir, se despachan más de lo necesarios para concluir con el trabajo de la jornada.

Del mismo modo el exceso de mortero proveniente de las sobras de los trabajos de asentado de ladrillo, tarrajeo de muros, cielo raso, contrapiso, etc. Además de generar un gran volumen de desmonte traía consigo grandes dificultades para su eliminación, ya que se endurecía rápidamente obligando a los ayudantes de limpieza a realizar un esfuerzo adicional para recogerlo al día siguiente.

El segundo análisis desarrollado fue económico y se elaboró en función a los presupuestos de los proyectos, con la ayuda de esta información se determina la incidencia de los materiales en el costo final de obra, posteriormente con ayuda de gráficos de Pareto se determinó cuáles eran los materiales cuyo costo tenía mayor



incidencia en el presupuesto de la obra y en que partidas estaban involucradas, de esta manera cualquier ahorro en el consumo de estos materiales se reflejaría en un ahorro significativo para el proyecto.

Grafico 1. Distribución del costo de los recursos de la edificación "A"

COSTO MO	COSTO EQ	COSTO MAT	TOTAL
S/. 2,316,231.41	S/. 310,699.75	S/. 4,800,276.73	S/. 7,427,207.89
31.19%	4.18%	64.63%	100.00%

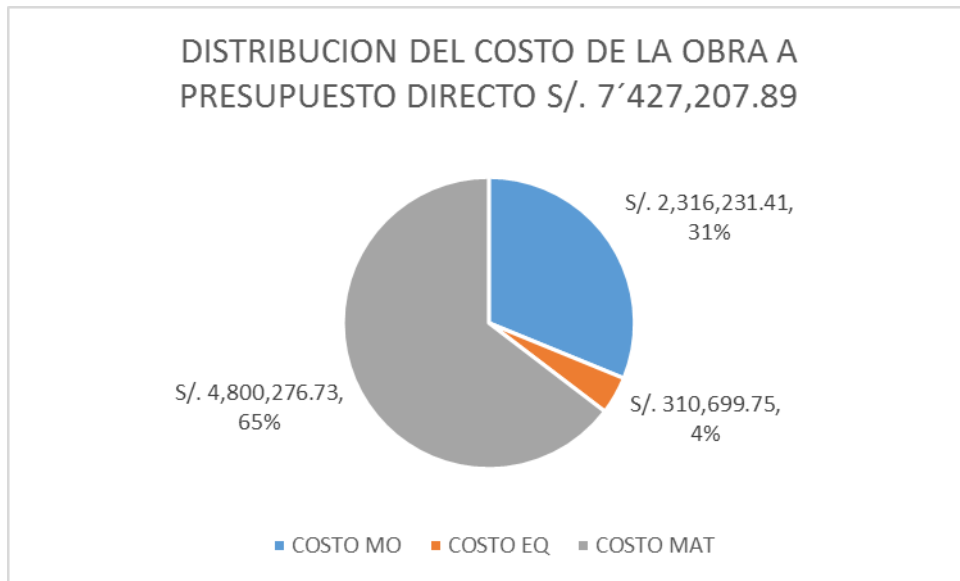
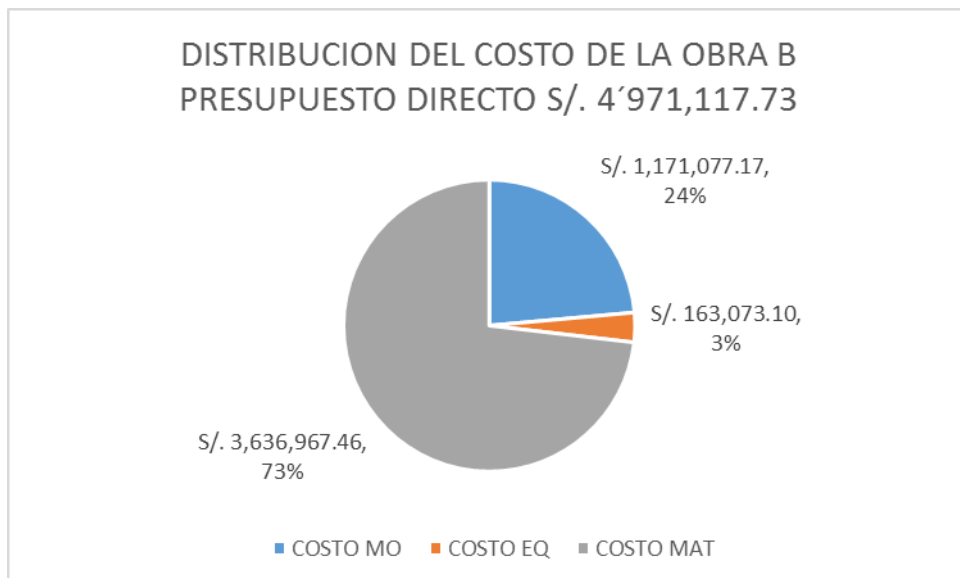


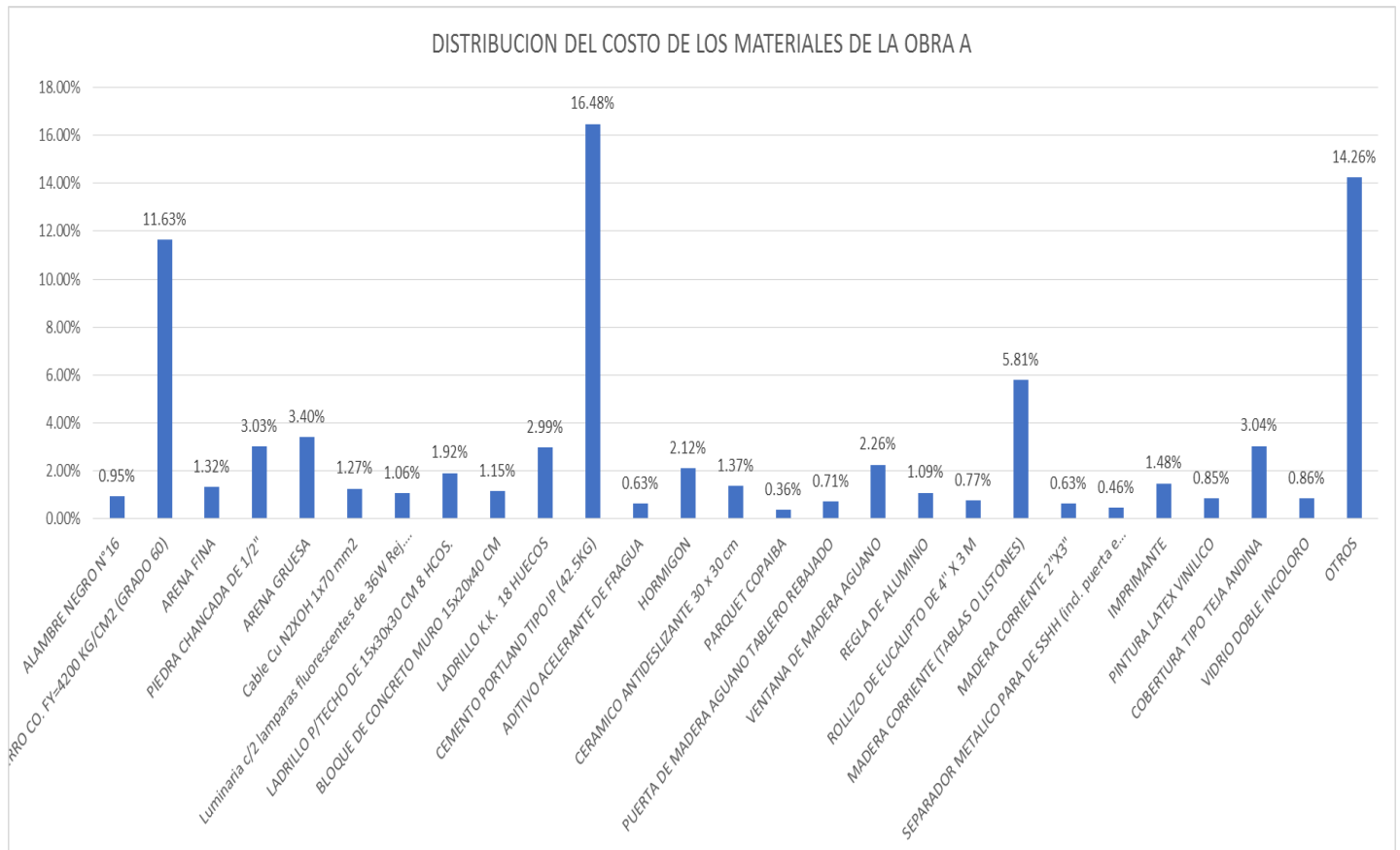
Grafico 2. Distribución del costo de los recursos de la edificación "B"

COSTO MO	COSTO EQ	COSTO MAT	TOTAL
S/. 1,171,077.17	S/. 163,073.10	S/. 3,636,967.46	S/. 4,971,117.73
23.56%	3.28%	73.16%	100.00%





Como se puede apreciar los materiales significan cerca del 70% del costo del proyecto, un valor incluso mayor que el porcentaje de la mano de obra en ambos casos, lo que reafirma la necesidad de mantener un control detallado sobre los materiales que tienen mayor impacto en el presupuesto. A continuación se detalla cuáles son los materiales más incidente en el costo de obra.

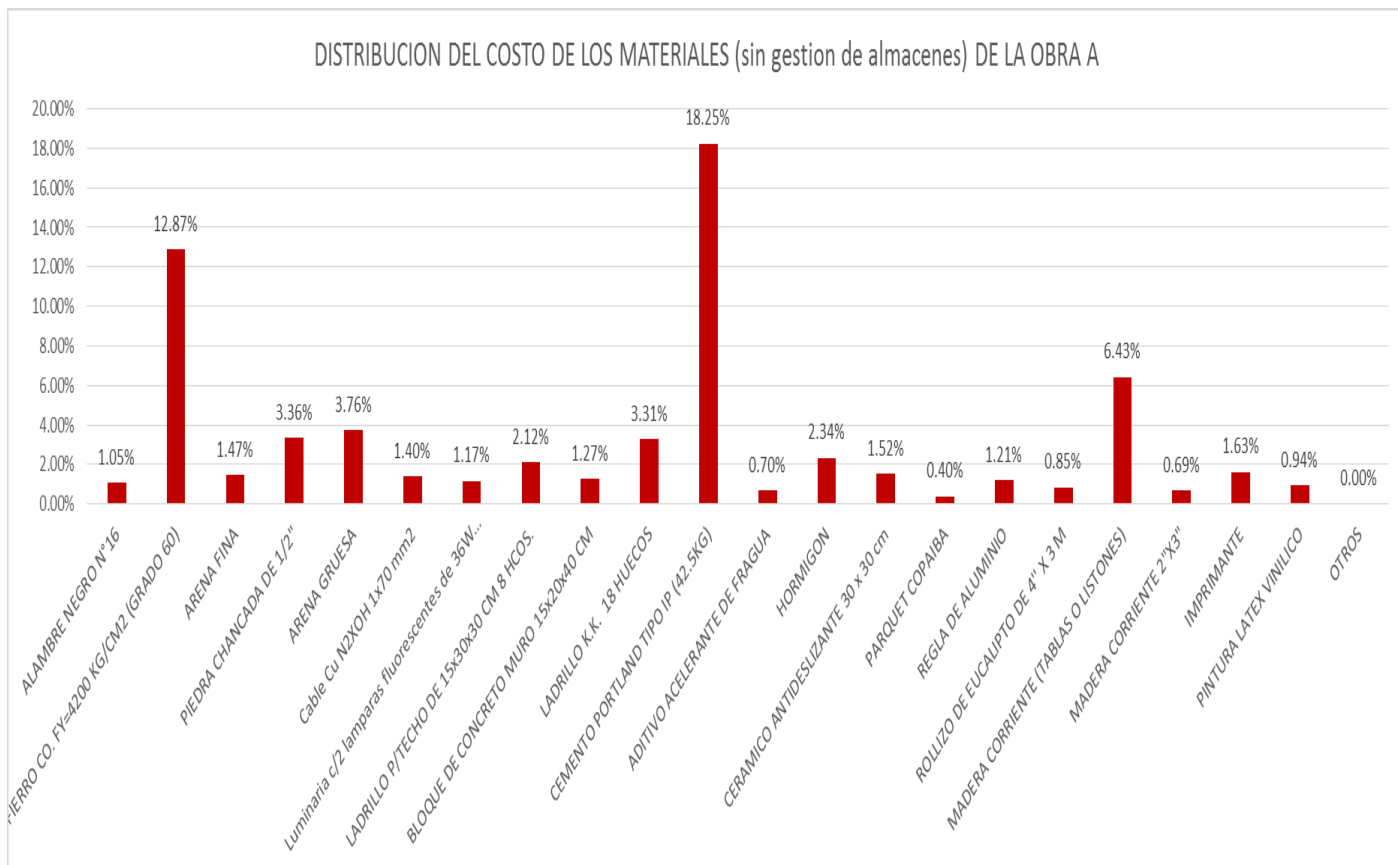


Cuando se plantea este ejercicio para el total de materiales que intervienen en la obra se aprecia la aparición de algunos materiales de gran importancia como las puertas, ventanas separadores metálicos o las coberturas tipo teja andina, los cuales se pueden controlar con una adecuada gestión de almacenes ya que es poco probable que se produzcan desperdicios durante el proceso de instalación por sus características particulares.

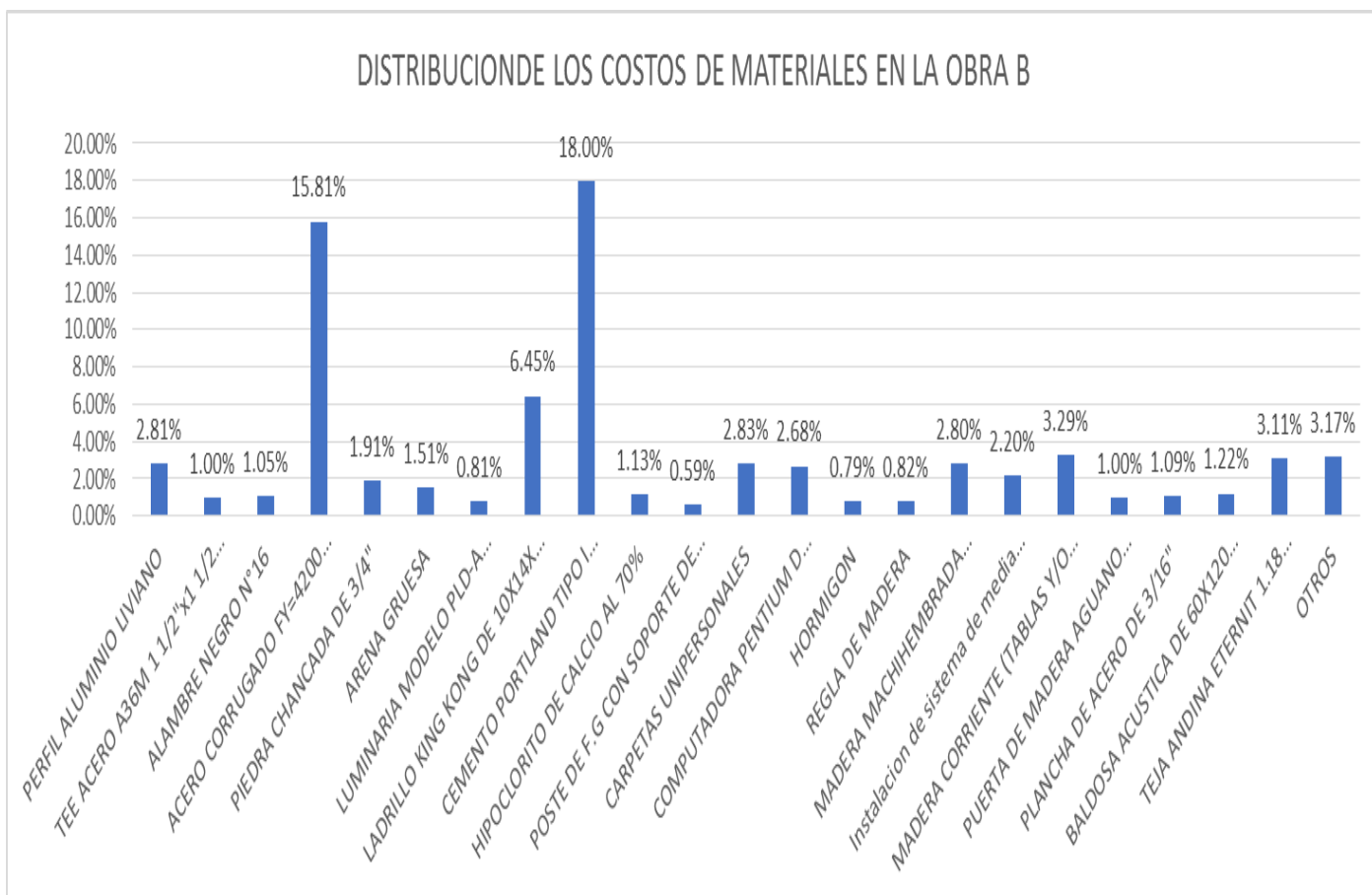
Una vez que se retiran estos materiales del análisis se aprecia el importante impacto de las partidas correspondientes a la estructura



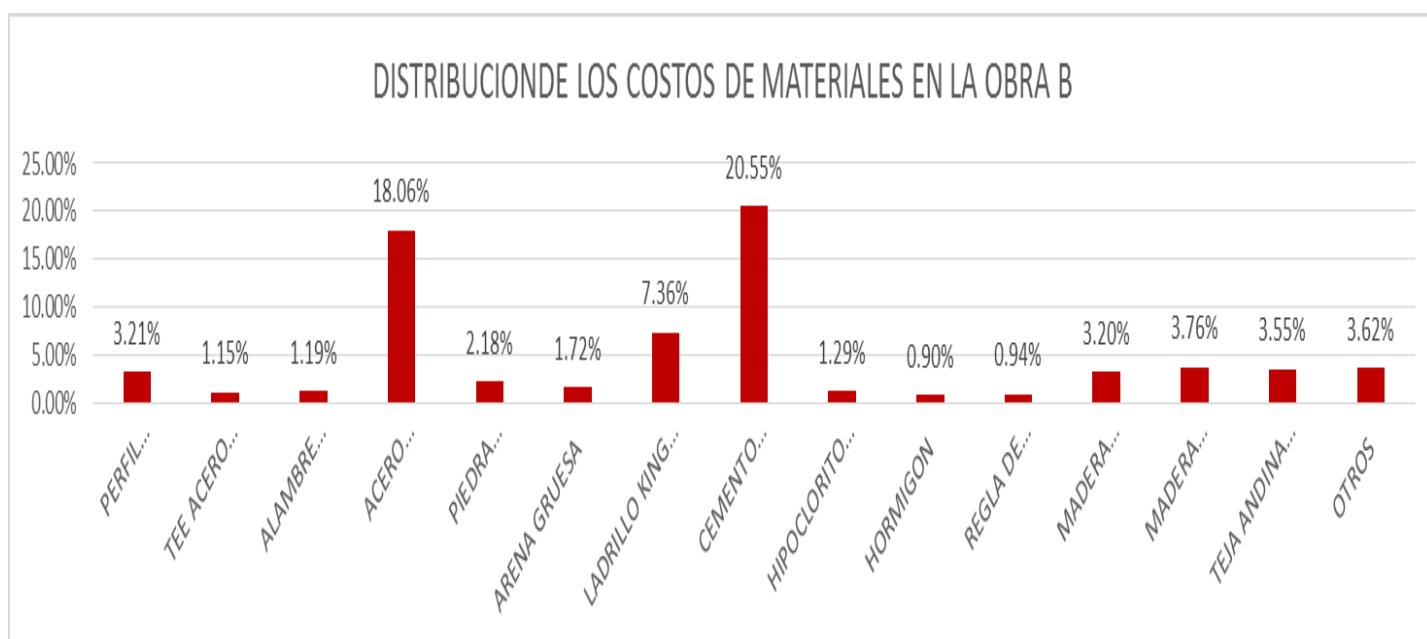
como son el cemento, fierro de construcción, madera y agregados. Algo más rezagados pero aun no significa en el costo de la obra se encuentra los materiales correspondientes a las partidas de albañilería como son los ladrillos y enchapes.



Para el caso de la obra B se realiza la misma distribución de los costos de material en donde en el cuadro que se presenta el primer lugar el material es el cemento, fierro de construcción, agregados y los mobiliarios, cabe mencionar que en el caso de la obra A el primer lugar lo ocupa también el cemento pero se puede visualizar que el acero tiene una incidencia mayor en la obra B esto es debido al incremento del costo del fierro de construcción durante la etapa de presupuesto del proyecto B.



De igual forma que se realizó en la distribución de los costos de materiales sin gestión de almacén se realizó el gráfico para la obra B en donde se encuentra que las puertas, ventanas y más mobiliarios tienen una mayor incidencia en los costos de almacén.





Luego de revisar la información presentada se debe definir cuáles serán los materiales sobre los que se mantendrá un control estricto. Para el presente trabajo, y en base a los objetivos de la empresa en donde se desarrolló la investigación se seleccionaron los materiales más representativos de la etapa de estructuras, como son el cemento, agregados y fierro de construcción, debido a que tienen una alta incidencia en el costo de la obra, así mismo se decidió controlar al ladrillo el cemento y agregado que se utiliza para realizar el mortero y asentado de muros, siendo estos los materiales más representativos de la etapa de albañilería, la cual genera el mayor volumen de desmonte en la obra.

Como se mencionó la obra A fue iniciada antes que la obra B por lo cual esta información ya adquirida fue muy útil para posteriormente, durante la ejecución del proyecto B, mantener un control más adecuado de las partidas de albañilería y plantear medidas de mejor desde el inicio del proyecto para reducir el volumen de desperdicio. Adicionalmente se incorporó el control de materiales como concreto y fierro de construcción, los cuales se utilizaron durante la etapa de estructuras de la obra.

Como ya anteriormente se han identificado las principales causas de desperdicios para los materiales seleccionados (VER CAPITULO 7) a continuación se detalla la forma en que se realizaron mediciones de campo en la obra A para las partidas de albañilería, con la finalidad de evaluar en campo los desperdicios más evidentes de material.

Así mismo se presentan las estimaciones de desperdicios en base a los metrados totales y los consumos finales de obra de los materiales representativos de las partidas de estructuras (fierro de construcción, cemento y agregados) los cuales fueron analizados con la finalidad de ver su posible representatividad.





### **9.3 EVALUACIÓN.**

Una vez identificados los materiales sobre los cuales se debe mantener control, para asegurar la reducción del volumen de material eliminado y el costo de los desperdicios se proceden a evaluar alternativas viables con la finalidad de controlar los desperdicios.

#### **a) EVALUACIÓN DEL LADRILLO:**

Las unidades del ladrillo King Kong de 18 huecos de dimensiones 9cmmx12cmx23cm se utilizaron para la construcción de muros de albañilería. Los ladrillos son transportados a la obra en camiones, los cuales se descargan por parte del proveedor del material acumulados en un lugar designado por la residencia para almacenarlos para posteriormente ser transportados a los pisos superiores con el apoyo de los ayudantes, donde se almacenados en el lugar donde se realizara la construcción de los muros los cuales se realizan con buguis luego de firmar los respectivos vales de almacén donde se indica la cantidad de material que se están retirando.

Los muros de ladrillo se levantan de forma tradicional, los operarios con ayuda de cordel y plomada van asentando las unidades de arcilla sobre un mortero preparado en base a cemento, arena y agua, los cuales son provistos por los ayudantes. Finalmente los ayudantes son los encargados de limpiar la zona de trabajo desarmando plataformas, recogiendo os residuos y apilando las unidades de ladrillo sobrantes mientras que el albañil continua con su trabajo en otro muro.

Luego de analizar el proceso con ayuda del equipo de la obra se determinaron los posibles puntos de ocurrencia de desperdicio:



- **Rotura de Unidades:** se podría producir durante el transporte o el almacenamiento, por esta razón la forma de apilar los ladrillos es muy importante ya que les brinda estabilidad y permite que el traslado con estoca sea confiable
- **Perdidas por material sobrante eliminado:** Se da una vez que se han terminado de construir los muros y se tienen ladrillos sobrantes, estos se dejan apilados a un lado pero no son reutilizados y terminan siendo abandonados en lugar de trabajo luego de que la cuadrilla pasa a la siguiente zona de trabajo, esto tiene que ver con un orden del proceso y se puede corregir dando las indicaciones necesarias al personal ayudante de la cuadrilla de albañilería para regresar las unidades sobrantes a la zona de almacenamiento principal.
- **Perdidas por corte de unidades:** Ocurre durante el asentado de ladrillo y debido a la falta de modulación de los muros, al ser necesarias piezas más pequeñas para terminar las hiladas en los extremos los operarios tienen que romper las unidades hasta obtener el tamaño conveniente.

Es sobre esta última causa de desperdicio que se decidió trabajar ya que es la que genera mayor cantidad de residuos, para determinar la situación inicial se realizaron mediciones en campo, contabilizando cuantas fracciones de las unidades de ladrillo se rompían por hilada para determinar el porcentaje de ladrillos desperdiciados obteniéndose el siguiente cuadro resumen:



Tabla 1. Resultados evaluados de desperdicios de ladrillo KK.

CUADRO CONSOLIDADO DE DATOS	
Ladrillos enteros consumidos	310
Ladrillos partidos usados	44
Ladrillos partidos consumidos	75
TOTAL Ladrillos consumidos (unid)	385
TOTAL Ladrillos usados	354
<b>Desperdicio (%)</b>	<b>8.69%</b>
Ladrillos consumidos/m <sup>2</sup>	41
Ladrillos colocados/m <sup>2</sup>	37

Adicionalmente, para verificar el impacto del desperdicio de materiales sobre la mano de obra, para esto se realizó una medición de niveles de actividad del proceso normal de asentamiento de ladrillo, levantando los siguientes resultados:

DESCRIPCION	TIEMPO EN HORA	% de HORAS
Tiempo Productivo	2.00	25%
Tiempo Contributorio	4.16	52%
Tiempo no Contributorio	1.84	23%

Tabla de estudio de niveles de actividades cuadrilla de asentado de ladrillo.



Gráfico 3 de estudio de niveles de actividades cuadrilla de asentado de ladrillo.

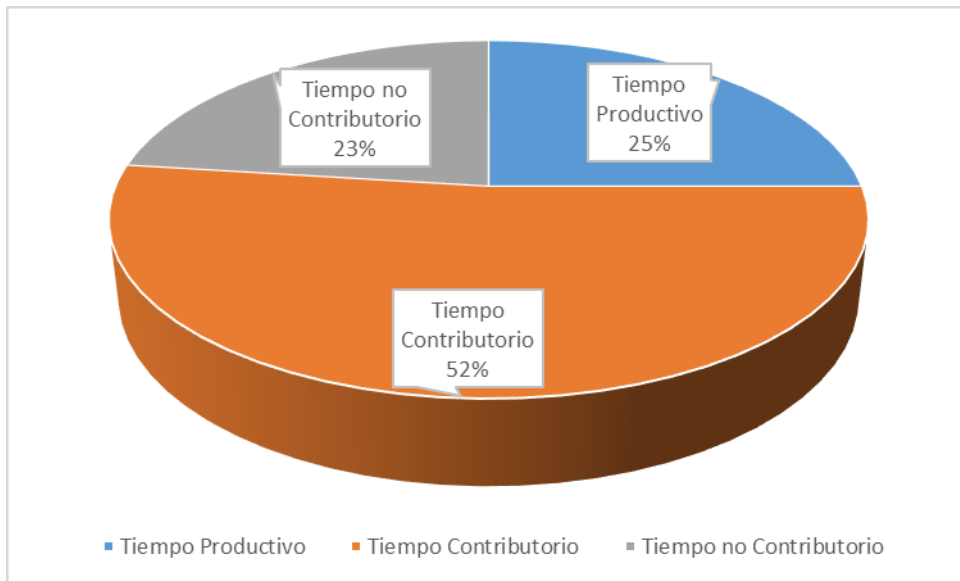


Tabla 2 de estudio de niveles de actividades cuadrilla de asentado de ladrillo operarios.

DESCRIPCION	TIEMPO EN HORA	% de HORAS
Tiempo Productivo	2.96	37%
Tiempo Contributorio	3.76	47%
Tiempo no Contributorio	1.28	16%

Gráfico 4 de estudio de niveles de actividades cuadrilla de asentado de ladrillo operarios.

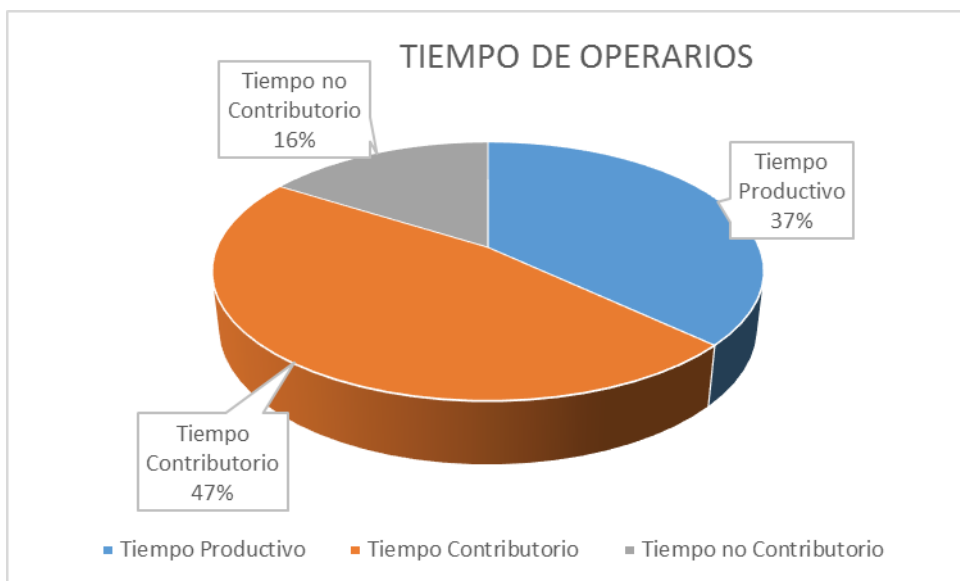
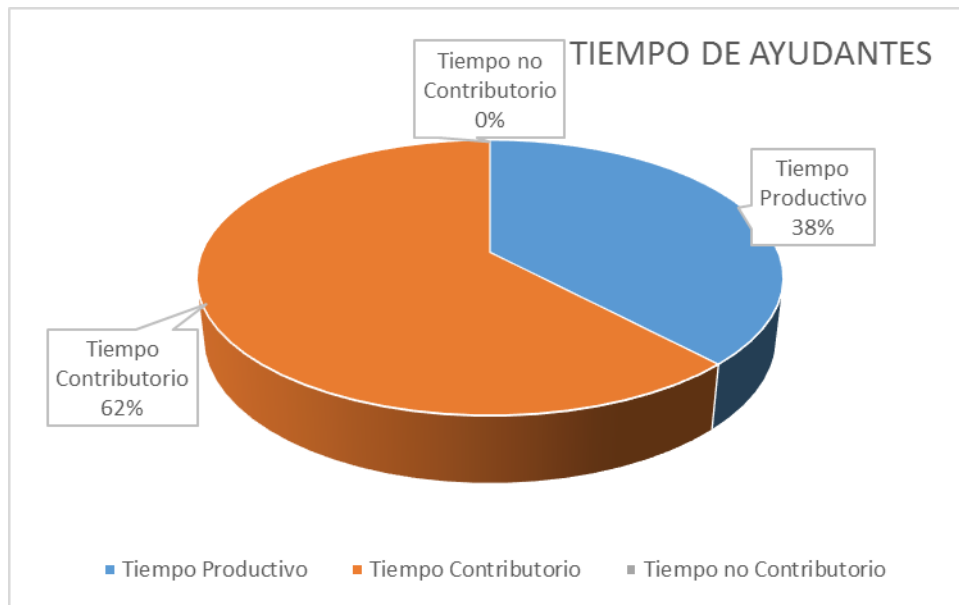




Tabla 3 de estudio de niveles de actividades cuadrilla de asentado de ladrillo ayudantes.

DESCRIPCION	TIEMPO EN HORA	% de HORAS
Tiempo Productivo	3.04	38%
Tiempo Contributorio	4.96	62%
Tiempo no Contributorio	0.00	0%

Gráfico 5 de estudio de niveles de actividades cuadrilla de asentado de ladrillo ayudantes.



## b) EVALUACIÓN DEL CEMENTO:

Las bolsas de cemento de 42.5 kg. Se utilizan para una gran variedad de partidas en la obra, entre ellas están el concreto en sus distintas dosificaciones, el tarrajeo de muros, el cielorraso, los derrames, el contrapiso y el tarrajeo de fachada. El cemento se mezcla en proporción 5:1 con arena y se le agrega agua para formar un mortero adherente, de la misma forma según la dosificación necesaria y aprobada por la residencia para los elementos estructurales.

Las bolsas de cemento llegan a la obra en camiones del proveedor los cuales son descargados en la zona designada por el residente los cuales son apilados en parihuelas, los cuales de forma



manual son trasladadas a los lugares en donde se requiera la intervención de este material, donde se efectúan la mezcla luego de firmar el respectivo vale de salida de almacén reportando la cantidad de material que estará utilizando.

A continuación se presentan las principales posibilidades de desperdicio analizadas para este material con el apoyo de los profesionales responsables del proyecto:

- **Perdidas por material sobrante:** Se observó que en todas las partidas de albañilería los operarios terminan el día con mezclas que se pierden en el transporte de del concreto y mortero preparados en las bateas, el cual eliminan ya que es un material que no pueden guardarse para el día siguiente día. Este desperdicio es muy importante ya que contribuye a generar un gran volumen de desmonte.
- **Perdidas por espesores adicionales:** Es una pérdida indirecta que ocurre por falta de calidad en el proceso previo de construcción de los elementos estructurales, de muros, los desplomes obligan a los albañiles a compensar con mayor cantidad de mezcla para lograr un alineamiento adecuado del producto final. Este desperdicio no contribuye a generar desmonte.
- **Perdidas por procesos:** Durante la colocación de la mezcla y del mortero en las distintas actividades de albañilería se aprecia que gran cantidad de mezcla cae al piso y no se recupera, siendo eliminada por la cuadrilla de limpieza al final del día, esto ocasiona una gran cantidad de desmonte.
- **Perdidas por entregas incompletas:** Es posible que la cantidad entregada no sea la misma que se solicitó, este



punto es controlado durante la colocación del material en las parihuelas, debido a que todas tienen el mismo tamaño, el apilamiento de las bolsas en una misma distribución, y en un mismo número de capas permiten que sea posible contar detalladamente la cantidad de material entregado y revisar su estado durante la descarga.

En el caso del cemento se tomó la decisión de trabajar sobre los puntos que ocasionan mayor cantidad de desmonte, es decir, el material sobrante del proceso y las pérdidas durante el proceso, de forma similar al caso del ladrillo se realizó un pequeño muestreo para evaluar la cantidad de desmonte que podría ser ocasionada por los residuos de mezcla y mortero.

Se tomó el caso del tarrajeo interior y se realizaron mediciones del material sobrante al final del día, agrupándolo en plásticos y pesándolo con una balanza calibrada, luego, se divide el peso obteniendo entre 1.243 kg/m<sup>3</sup> de mortero (peso unitario calculado en base a mediciones de muestras pequeñas) y finalmente se obtiene la cantidad de mezcla desperdiciada. Finalmente para tener un ratio más detallado se dividen la cantidad de mezcla entre el área que se tarrajeo y así se calcula el desperdicio de mortero en m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.

Tabla 4. Medición de residuos de mortero en partida de tarrajeo de muros.

		Muro			Material Sobrante		
FECHA	MUESTRA	L(m)	h(m)	Area (m <sup>2</sup> )	(Kg)	(m <sup>3</sup> )	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
17/06/2015	1	1.1	2.4	2.64	10.7	0.009	0.0034
24/06/2015	2	2	2.4	4.8	17.3	0.014	0.0029
24/06/2015	3	1.45	2.4	3.48	14.3	0.012	0.0034
31/06/2015	4	1.64	2.4	3.936	9	0.007	0.0018
31/06/2015	5	8.12	2.4	19.488	57.7	0.046	0.0024
				34.344	109	0.088	0.0139



Tomando estos datos como premisa y considerando que semanalmente en la obra se tarrajaban alrededor de 250 m<sup>2</sup> de muro se estima que el desmonte producido por estos residuos de procesos es alrededor de 1.10 m<sup>3</sup>, es decir, de los 27 m<sup>3</sup> de desmonte eliminados semanalmente en obra el 4.1% corresponden a esta actividad. Si consideramos entonces que existen muchas más actividades en las cuales existen sobrantes de mortero similares, sale a reducir la importancia de disminuir esta gran cantidad de residuos.

### **c) EVALUACIÓN DEL CONCRETO:**

El concreto se realiza en obra para lo cual se utiliza de una serie de materiales lo cuales son el cemento, agregados y agua, la cantidad que se requiere es según la programación que es a criterio del Ingeniero responsable del vaciado. Para colocarlo la empresa realizó una rampa para poder suministrar el concreto con buguies al lugar donde se va utilizar esta mezcla

A continuación se presentan las principales causas de desperdicio de concreto en los proyectos estudiados según la evaluación previa de los profesionales de la obra.

- **Perdidas por fabricación de la mezcla:** Porque este procedimiento se realiza manualmente se tienen una pérdida de cemento al momento de realizar la mezcla en el mezclador de concreto.
- **Perdidas por transporte:** Para poder colocar el material mezclado en los elementos estructurales, se realiza este proceso manual por medio de los ayudantes lo cuales dotados de sus buguies realizan el transporte de la mezcla la cual tiene un desperdicio de entre el 3% a 5%.





- **Perdida por sobreproducción:** En el caso de concreto esto ocurre con mayor énfasis durante el vaciado de elementos verticales que tienen un mal encofrado no está plomeados según las dimensiones que especifican los planos, esto también ocurre durante el vaciado de cimientos debido al desprendimiento del terreno lo que ocasiona que la cantidad de material que se coloca sea mucho mayor a la proyectada inicialmente.

Con la ayuda de las guías de compra de concreto se determinó que en el total la obra para uno de los componentes realizó según la dosificación del concreto y la utilización que tubo según el cemento por el cual se produjo un total de 4,796 m<sup>3</sup> cuando el metrado del presupuesto estimaba 3,918m<sup>3</sup> de estructuras de concreto, decir existió un desperdicio del orden del 22%.

Este porcentaje de desperdicio es signo de la ineficiencia del proceso tal y como se desarrolló en la obra, es por esto que para el caso del concreto se tomó la decisión de trabajar sobre la dosificación, transporte manual de concreto y desperdicios de superproducción mencionados.

#### **d) EVALUACIÓN DEL ACERO DE REFUERZO:**

El acero de refuerzo llega a la obra en varillas de 9 m. de longitud entregadas por el proveedor, se descargan con un camión y se almacena en un lugar establecido por el responsable de almacén, de donde son retiradas por los ayudantes para llevarlas al banco de fierro, una vez ahí se cortan y doblan para finalmente trasladarse a la zona de armado de los elementos estructurales.



En el caso del acero los profesionales encargados del proyecto coincidieron en señalar las siguientes causas de desperdicio como las más importantes:

- **Residuo de Procesos:** Durante el proceso de corte de las barras se producen residuos que no pueden ser utilizados en otro elemento ya que no existe una modulación general del acero de todo el proyecto, este es el principal problema en cuanto a desperdicio de acero.
- **Falta de control:** Las barras de acero están a disposición de todos los ayudantes, esto puede ocasionar que se utilicen más de las necesarias o que se corten piezas innecesariamente.

Para la obra A la partida de acero fue totalmente subcontratada, tanto la ejecución como el flujo del material corría por cuenta del contratista, por lo tanto no hay información suficiente para determinar cuál fue el consumo real de acero de este proyecto, sin embargo la residencia del proyecto tomo la decisión de plantear medias para el control del material ya que durante la ejecución del proyecto B la partida correría por cuenta de la empresa.

#### **9.4 INTERVENCIÓN.**

Luego de evaluar cada uno de los materiales con los que se trabajara en la presente tesis se pasó a la etapa de desarrollo de planes de intervención para realizar mejoras en los procesos, de manera que se puedan disminuir el desperdicio de estos materiales reduciendo así la cantidad de desmonte y los costos producidos por las mermas.



### a) INTERVENCIÓN PARA EL LADRILLO:

Se han mencionado anteriormente que la principal causa de desperdicio de ladrillo es el corte de las unidades con la finalidad de obtener piezas más pequeñas que permitan rematar los muros en los extremos, esta situación se repito al inicio y al final de cada hilada.

Frente a esta situación se planteó la posibilidad de buscar la manera de cortar las unidades de albañilería de forma más industrializada, obteniendo dos piezas que pudieran utilizarse posteriormente en los extremos de los tabiques sin desperdiciar ninguna parte de la unidad.

Con este objeto se realizaron pruebas con amoladoras y pequeñas hachas que utilizaban algunos operarios, sin embargo lo que resulto siendo más eficiente fue la máquina para cortar ladrillo utilizada para los ladrillos de concreto, en ella se podía realizar el corte de dos y hasta tres unidades a la vez obteniendo piezas tal y como se muestra en la siguiente foto:

Foto. Proceso de corte de las unidades de ladrillo.



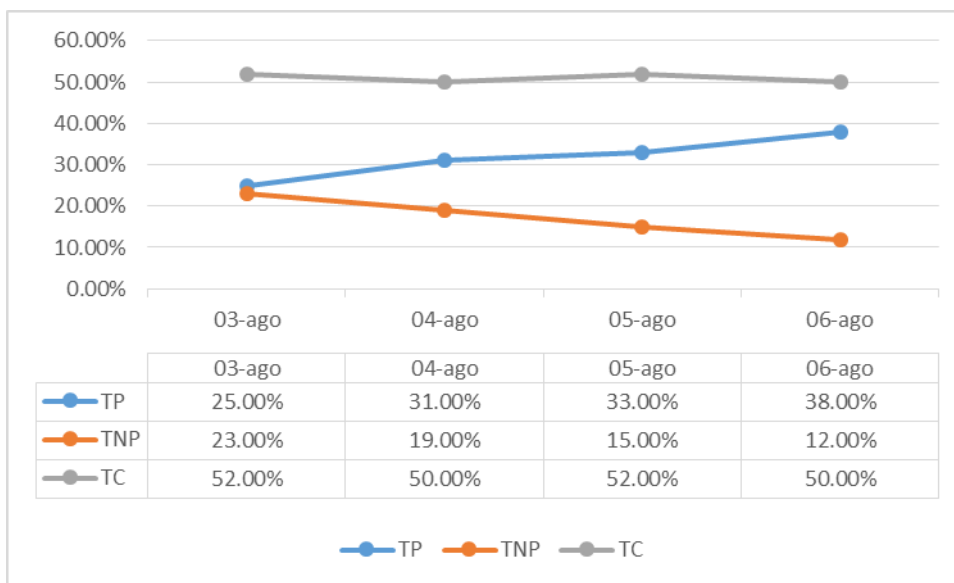
Con la introducción de este equipo nuevo en el proceso de asentado de ladrillos fue necesario replantear los trabajos de cada miembro de la cuadrilla, la actividad de corte de ladrillos ya no era



realizada por cada operario mientras que colocaba las unidades en el muro sino que se centralizaba en un ayudante, quien se volvió experto en el uso de la máquina y se encargaba de cortar, organizar y distribuir los pedazos de unidad de ladrillo según eran solicitadas por los operario. Al haber menor cantidad de residuos que limpiar los ayudantes se daban suficiente abasto para cortar las unidades y transportar los materiales que requerían los operarios, así como armar y desarmar plataformas.

Los operarios a su vez podían asentar mayor cantidad de unidades sin necesidad de estar deteniendo su ritmo constantemente para romper piezas de ladrillo lo que resulto beneficiosos para la productividad de la mano de obra como se puede apreciar en las mediciones que se realizaron durante la implementación de la máquina de corte.

Grafico 6. Evolución del NA en la actividad del asentado de ladrillo.



Se observa que la mejora del proceso fue progresiva ya que la aceptación de una forma diferente de trabajar tuvo poca acogida entre los operarios quienes inicialmente trataban de mantener el proceso tal cual lo habían realizado siempre, sin embargo, gracias a



un continuo seguimiento se logró reorganizar a la cuadrilla y mejorar su rendimiento tal y como se aprecia en el gráfico.

Básicamente la mejora se debe a que los operarios incrementaron su trabajo productivo (mayor cantidad de tiempo asentando ladrillos) y traspasaron su trabajo contributivo (corte de ladrillos) a los ayudantes, quienes a su vez reemplazaron trabajo no productivo con trabajo contributivo:

Grafico 5. Estudio de niveles de actividades cuadrilla de asentado de ladrillo con maquinaria.

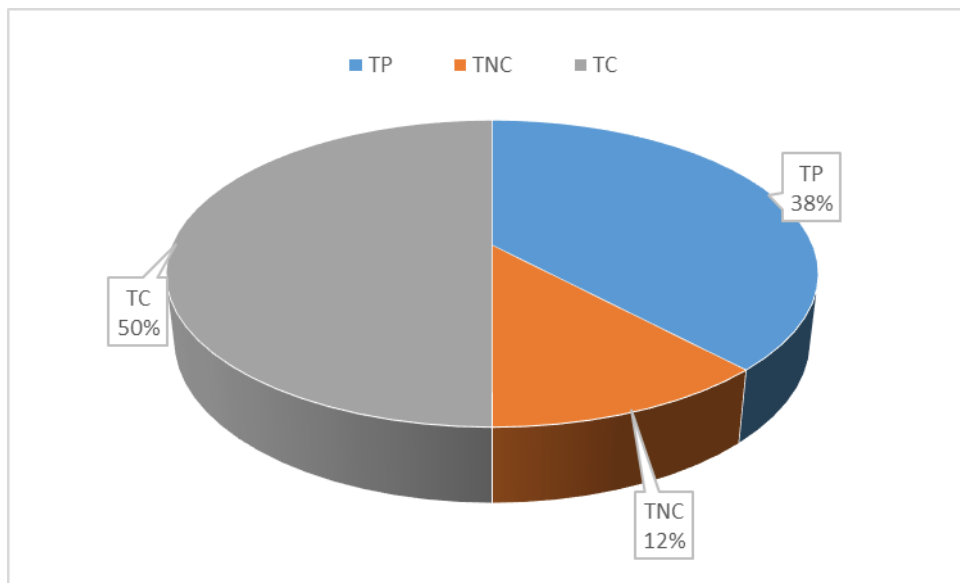


Grafico 6. Estudio de niveles de actividades cuadrilla de asentado de ladrillo con maquinaria OPERARIOS.

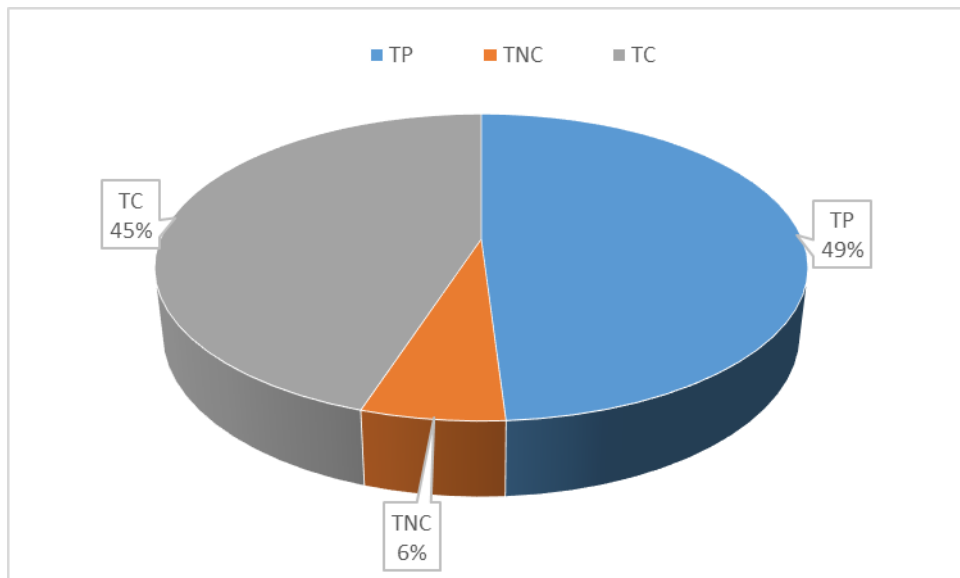
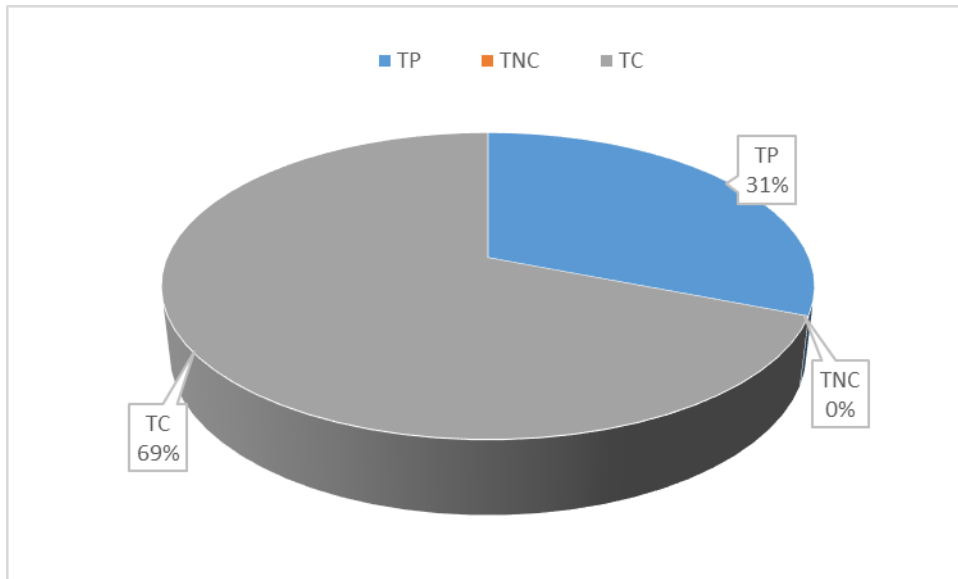




Grafico 7. Estudio de niveles de actividades cuadrilla de asentado de ladrillo con maquinaria AYUDANTES.



Del mismo modo se apreciaron mejoras en cuanto a la disminución del desperdicio, luego de implementar el uso de la máquina para cortar ladrillos se volvieron a realizar inspecciones de campo para verificar la cantidad de residuos generados en los procesos de asentado de ladrillo, observando consideraciones mejoras como se puede apreciar en la siguiente tabla:

Tabla 7. Resultados evaluación de desperdicio de ladrillo KK con maquina

Ladrillos enteros consumidos	55
Ladrillos partidos usados	2.67
Ladrillos partidos consumidos	3
TOTAL Ladrillos consumidos (Und)	58
TOTAL Ladrillos usados	57.67
<b>Desperdicio (%)</b>	<b>0.57%</b>
Ladrillos consumidos/m <sup>2</sup>	37.57
Ladrillos colocados/m <sup>2</sup>	37.35



Es decir, al cortar las unidades de ladrillo en lugar de romperlas se reducen prácticamente todos los residuos de proceso generado por la actividad. Aun se puede apreciar la generación de un porcentaje mucho menos de desperdicio debido a la existencia de tuberías que obligan a los operarios a romper algunos ladrillos para permitirles el pase.

Adicionalmente a esta modificación del proceso de asentado de ladrillo durante la ejecución del proyecto se tomaron medidas de gestión tales como restringir la cantidad de unidades transportadas al área de trabajo a las mínimas necesarias y regresar a la zona de almacenamiento original las pocas piezas sobrantes al final de la jornada de tal manera que no quedaran piezas abandonadas cuando la cuadrilla concluya su labor en un determinado ambiente.

Antes del inicio de los trabajos de albañilería en la obra "B" se tomó la decisión de realizar una mejora adicional al proceso, se mandaron fabricar unidades de ladrillo de 23 cm de largo x 12 cm de ancho x 14 cm de altura.

Este incremento en el alto de las piezas tenía como finalidad disminuir la cantidad de hiladas que el operario debe asentar y dado que es al final de cada hilada cuando se necesita realizar un corte se tiene a su vez menor cantidad de piezas cortadas y se disminuye la posibilidad de que operarios nuevos no familiarizados con el proceso establecido durante el proyecto "A" comiencen a cortar unidades nuevamente. La suma de todas estas medidas contribuyo a la disminución del consumo de unidades por metro cuadrado de muro construido como se podrá posteriormente en los resultados del control para la albañilería.



## b) INTERVENCIÓN PARA EL MORTERO:

El mortero es también uno de los materiales que genera la mayor cantidad de desmonte en las obras de construcción como ya se ha mencionado anteriormente, principalmente debido a los residuos de material que se generan durante el proceso de colocación de la mezcla y a los sobrantes de la preparación diaria de mortero.

Precisamente frente a estos residuos se planteó una estrategia de recuperación que permita utilizar de manera práctica, generando así ahorros y disminuyendo el volumen de material a eliminarse. Para la mezcla sobrante del proceso se planteó recolectar al final del día de los plásticos que protegen las zonas de trabajo de tarrajeo y almacenarlo en una zona diferente al resto de desmonte, al día siguiente ese mismo material era tamizado para retirar grumos de gran tamaño, el material que pasaba la malla se almacenaba en bolsas y se utilizaba como agregado para la fabricación de cajas de válvulas, poyos de concreto, sardineles de duchas y cualquier otro elemento que no requiera una importante resistencia estructural.

Foto. Recuperación de la mezcla para el asentado de ladrillo







Este material podría utilizarse inclusive como agregado para preparar nuevo mortero para asentado de ladrillos o vaceado de contrapiso si se realizan las pruebas de pureza necesarias, sin embargo durante el desarrollo de los proyectos todo el volumen sobrante era consumido en las actividades mencionadas por lo que no se desarrolló esta posibilidad.

En cuanto al material del mortero sobrante y aun fresco al final del día, debido a la preparación excesiva de los operarios, se recurrió a una antigua metodología de trabajo de la albañilería, el forjado de los muros.

Se les solicito a todos los albañiles que antes de terminar el día colocaran todo el material que les sobraba en los muros, pero solo como forjado, es decir pañeteado y preparado para darle el acabado con regla al día siguiente. Esta actividad se realizaba en los muros y zonas del cielo raso que la cuadrilla de topografía había marcado previamente con puntos de mayor espesor, es decir donde hubieran entrado una mayor cantidad de material nuevo si no aprovecharan estos residuos.

### **c) INTERVENCIÓN PARA EL CONCRETO:**

En cuanto al concreto se había establecido que las principales pérdidas se producían durante la mezcla del concreto, el vaceado de la cimentación y por la forma de transporte que se realiza del concreto. También como se ha mencionado ya, las modificaciones a los procesos para reducir desperdicios en esta partida se realizaron solo en la obra "B".

Con la finalidad de reducir la cantidad de concreto desperdiciado se tomaron medidas como por ejemplo modificar el



sistema de mezcla de concreto para una mejor dosificación y menores desperdicios del cemento y agregados.

La segunda medida tomada para controlar el desperdicio del concreto fue el control de la plomada en los elementos estructurales para no realizar mayor metrado del volumen necesario, de esta manera se disminuye los desperdicios por causa del mal encofrado de los elementos estructurales y por último el transporte de concreto se realizara con el mayor cuidado posible ya que se realiza manualmente.

#### **d) INTERVENCIÓN DEL ACERO:**

En el caso del acero el principal problema identificado fue el de la modulación para el corte, en este caso por un tema de alza en el precio del acero la empresa ya había adquirido una gran cantidad de varillas de 9 m. las cuales debían ser usadas en la obra, en una primera etapa se hizo el intento de establecer en un terreno de propiedad de la empresa un centro de acero prehabilitado donde pudiera optimizarse el corte de las barras y desperdiciar la menor cantidad de material, sin embargo por problemas de incumplimiento del subcontratista esta propuesta no prospero.

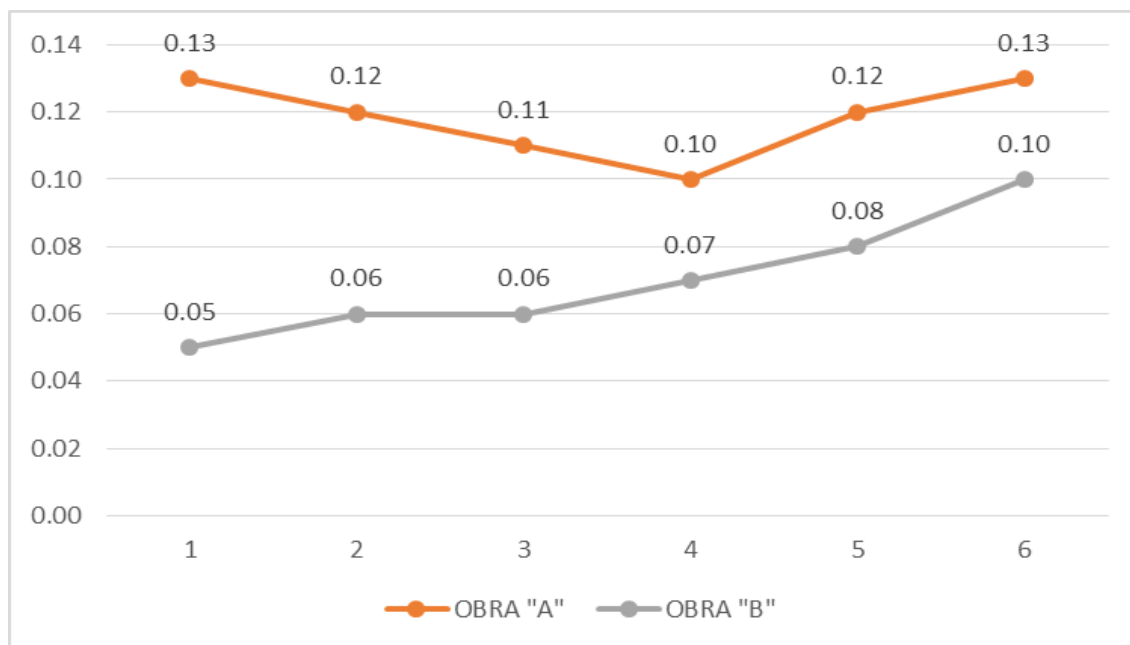
### **9.5 CONTROL.**

Con la finalidad de verificar el resultado de las intervenciones que se realizaron en las actividades mencionadas anteriormente y al mismo tiempo para recoger información que permita gestionar de mejor manera los proyectos se mantuvo un continuo levantamiento de información el cual en la segunda etapa de esta investigación (Obra "B") llego a ser mejorado y revisado en cada reunión semana del proyecto.



La manera de llevar el control de los desperdicios de materiales fue mediante dos tipos de indicadores, el primero se denominó Índice de Residuos Sólidos de Construcción (IRSC) el cual se encarga de medir la evolución de la pérdida directa o el desperdicio que es eliminado de la obra como desmonte; La Universidad Politécnica de Hong Kong menciona entre algunas de las conclusiones de sus estudios que el volumen promedio de desmonte calculado para una edificación es de 0.10 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> techado, tomando este valor como punto de referencia se tomó decisión de introducir este indicador en la gestión de los proyectos "A" y "B".

Grafico 8. Índice de RSC (m<sup>3</sup> eliminado/m<sup>2</sup> techado).



El grafico presenta la evolución del indicador en ambas obras mes a mes, debido a que las obras se realizaron en diferentes épocas se ha elegido tomar como referencia para compararlas el punto de quiebre del indicador que es el mes en que se termina la etapa de estructuras, como ese momento se deja de agregar m<sup>2</sup> al total y se siguen agregando m<sup>3</sup> eliminados correspondientes a los residuos de la albañilería, en ese momento en el grafico como 4.



Como se puede apreciar en la curva perteneciente a la obra "A" se reflejan los resultados de las mejoras que se plantearon en las intervenciones, por ejemplo durante el mes 2 se inició el reciclaje y reutilización del material de mortero, luego en el mes 3 fue cuando se inició el corte de ladrillo con la máquina y el forjado de muros con material sobrante del día, finalmente en el mes 4 se ve que la consolidación de todas estas medidas reduce el indicador hasta  $0.10 \text{ m}^3/\text{m}^2$ . Sin embargo, al terminarse el techado de toda la estructura y continuar generando desperdicios de albañilería el indicador tiene a subir naturalmente para terminar el proyecto con un valor de  $0.13 \text{ m}^3/\text{m}^2$ .

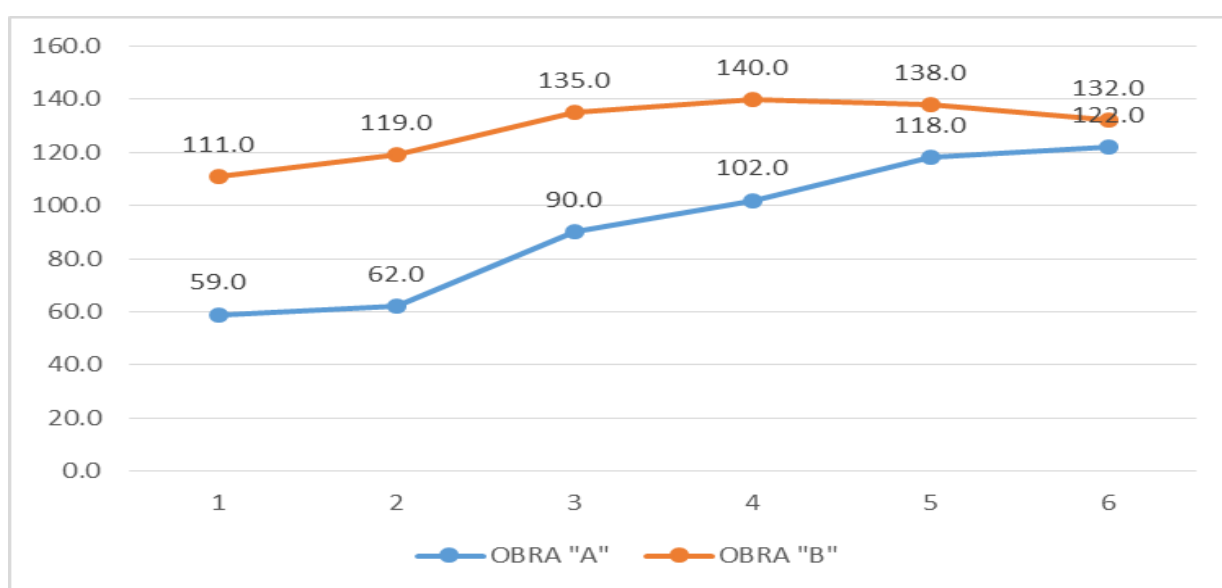
En la curva del proyecto "B" por otro lado se puede apreciar que todas las medidas desarrolladas en el proyecto "A" surgen efecto y sumadas a la implementación de los ladrillos de mayor altura y el control del concreto desde su mezclado hasta su vaceado final se obtienen valores muchos menores. Lo esperado para esta grafica en vista de que las medidas de reducción fueron constantes habría sido mantener un nivel de desperdicio estable hasta el mes 4 en que terminara el techado de la estructura y que posteriormente se elevara hasta su valor final.

En este comportamiento puede explicarse por el hecho del ingreso de una cuadrilla de albañilería adicional para acelerar el avance de la obra, es decir, en un principio no se estaba produciendo tanto metrado de albañilería como se había planificado y posteriormente se incrementó con la inclusión de más operarios con lo que realizaron trabajos con mayores metrados, generando doble desperdicios. Luego en el mes 4 el indicador se eleva mucho más como es natural hasta alcanzar un valor final de  $0.10 \text{ m}^3/\text{m}^2$ .



La mejora durante el proyecto "A" con la progresiva implementación de las medidas descritas y luego en el proyecto "B" con la consolidación y el control de ellas es evidente. Con la finalidad de construir un gráfico que no tuviera la influencia de los m<sup>2</sup> techados y que no generara un punto de quiebre se desarrolló un indicador adicional que relaciona las HH trabajadas de albañilería y estructuras con los m<sup>3</sup> de desmonte eliminados.

Grafico 9. Índice de RSC (HH Trabajadas/m<sup>3</sup> eliminado).



Esta forma diferente de presentar los datos muestra una tendencia similar a la presentada inicialmente, confirmando algunas de las observaciones realizadas, para la obra "A" se aprecia la tendencia progresiva a la mejora, pero esta vez en vista que el indicador no depende de los m<sup>2</sup> techados se aprecia que el índice se estabiliza después del mes 4.

Para la obra "B" este indicador nos muestra algo más interesante, se aprecia que en una primera etapa luego de mantenerse estable el indicador sube, esto puede ser también debido al incremento de personal realizando trabajos de albañilería, sin embargo la relación entre cantidad de hora hombres trabajadas y desperdicio generado es mayor debido a



las buenas practicas establecidas, lo que se evidencia en el resultado final del primer indicador.

Posteriormente el indicador se estabiliza y baja cuando la cantidad de personal comienza a reducirse y cada vez se realiza limpieza de obra con mayor holgura de tiempo hasta terminar en un valor de 132 HH trabadas por cada m<sup>3</sup> de desmonte producido, superior al valor obtenido en el primer proyecto.

Además de utilizar estos IRSC se establecieron durante el proyecto indicadores de productividad de materiales (IPM) que permitieron a la residencia mantener control continuo sobre el resultado de su gestión e identificar puntos de mejora o aspectos en cuales se debían corregir procedimientos.

Este IPM se abastecía de información de almacén, de donde se obtiene los saldos semanales de los materiales a controlar con el apoyo del asistente de almacén y los capataces de cada cuadrilla se pudieron obtener a manera de reporte los consumos semanales, otro dato importante para este control era avance semanal, para este caso se utilizó el mismo valor que los ingenieros de campo entregaban semanalmente para desarrollar el indicador de productividad de mano de obra.

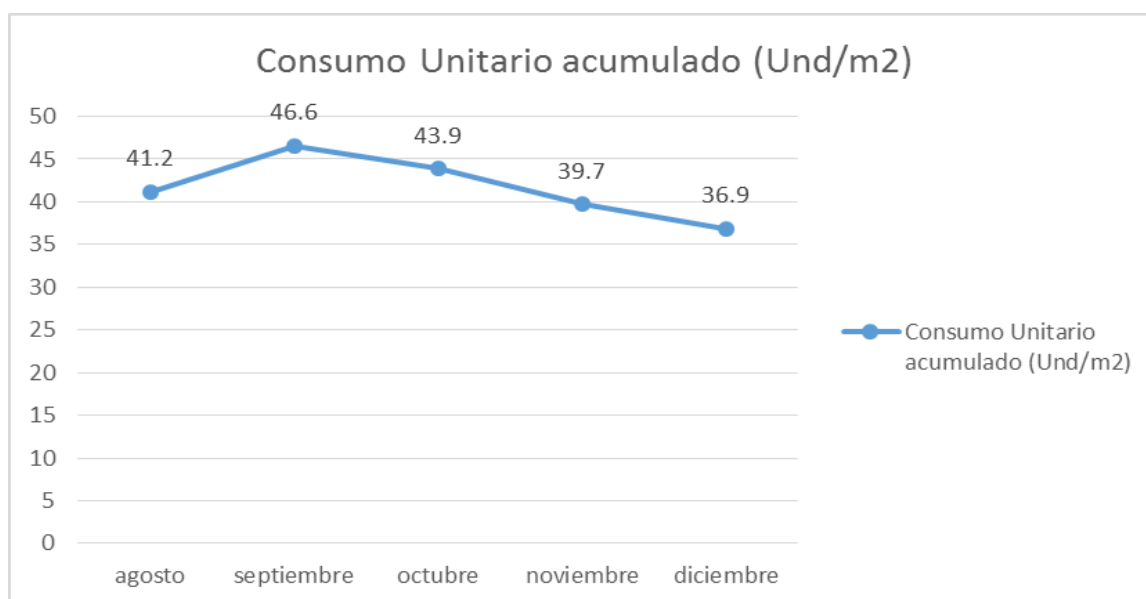
Luego para cada partida, la información volcada en las tablas se trasladaba a gráficos que iban describiendo el comportamiento del consumo de materiales, el cual se analizó en cada caso a lo largo de todo el proyecto, enriqueciendo de esta manera la gestión de los responsables de la obra.



### a) LADRILLO:

El seguimiento que se hizo del ladrillo tiene dos etapas, el primero correspondiente al proyecto "A" en donde se fueron implementando las medidas de mejora en cuanto al corte de ladrillo y al orden de las unidades sobrante, el índice de productividad de material en este caso se estimó mensualmente y se comportó de la siguiente manera:

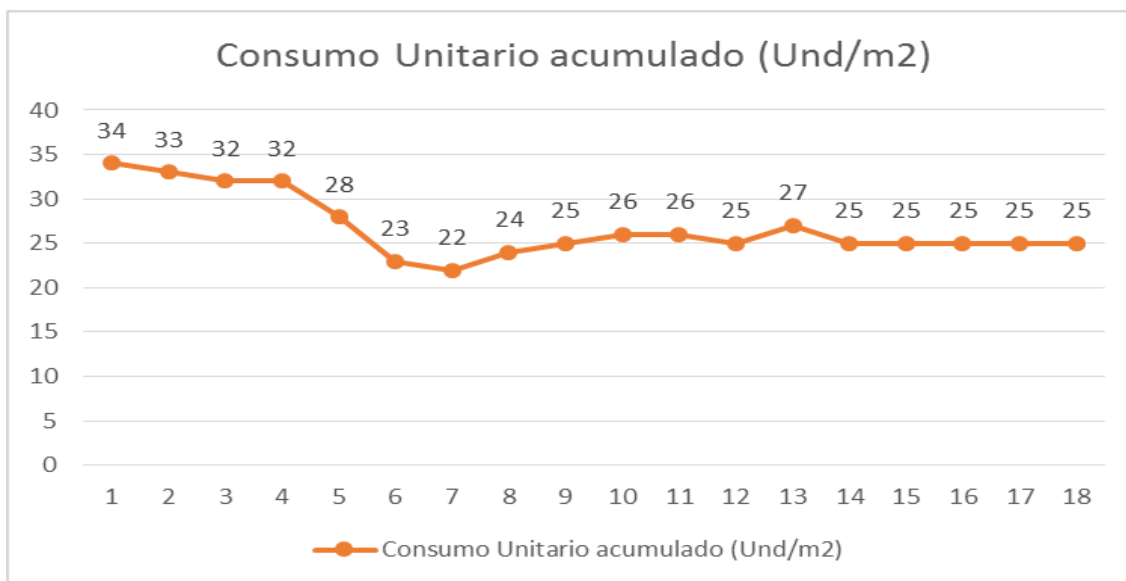
Grafico 10. Evolución del consumo de unidades de ladrillo KK.



En la gráfica se puede apreciar claramente la mejora progresiva en el ratio de consumo de material conforme el procedimiento de asentado de ladrillos se fue modificando y los trabajadores aceptaron el cambio en el proceso constructivo. En una segunda etapa, durante la ejecución del proyecto "B" el control se pasó a realizar semanalmente, para ser discutido en las reuniones de obra. Cabe recordar que para el inicio de esta obra se mandaron fabricar ladrillos King Kong de arcilla de 14cm de altura con la finalidad de reducir aún más el desperdicio, obteniendo el siguiente resultado.



Grafico 11. Evolución de consumo de unidades de ladrillo KK (14 cm de h)



En este grafico se puede apreciar que inicialmente el consumo de unidades de ladrillo por metro cuadrado de muro construido estaba entre 32 y 34 unidades, sin embargo se observó que en las zonas de la obra donde habían trabajado los albañiles se encontraban unidades de ladrillos abandonadas, esto sugirió que los operarios estaban sacando una cantidad de ladrillos mayor a la que necesitaban, por este motivo se fueron reduciendo los despachos de ladrillo King Kong, de esta manera se redujo el consumo a alrededor de 25 unidades por metro cuadrado.

De esta manera queda demostrado que mientras mayor cantidad de material salga de almacén con mayor facilidad será desperdiciado, este es otro motivo que le da importancia a estos sistemas de control ya que permiten calibrar la cantidad de material que será realmente necesario despachar por unidad de avance.

**b) CEMENTO:**

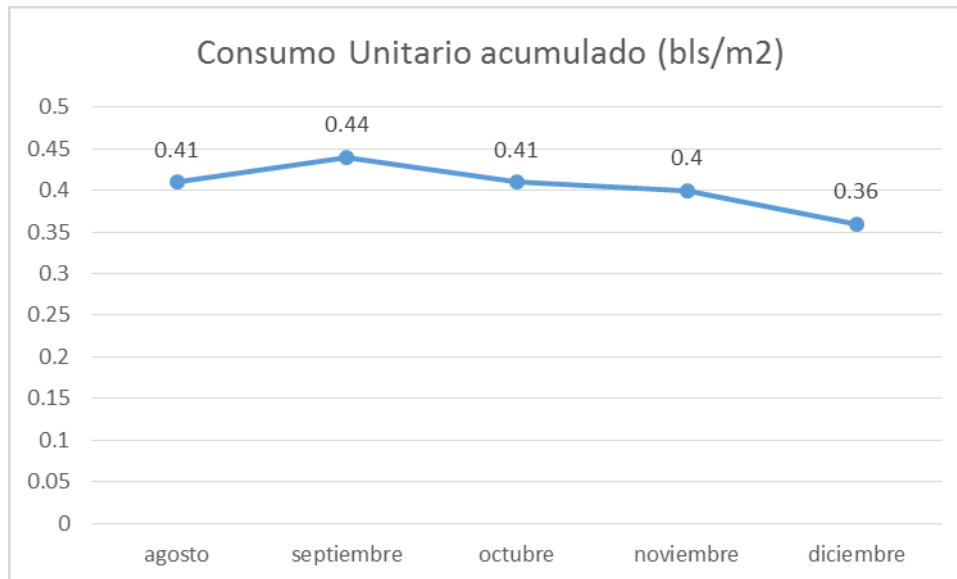
En el caso del cemento es necesario analizar por separado cada partida en la que se utiliza este material ya que la gestión





debe individualizarse y cada proceso tiene sus propias características. El primer rubro que se analizó fue el cemento utilizado para el asentado de ladrillos, en el proyecto "A" se obtuvieron los siguientes resultados:

Grafico 12. Evolución de consumo de bolsas de cemento para asentado de ladrillo en obra "A"



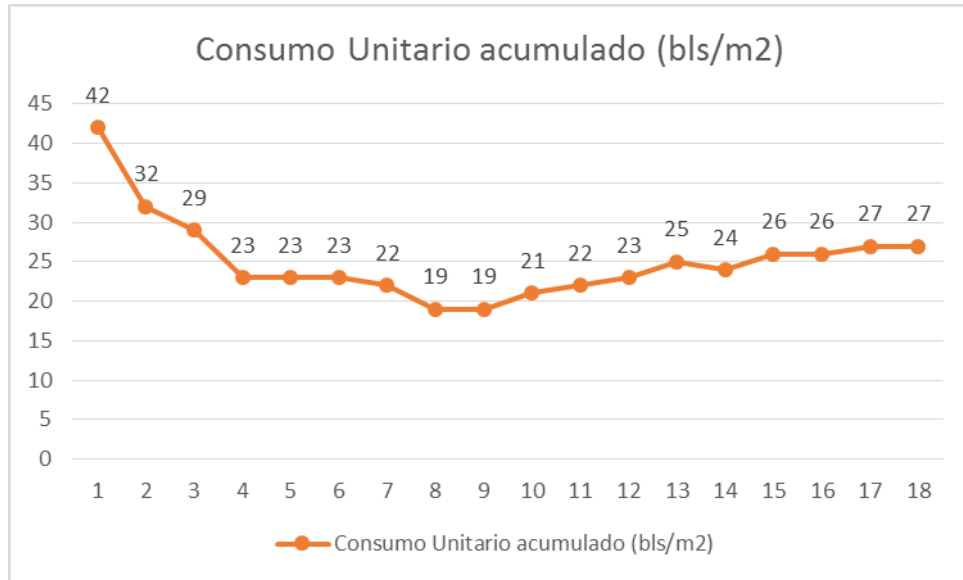
El consumo de cemento estimado en el presupuesto para esta fue de 0.19 bls/m<sup>2</sup> como se puede apreciar el consumo real medio en campo para esta obra termino siendo de 0.36 bls/m<sup>2</sup>, esto significa un desperdicio de casi el 90%. El equipo del proyecto logro reducir el indicador de 0.44 bls/m<sup>2</sup> en el mes de septiembre a 0.36 bls/m<sup>2</sup> en el mes de diciembre debido a que se observó que en campo los trabajadores estaban cometiendo un error en la mezcla del mortero, en lugar de mezclar proporciones de 5:1 como lo requerían las especificaciones técnicas hacían 4:1 según indicaciones del maestro de obra.

Adicionalmente el equipo de obra estimo que las perdidas debido al mortero que ingresa por los alveolos de la unidad durante el asentado son considerables y afectan este indicador. No se pudieron apreciar pérdidas directas significativas por lo que



se asume que estos fueron los principales motivos del elevado consumo. Se realizó un seguimiento similar durante el proyecto "B" los resultados se muestran en el siguiente gráfico:

Grafico 13. Evolución de consumo de bolsas de cemento para asentado de ladrillo en obra "B"



En este caso se inició el proyecto con un valor de consumo muy alto las primeras semanas, similar al de la obra "A", en base a la experiencia adquirida en el proyecto anterior el equipo de obra pudo identificar el mismo problema, pese a que la mayoría de los operarios y el jefe de grupo eran los mismos que habían trabajado en el primer proyecto, sin embargo se pudo corregir el defecto con mayor rapidez que en el caso anterior y los valores de consumo descendieron.

El valor meta de consumo definido en el presupuesto fue de 0.19 bls/m2 ya que estaba proyectado en que esta obra se trabajara con ladrillos de dimensiones tradicionales sin embargo al tratarse de ladrillos de mayor altura los cuales permitían tener una menor cantidad de hiladas y por ende menos capas de mortero en toda la altura de muro se esperaba tener un consumo de material mucho menor.



Pese a estos valores finales de consumo real oscilaron alrededor de 0.26 bls/m<sup>2</sup> mucho más de lo considerado en el presupuesto (42% de desperdicio), estos resultados llevaron al equipo de obra a pensar que la pérdida indirecta para el cemento de asentado de ladrillo es bastante alta, una vez más la explicación se basó en la cantidad de mortero que penetra en los alveolos y queda atrapada dentro de la unidad con la finalidad de brindar mayor amarre entre los bloques de arcilla colocados.

Los trabajadores del proyecto señalaron que al ser unidades de mayor tamaño y peso era necesario colocar una mayor cantidad de mortero para que al asentar el ladrillo la cama de mortero no fuera aplastada y el mortero no cayera al piso.

La siguiente partida en la cual se controló el uso de cemento fue el tarrajeo de muros, aquí se obtuvieron resultados muy interesantes al comparar los gráficos de ambas obras:

Grafico 14. Evolución de consumo de bolsas de cemento para tarrajeo de muros en obra "A"

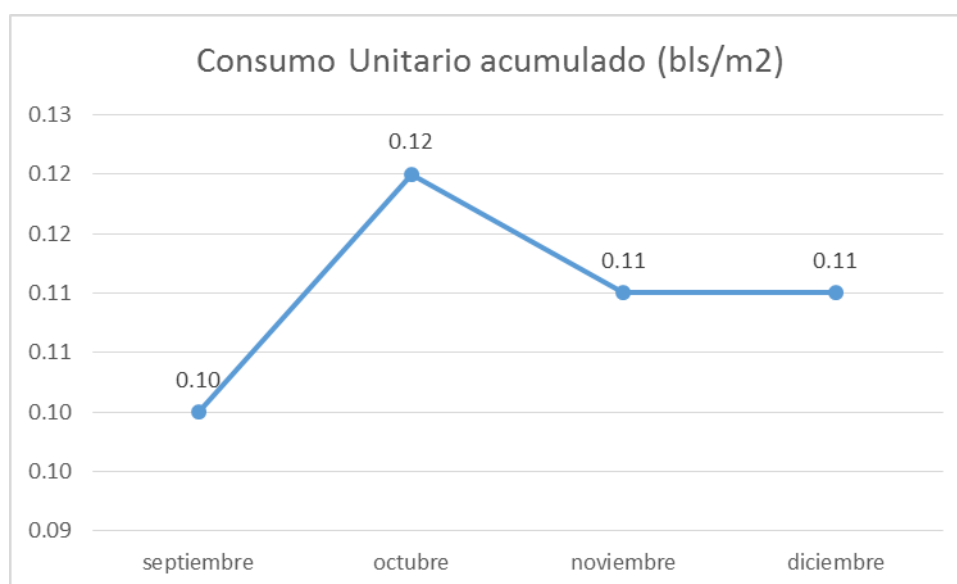
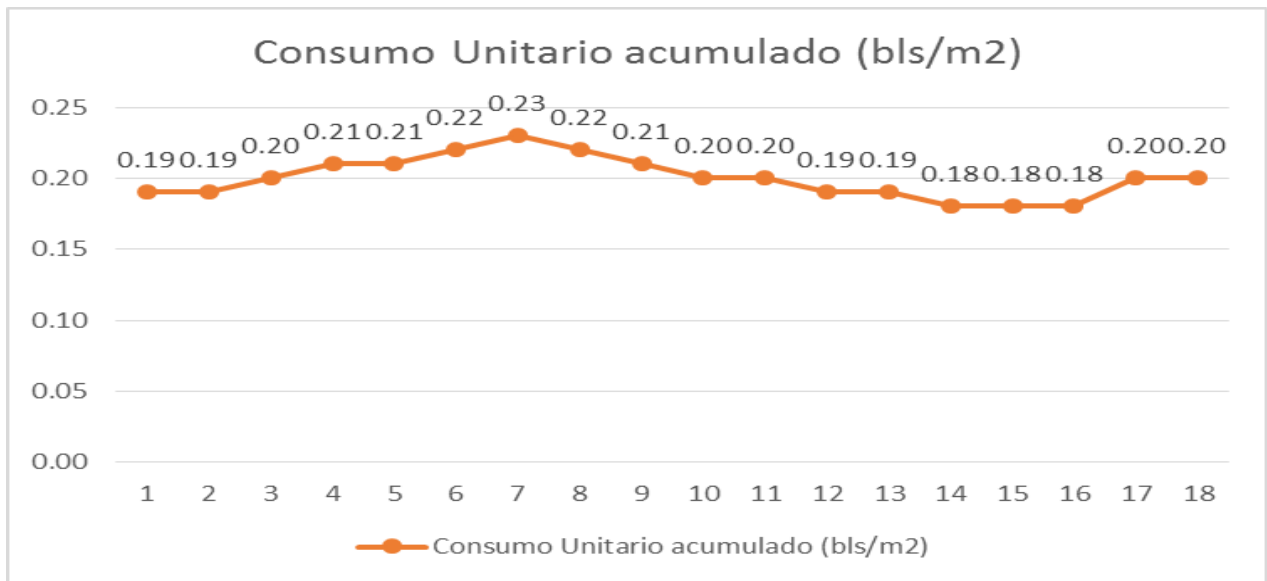




Grafico 15. Evolución de consumo de bolsas de cemento para tarrajeo de muros en obra "B"



La primera grafica corresponde a la obra "A" mientras que la segunda se trata de información del proyecto "B". en primer lugar es preciso señalar que para ambas obras el presupuesto del proyecto indica que el consumo esperado de bolsas de cemento por metro cuadrado era de 0.19, es curioso que se trate del mismo ratio por metro cuadrado que se utiliza para el consumo de cemento para asentado de ladrillo a pesar de ser dos tipos de uso del mortero totalmente diferentes y dos procesos constructivos que no guardan nada en común, esto nos llevaría a pensar que el indicador meta es un ratio que no guarda ningún sustento técnico sino que se ha ido transmitiendo y utilizando debido a la experiencia.

Al analizar os resultados de las obras se puede apreciar gran diferencia entre los consumos promedios de ambos proyectos (casi el doble) y gran similitud y estabilidad en la forma de las curvas. La diferencia entre las obras está en la pérdida indirecta y ocurre básicamente debido al tipo de muro a tarrajar, mientras que en la primera obra se vaciaron aproximadamente 1,628.52 m3 de concreto y se construyeron 3,539.77 m2 de muro de ladrillo



en la obra "B" se colocaron tan solo 594.32 m3 de concreto y se levantaron 8,385.38 m2 de muro de ladrillo KK. Se podría pensar entonces que el consumo de mortero en muros de ladrillo es más irregular que el que se puede lograr con un buen acabado de elementos estructurales de concreto.

La siguiente partida en la que se realizó seguimiento de consumo del cemento fue el tarrajeo del cielorraso, a continuación se presentan los resultados para ambos proyectos.

Grafico 16. Evolución de consumo de bolsas de cemento para tarrajeo de cielo raso en obra "A"

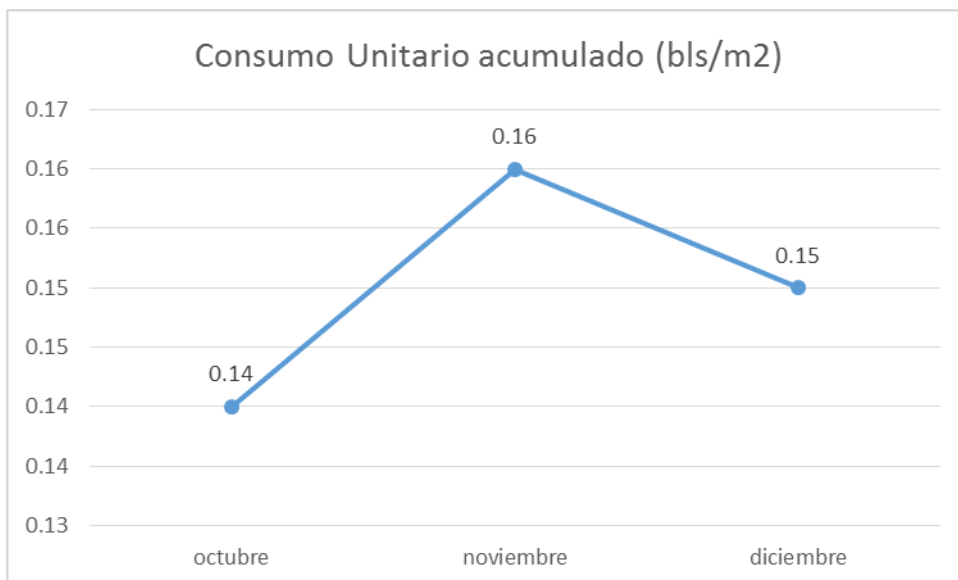
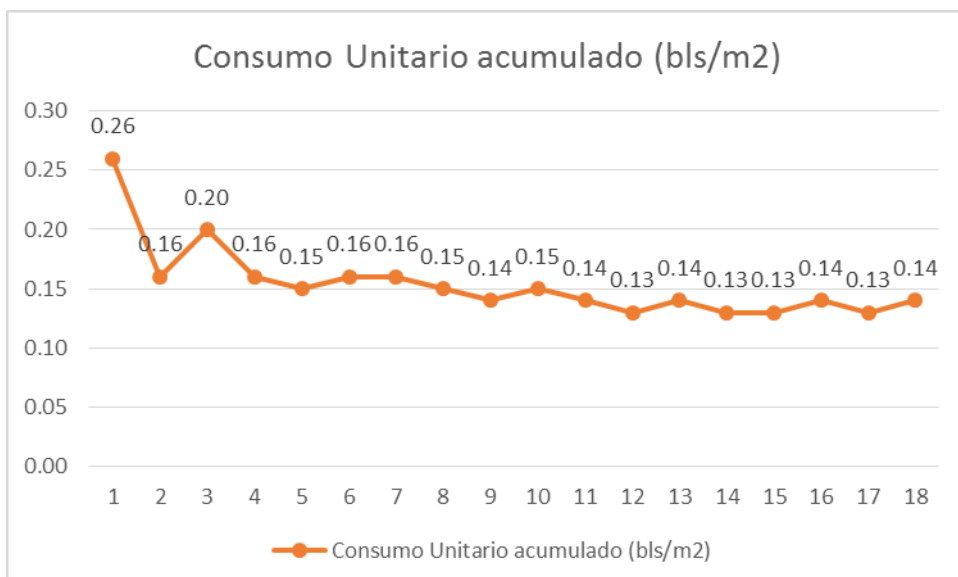


Grafico 17. Evolución de consumo de bolsas de cemento para tarrajeo de cielorraso en obra "B"





Una de las primeras conclusiones que se pueden sacar de estos resultados se refiere al consumo promedio final del material, el cual es muy similar tanto en el primer grafico correspondiente a la obra "A" (0.15 bls/m<sup>2</sup>) como en el segundo correspondiente a la obra "B" (0.14 bls/m<sup>2</sup>), las ligeras variaciones pueden deberse a irregularidades en la losa, como ductos o superficies imperfectas que son particulares de cada proyecto, sin embargo al ser superficies similares, a diferencia del tarrajeo de muros, en ambos proyectos se tiene un promedio parecido.

Analizado cada grafico independientemente se puede comentar que el resultado de la obra "A" se muestra estable a lo largo de todo el proyecto mientras que el proyecto "B" presenta picos de consumos alto, los cuales se deben a sobreabastecimiento de material por parte de los capataces, en cual se fue regulando conforme se pudo calibrar en obra la cantidad de cemento necesario por metro cuadrado.

Para el presupuesto de ambos proyectos se consideró un consumo unitario de 0.13 bolsas por metro cuadrado de tarrajeo, valor cercano al obtenido en la realidad, sin embargo está por debajo de los que en realizado se necesitó para concluir con las obras.

### **c) CONCRETO:**

En el caso del concreto se trabaja en tres etapas independientes para el proyecto "B" la primera correspondiente la cimentación, la segunda elementos estructurales verticales (columnas) y la tercera que son los elementos estructurales horizontales (vigas, viguetas, losas, etc.), el vaceado de las tres etapas se realizó de forma manual.



Grafico 18. Evolución del consumo de concreto mezclado en obra "B" (cimentación).

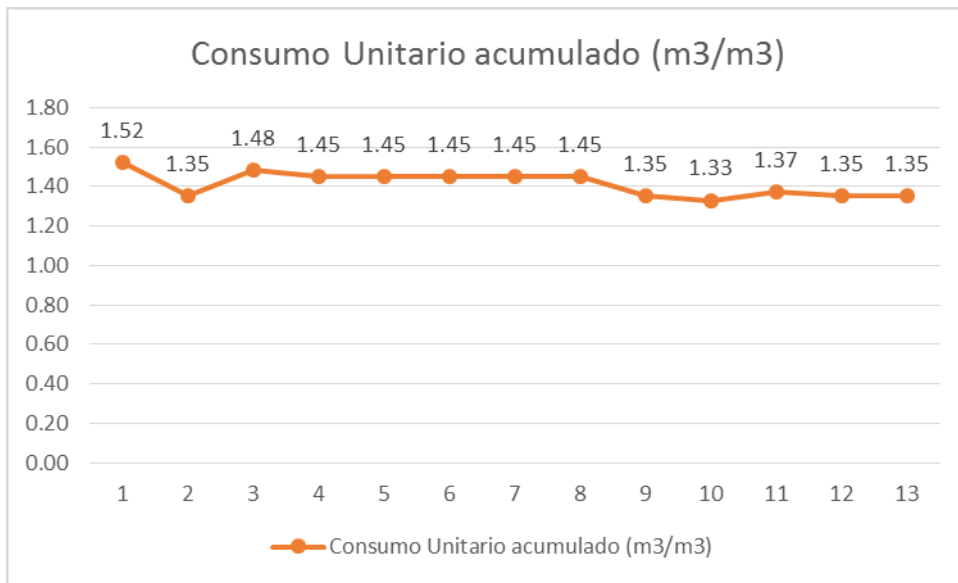


Grafico 19. Evolución del consumo de concreto mezclado en obra "B" (columnas y placas).

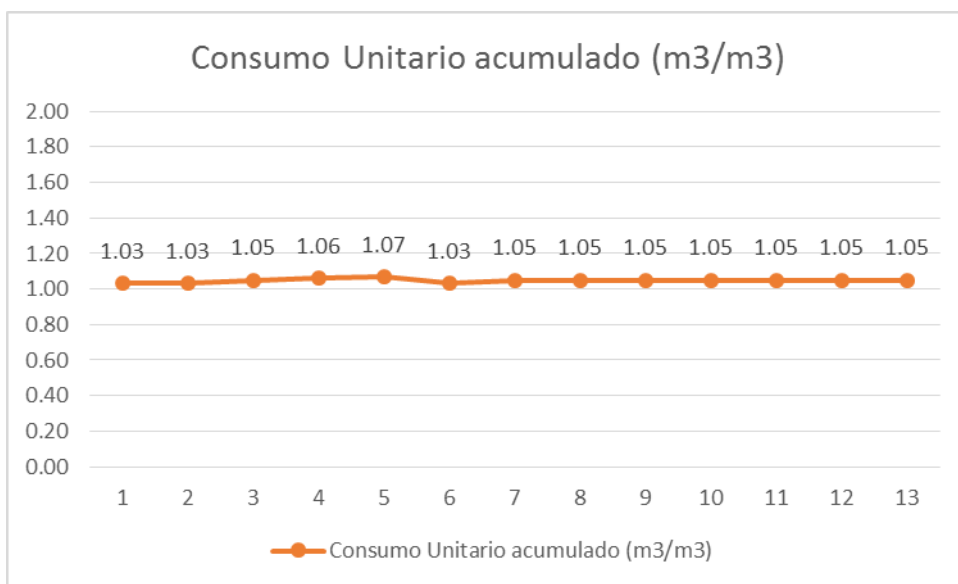
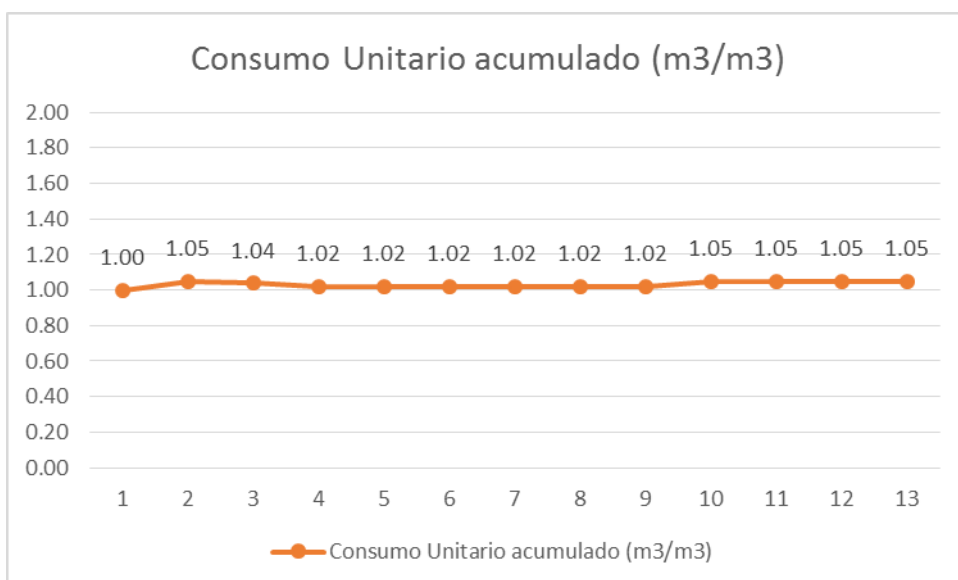


Grafico 20. Evolución del consumo de concreto mezclado en obra "B" (vigas, losas).





Queda claro al inspeccionar los resultados de las tres etapas que es durante el vaceado de la cimentación donde se produjo mayor desperdicio de material, el problema ocurre en que proceso de desquinchado del terreno previo a la colocación de la armadura de refuerzo, les resultaba muy difícil a los operarios lograr retirar manualmente la cantidad exacta de terreno que permita un espesor de cimentaciones según las medidas de los planos de estructuras (cimentaciones), debido al desmoronamiento del terreno se producen consumos que producen desperdicio de hasta 52%.

Para la etapa de cimentaciones el presupuesto del proyecto había asumido un desperdicio final promedio de 40%, gracias a la curva de aprendizaje de los operarios del proceso de desquinchado y a la modificación de este procedimiento, pasando de realizarlo en una sola etapa a realizarlo en dos etapas como se explicó previamente se logró reducir el desperdicio a un promedio final de 35%.

Durante la etapa de elementos verticales (columnas y placas) se produjeron por los desperdicios que se iba dejando al momento de transportar la mezcla de concreto de forma manual por no tener un orden en el momento de vaceado. Para esta etapa se obtuvo un desperdicio final promedio de 5%, igual al monto propuesto por el presupuesto del proyecto.

Respecto a los resultados de los elementos horizontales (vigas, viguetas o losas), finalmente se debe comentar como ya se indicó que se utilizó un procedimiento distinto al de las etapas previas ya que se implementó el vaceado con winche el cual redujo aún más el desperdicio. Además, gracias a la restricción de los pedidos de concreto a volúmenes adicionales no mayores a 2% se obtuvo un desperdicio final promedio de la etapa de 2.8%.





El desperdicio adicional al 2% mencionado se debió a la única restricción observada para esta forma de vaciar, la antigüedad de los equipos que utilizamos para el procedimiento de vaciado como el winche el mezclador de concreto, por este motivo produjeron desperdicios de 9% y 9.7% respectivamente en las semanas en que sucedieron dichas paralizaciones.

**d) ACERO:**

Para el acero de refuerzo también se controló el consumo del material durante las tres diferentes etapas de la obra, cimentaciones, elementos verticales y horizontales, se obtuvieron los siguientes resultados.

Grafico 21. Evolución del consumo de Acero en partidas de cimentaciones obra "B".

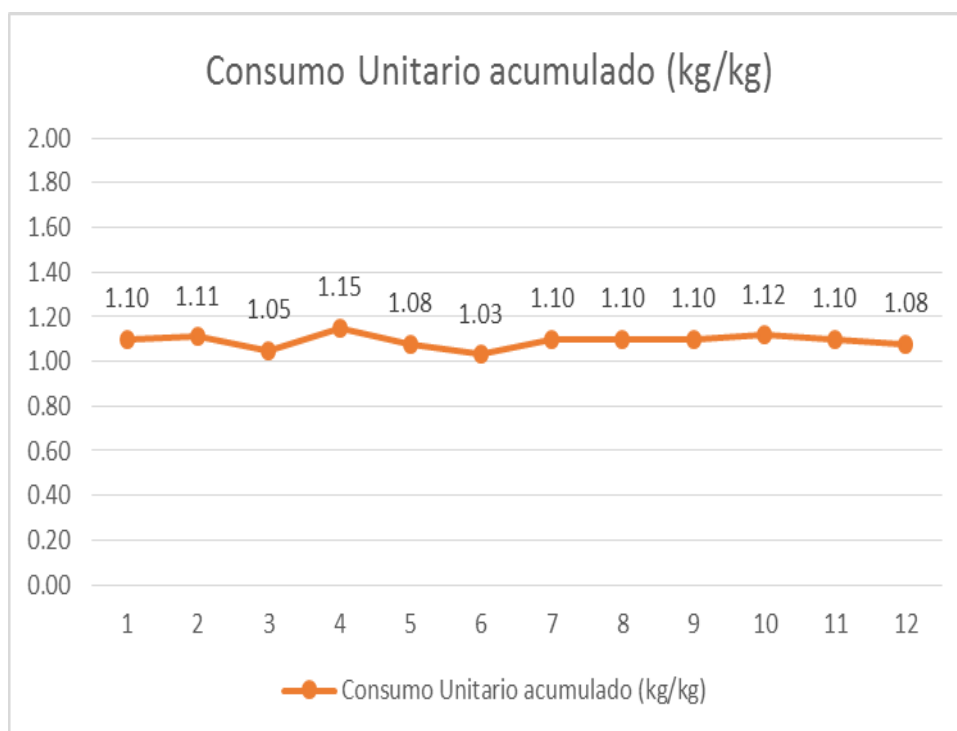




Grafico 22. Evolución del consumo de Acero en partidas de elementos horizontales obra "B".

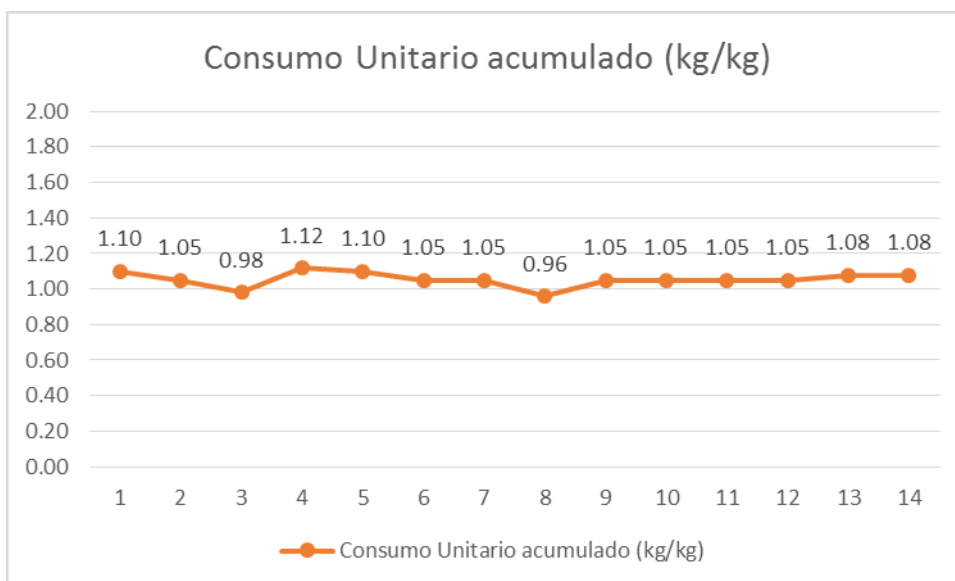
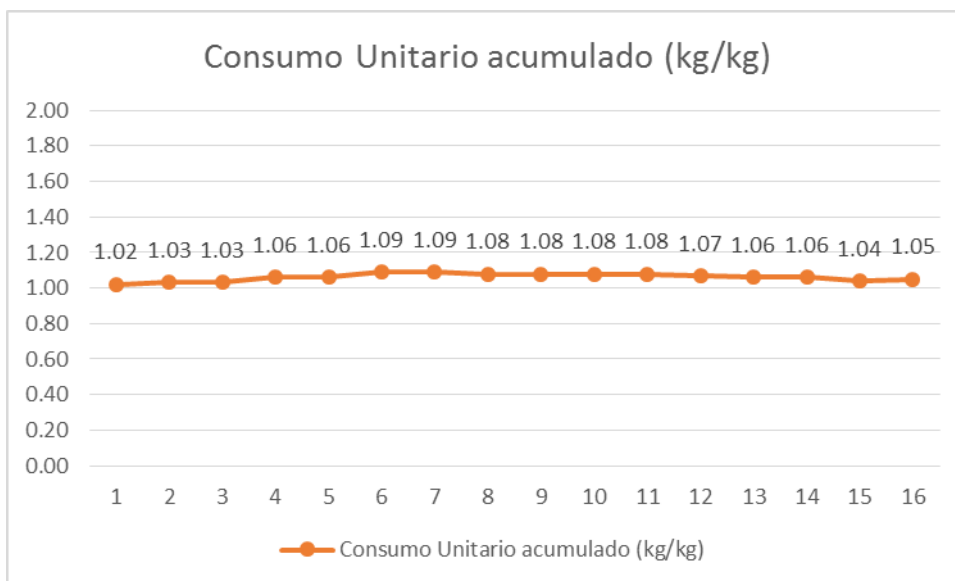


Grafico 23. Evolución del consumo de Acero en partidas de elementos verticales obra "B".



Para la primera etapa de la obra (correspondiente a la cimentación) el presupuesto del proyecto estimaba un desperdicio final proedio de 15%, sin embargo, el valor final obtenido en realidad fue de 7#. La razón por la cual se obtuvo un resultado mucho mejor al esperado es que remplazo el refuerzo indicado para la cimentaciones en barras de acero amarradas con alambre por su equivalente en mallas electro soldadas, al ser estas mallas



prefabricadas se reduce la cantidad de desperdicio que se produciría por corte de varillas, sin embargo debido a la presencia de refuerzo de columnas si era necesario realizar el corte de algunas varillas.

En el segundo grafico se aprecia el resultado para la etapa de elementos horizontales (columnas y placas), el porcentaje de desperdicio final promedio es de 4.04% cuando el proyecto por el presupuesto fue de 7%, durante esta etapa se logró utilizar la técnica del pre armado para mejorar el control del uso del material, para esta metodología los elementos horizontales eran armados por completo en el banco para posteriormente ser izados y colocados en su lugar donde los operarios solamente los aseguraban.

Durante la etapa de los elementos verticales se combinó el uso de acero dimensionado provisto por un contratista y el uso de varillas de 9 m. las cuales eran habilitadas según planos por el personal de obra.

Las demoras en las entregas y los errores en la habilitación del material provocaron que se concluyera con dicho contrato y se pasara a trabajar hacia el final de la etapa elementos verticales (columnas y placas) y el inicio de elementos verticales (vigas, viguetas y losas) se realizó con el personal de la obra. Se estimó alrededor de 2 toneladas de material habilitado por la empresa subcontratista que no pudo ser utilizado en obra debido a que las dimensiones no correspondían a lo que se necesitaba.

Finalmente para la etapa de elementos verticales (vigas, viguetas y losas) se observó un nivel de desperdicio estable que culminó con un promedio de 3.75%. En este caso el uso de acero pre dimensionado contribuyo a obtener este nivel de desperdicio,



las pérdidas fueron causadas por los cortes de los bastones adicionales que eran preparados en obra así como algunas entregas por parte del contratista que llegaron tarde y se tuvo que habilitar varillas de 9 m. para culminar con la tarea a tiempo, quedando el acero habilitado entregado posteriormente inútil.

## 9.6 CONCLUSIONES DE LA INVESTIGACIÓN.

- a) **ES POSIBLE REDUCIR LOS NIVELES DE DESPERDICIOS DE LAS OBRAS DE EDIFICIOS MINIMIZANDO ASÍ EL IMPACTO QUE PUEDEN LLEGAR A TENER EN EL MEDIO AMBIENTE QUE LAS RODEA.**

Si realizamos una comparación entre los valores promedios del índice de residuos de construcción entre la Universidad Politécnica de Hong Kong y las dos obras que analizamos en nuestra investigación llegamos al siguiente cuadro:

Tabla 8. Comparación índice de residuos de construcción.

DESCRIPCION	UND	VALOR PROMEDIO
Universidad Politécnica de Hong Kong	m3 desmonte/m2 techado.	0.10
Obra "A"	m3 desmonte/m2 techado.	0.13
Obra "B"	m3 desmonte/m2 techado.	0.10

La Universidad Politécnica de Hong Kong determino un valor promedio para los desperdicios de construcción generados por las obras. Este índice es de 0.10 m3 de desmonte por cada m2 de área techada, entre las 13 obras analizadas por esta institución se obtuvieron valores que oscilaban entre 0.07 m3/m2 y los 0.15 m3/m2.



En el caso de esta investigación se obtuvieron, para el proyecto A valores de desperdicio promedio mayores a los índices presentados por la Universidad de Hong Kong, pese a que se tomaron medidas durante el proyecto que contribuyeron significativamente a disminuir el volumen de desmonte generado, sin embargo, al ser acciones desarrolladas sobre la marcha de la obra no lograron impactar lo suficiente como para llegar a obtener resultados de 0.10 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>, aunque si quedo demostrado la factibilidad de reducir el desmonte mediante, la reducción de desperdicios de materiales como las sobras de ladrillo y reusó de materiales como el mortero sobrante.

Los resultados obtenidos en el proyecto B por otro lado demuestran que una adecuada gestión desde el inicio de una obra y un buen control de los residuos de materiales durante la ejecución del proyecto pueden llevar a la obtención de mejores resultados en cuanto a la gestión de desperdicios, en esta obra, pese a tener una mayor participación de la albañilería (causante de la mayor parte de los residuos de construcción) que el proyecto B género menor cantidad de residuos de materiales que la obra A, igualando al resultado promedio obtenido por la Universidad Politécnica de Hong Kong.

Asumiendo que el proyecto B hubiera tenido resultados similares a los valores promedios de la obra A (pese a que los resultados de esta obra también fueron mejorados) si no hubiera realizado ninguna intervención se habría producido, limpiando, eliminando y acopiando 350 m<sup>3</sup> adicionales de desperdicios generando un impacto significativo en el medio ambiente no solo por el volumen de residuos sino por la contaminación derivada del transporte de dichos desperdicios hasta los botaderos autorizados.



Sería posible e interesante continuar reduciendo aún más los niveles de desperdicio de los materiales en los proyectos, como se mencionó anteriormente en Hong Kong se midieron niveles de desperdicios de hasta 0.07 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>, obras típicas sin ningún tipo de intervención, esto indica que aún queda mucho desperdicio potencial en nuestros procesos que se puede ir reduciendo paulatinamente hasta llevar la huella ecológica de nuestras edificaciones al mínimo.

**b) AL REDUCIR LOS DESPERDICIOS DE MATERIALES SE MEJORA LA PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA.**

Es evidente que cuando se consume mayor cantidad de materiales en algún proceso se están destinando esfuerzos innecesarios al transporte, preparación, colocación o limpieza sin agregarle ningún valor adicional al producto final.

En ese sentido es importante considerar la pérdida directa y la indirecta al analizar la productividad de mano de obra de una cuadrilla, en la actividad de tarrajeo de muros por ejemplo, un operario que está colocando un espesor de tarrajeo mayor al especificado ¿estaría realizando un trabajo productivo o improductivo? I definimos al trabajo productivo como toda aquella actividad que le agrega valor al producto final entonces la respuesta sería negativa pese a que en apariencia el obrero pueda estar trabajando eficientemente.

Del mismo modo un albañil que está generando residuos de ladrillo al cortar las unidades realiza trabajo contributivo y a la vez incrementa la tarea de limpieza de los ayudantes. El presente estudio muestra que al eliminar la generación de residuos, el operario convierte el trabajo contributivo en productivo y el ayudante reduce el tiempo utilizado en trabajos no contributivos al realizar mayor



cantidad de tareas que contribuyen con la construcción del producto final.

### **c) LA REDUCCIÓN DE LOS DESPERDICIOS SIGNIFICA BENEFICIOS ECONÓMICOS PARA LA EMPRESA.**

Existen diferentes beneficios económicos que derivan de la disminución de los desperdicios de materiales, se debe considerar por ejemplo la reducción en el costo de limpieza y disposición final de desechos así como el ahorro en materiales y mano de obra gastados inútilmente.

Ya se ha estimado anteriormente que el proyecto B dejó de generar alrededor de 350 m<sup>3</sup> de desmonte, el ahorro por dejar de eliminar este volumen de basura fue de alrededor de S/: 6,300.00 considerando un costo por disposición final de residuos de construcción de 18 soles /m<sup>3</sup>. En cuanto al ahorro de HH de limpieza de obra se puede estimar que si la obra generaba alrededor de 29 m<sup>3</sup> de desmonte semanal entonces se han dejado de gastar el equivalente a 12 semanas de trabajo en limpieza y si a su vez cada semana se gastaba en promedio 203 HH de limpieza esto significa que se han dejado de consumir 2,436 HH o el equivalente a S/. 28,428.00 si consideramos un costo de HH de 11.37 soles/HH.

Entre los materiales de mayor valor económico tal cual se ha mencionado anteriormente se encuentran el concreto y el acero. Según las mediciones presentadas en la obra solo en los elementos verticales se desperdiciaron un 37 % de material o un equivalente a 183 m<sup>3</sup>, si se estima un P.U. promedio de 250 soles las pérdidas se traducen a S/. 47,750.00 soles, en la comparación entre el vaciado de los elementos verticales y los elementos horizontales se puede apreciar que existe un ahorro de 2.14% en desperdicio (pudiendo

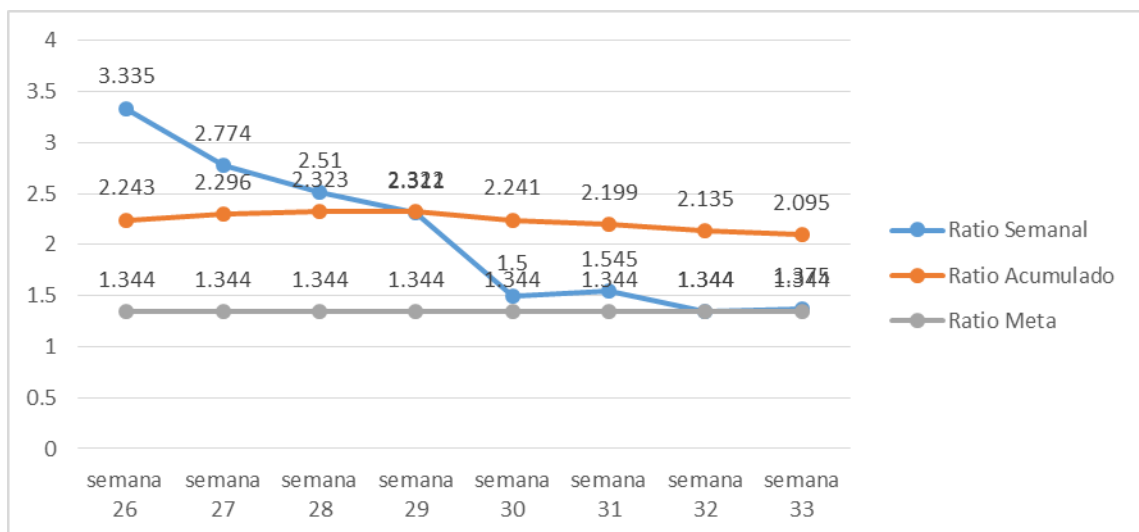


ser mayor si no fuera las fallas de los equipos mecánicos), es decir de haber utilizado un sistema de vaciado tradicional manual la pérdida habrían sido superiores en S/. 12,500.00 soles.

En cuanto al acero de refuerzo se logró un 3% de ahorro frente al presupuesto en la etapa de elementos verticales y un 8% en la etapa de cimentaciones, mientras que se superó en un 1% lo esperado para elementos horizontales, el resultado de esta gestión fue una ganancia de S/. 11,250.00 soles.

Adicionalmente se tiene las mejoras en la productividad de la mano de obra que son difíciles de cuantificar ya que habría que determinar cuánto del rendimiento final de la cuadrilla corresponde a la reducción de desperdicios. En el caso del ladrillo por ejemplo para el proyecto "A" se presentó una disminución de trabajo no productivo de 23% a 12%, en el siguiente grafico se puede apreciar el impacto de la modificación del trabajo productivo en el índice de productividad para la partida de muros de albañilería. Si se considera un valor promedio de 13 soles por HH este grafico nos presenta un ahorro de 1.92 soles por m2 de muro de ladrillo.

Grafico 24. Evolución de los ratios semanales, acumulados y la meta.







## **X. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN.**

### **10.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.**

El presente trabajo es una investigación DESCRIPTIVA, que requiere de una descripción de las características más significativas de las construcciones que se están realizando en nuestro país para ver la influencia que tiene cada una de estas en perjuicio al Medio Ambiente.

La descripción se efectuará con datos cuantitativos obtenidos de la realidad y con conceptos que generalizarán los datos, lográndose el diagnóstico de esta realidad.

### **10.2 NIVEL.**

Identificar las relaciones entre las construcciones que no cuentan con un adecuado control y medición de los desperdicios que emiten constantemente las construcciones y afectan el medio ambiente.

Cada uno de estos niveles de investigación será aplicado de manera sistemática de acuerdo a los grados de información que se obtengan en el proceso de la investigación. Así podemos establecer los niveles: ALTO, MEDIO y BAJO.

### **10.3 MÉTODO Y DISEÑO.**

#### **MÉTODO**

Los métodos aplicados en el presente trabajo de investigación son el descriptivo, analítico, de Síntesis y estadístico, la investigación describe y analiza las construcciones en perjuicio del medio ambiente



## DISEÑO

El diseño que utilizaremos en la investigación será por objetivos, conforme al siguiente esquema:

Objetivo General	Objetivos Específicos	Conclusiones Parciales	Hipótesis General
	OE 1	CP1	Conclusión Final
	OE 2	CP2	
	OE 3	CP 3	

### 10.4 UNIVERSO, POBLACIÓN Y MUESTRA.

Nuestro universo es la provincia de Cusco, en las construcciones.

La muestra será obtenida a partir de un tipo de muestreo probabilística de carácter aleatorio simple.

### 10.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

#### TÉCNICAS.

Las principales técnicas que consideraremos en la investigación son:

- Toma de datos en campo.
- Análisis de datos de campo.
- Observación
- Taller de validación



## **INSTRUMENTOS.**

Los principales instrumentos que utilizaremos en la investigación son:

- Cuadros estadísticos.
- Guía de análisis.
- Guía de Observación



## **XI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

### **11.1 CONCLUSIONES.**

- Esta investigación demuestra que con una buena gestión de desperdicios de materiales de construcción se puede llegar a reducir la generación de residuos sólidos de materiales de construcción mediante los métodos de control y medición que se propone para las diversas actividades en construcción y los principales materiales que se analizaron los cuales generan pérdidas económicas a las empresas y a su vez incrementan el impacto ambiental.
- Con la compra de la máquina de contar ladrillos para el asentado de muros se demostró según los cuadros estadísticos que los tiempos productivos mejoran progresivamente reduciendo los tiempos contributarios y el caso de los ayudantes eliminando el tiempo no contributivo.
- En el caso del mortero se planteó una estrategia de recuperación que permita utilizar de manera práctica, generando así ahorros y disminuyendo el volumen de material a eliminarse. Para la mezcla sobrante del proceso se planteó recolectaría al final del día de los plásticos que protegen las zonas de trabajo de tarrajeo y almacenarlo en una zona diferente al resto de desmonte, al día siguiente ese mismo material era tamizado para retirar grumos de gran tamaño, el material que pasaba la malla se almacenaba en bolsas y se utilizaba como agregado para la fabricación de cajas de válvulas, poyos de concreto, sardineles de duchas y cualquier otro elemento que no requiera una importante resistencia estructural.



Este material podría utilizarse inclusive como agregado para preparar nuevo mortero para asentado de ladrillos o vaceado de contrapiso si se realizan las pruebas de pureza necesarias, sin embargo durante el desarrollo de los proyectos todo el volumen sobrante era consumido en las actividades mencionadas por lo que no se desarrolló esta posibilidad.

- Para el concreto se tomó como medidas la supervisión rigurosa en los enconrados ya que en este proceso constructivo no cumplían con las dimensiones de los elementos estructurales que en los planos decían para los elementos estructurales que estaban en pisos superiores se contrató el uso de una equipo mecánico (winche) que transportaba el concreto y ya no se realizaba manualmente.
- Para el caso del acero como gran parte de esta partida se subcontrató y tuvimos serios problemas con las medidas que en muchos casos no eran lo que los planos estructurales decían, se implementó el control al subcontratista en instalaciones de la obra en donde el personal técnico de la obra tenía contacto directo con el subcontratista.

## **11.2 RECOMENDACIONES.**

- Esta tesis brinda aspectos generales respecto al control de desperdicios en dos obras de construcción ejecutadas, sin embargo aún queda mucho potencial por investigar dentro de este campo, que por la gran cantidad de tiempo y de observaciones que requiere ha sido aún poco trabajado por investigadores en nuestro país.
- En países como Brasil se establecieron programas en donde se asignaban estudiantes de pregrado a un gran número de obras



para realizar el seguimiento de los consumos de materiales y las causas de desperdicio con la finalidad de tener una base de datos mucho mayor y más representativa.

- Se pueden realizar la comparación de los datos obtenidos en el presente trabajo con los que se pueden obtener en otros tipos de proyectos como por ejemplo viviendas económicas, centros comerciales, hospitales, etc. Y de esa manera ir conformando para nuestro país un espectro de indicadores que pueda servirle a los profesionales responsables de las obras para su gestión.
- Finalmente, otro aspecto interesante sobre el cual se ha tratado en este trabajo y que podría merecer un trabajo de profundización es la realización directa que existe entre el desperdicio de materiales y el desperdicios de manos de obra, valorar esos costos puede brindar mayor peso aun a la necesidad del control de os materiales.

## XII. CRONOGRAMA.

ACTIVIDADES	1ra semana	2da semana	3ra semana	4ta semana	5ta semana	6ta semana
Selección de antecedentes.						
Identificación del Problema y Formulación de los Objetivos.						
Antecedentes Bibliograficos.						
Diseño, Hipotesis.						
Elaboracion de las Tecnicas de Recoleccion de Informacion.						
Aplicación y Ejecucion.						
Plan de Analisis e interpretacion de los Datos.						
Desarrollo de la Investigacion.						
Presentacion						



### **XIII. PANEL FOTOGRAFICO.**

Asentado de ladrillo antes de la gestión de desperdicio de materiales de construcción.



Asentado de ladrillo después de la gestión de desperdicio de materiales de construcción.







Mezcla de concreto antes de la gestión de desperdicio de materiales de construcción.



Mezcla de concreto después de la gestión de desperdicio de materiales de construcción.





Transporte de la mezcla de concreto antes de la gestión de desperdicio de materiales de construcción.



Transporte de la mezcla de concreto después de la gestión de desperdicio de materiales de construcción.





Charlas para la mejora continua de la gestión de desperdicio de materiales de construcción.



Control de TP, TC, TNC Y TNP para la mejora continua de la gestión de desperdicio de materiales de construcción.





Mala utilización de los materiales antes de la mejora continua de la gestión de desperdicio de materiales de construcción.



Utilización adecuada de los materiales antes de la mejora continúa de la gestión de desperdicio de materiales de construcción.





Controles de calidad para la mejora continua de la gestión de desperdicio de materiales de construcción.



Controles de calidad para la mejora continua de la gestión de desperdicio de materiales de construcción.





Desperdicios de fierro corrugado antes de la gestión de desperdicio de materiales de construcción.



Fabricación de estructuras después de la gestión de desperdicio de materiales de construcción.





#### **XIV. BIBLIOGRAFÍA**

- SCHENINI, Pedro Carlos; ZUCCARELLI B., Antonio Marius "Gestão de Resíduos da Construção Civil" en COBRAC 2004.
- COSTA, Adriano L; FORMOSO, Carlos T. "Perdas Na Construção Civil – Uma Proposta Conceitual e Ferramentas Para Prevenção" en ENTAC 1998.
- FORMOSO, Carlos T; DE CESARE, Claudia M. "As Perdas Na Construção Civil: Conceitos, Classificações e Seu Papel Na Melhoria Do Setor" 1998.
- FORMOSO, Carlos T; JOBIM, Margaret S.S et AL "Perdas De Materiais Na construção De edificações: Estudo Em Canteiros De Obras No Estado Do Rio Garnde Do Sul", Sao Paulo 1998.
- FORMOSO, Carlos T; ISATTO, Eduardo; HIROTA, Ercilia "Method For waste Control in the Building Industry" en IGLC 2007.
- FORMOSO, Carlos T; ISATTO, Eduardo "A Nova Filosofia Da Produção E A Redução Da Perdas Na Construção Civil" en ENTAC 1998.
- PALIARI, Jose Carlos "Metodologia Para A Coleta E Analise De Informacoes Sobre Consumos E Perdas De Materiais E Componentes Nos Canteiros De Obras De Edifícios" Sao Paulo, 1999.
- PALIARI, Jose Carlos; LEMES DE SOUZA, Ubiraci "Sistema Gesconmat:A Redução Das Perdas De Blocos" en ENTAC 2006.
- PIRES, Rosa; DE MELO, Peixoto; ET AL "Proposta De Uma Classificação De Perdas Para A Construção Civil" Sao Paulo, 1998.
- PIRES, Rosa "Perdas Na Construção Civil: Diretrizes E Ferramentas Para Controle" Porto Alegre, 2001.
- SOIBELMAN, Lucio "As Perdas De Materiais Na Construção De Edificações: Sua Incidencia E Seu Controle" Porto Alegre, 1993.
- FORMOSO, Carlos T; SOIBELMAN, Lucio ET AL "Material Waste in Building Industry: Main Causes and Prevention" en Journal of Construction Engineering and Management, Julio/Agosto 2002.



- GHIO, Virgilio "Productividad En Obras De Construcción: Diagnostico, Critica y Propuesta" Lima, 2001.
- VALDIVIA, Sonia "Instrumentos De Gestión Ambiental Para El Sector Construcción" Lima, 2009
- GALARZA MEZA, MARCOS (PUCP, 2011) Tesis para optar el título de Ingeniero Civil denominado "Desperdicios de materiales en obras de construcción civil"