

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



**CONTROLES DE CALIDAD Y AMBIENTALES EN LOS
PROCESOS DE CONSTRUCCIÓN DURANTE LA FASE DE
EJECUCIÓN DE UN PROYECTO DE EDIFICACIÓN**

**Trabajo de investigación para obtener el grado académico de BACHILLERA
EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN INGENIERÍA CIVIL**

AUTORAS:

Andrea Patricia Ayala Corbacho

Ariana Rojas Murrugarra

**Trabajo de investigación para obtener el grado académico de BACHILLER
EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN INGENIERÍA CIVIL**

AUTORES:

Adrián Rafael Gutiérrez Álvarez

Christian Miguel Clemente Baldeon

Cristian Huanca Zela

ASESOR:

Pablo Fernando Orihuela Astupinaro

Lima, Julio, 2021

Resumen

En el Perú, los lineamientos para realizar los controles de calidad y ambientales durante la fase de ejecución de un proyecto de edificación son elementales y no están establecidos. Por lo tanto, es muy importante definir estos lineamientos en base a especificaciones técnicas, normativa y buenas prácticas. El presente trabajo de investigación tiene como objetivo describir los procesos, los controles de calidad y ambientales que deben realizarse durante la ejecución de procesos constructivos de las partidas más relevantes del pórtico (Estructuras) y acabados gruesos (Arquitectura) en un proyecto de edificación. La metodología propuesta es cualitativa y el diseño de la investigación es no experimental ya que el trabajo se basa en la literatura existente. Como resultados se tiene, para cada partida, la presentación del proceso constructivo desglosado en entradas, procedimiento y salidas; también, el control de calidad basado en tolerancias y; finalmente, el control ambiental que consiste en la identificación de los principales componentes contaminantes de cada partida y recomendaciones de medidas de mitigación. Como conclusión principal se entiende que el presente trabajo debe ser considerado como un punto de partida para el desarrollo de guías y manuales peruanos que estandaricen los controles de calidad y ambientales y, que promuevan las buenas prácticas en la construcción. Además, este tipo de información resulta enriquecedora para la formación de los estudiantes de Ingeniería Civil antes de integrarse al mercado laboral.

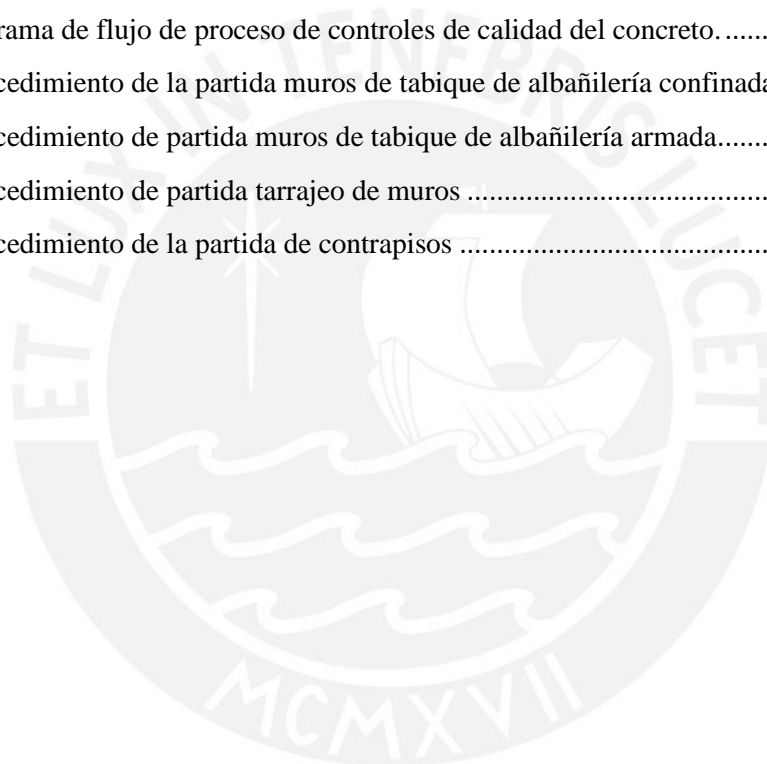
ÍNDICE

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	1
1.1. Descripción del problema.....	1
1.2. Justificación.....	1
1.3. Objetivos	2
1.3.1. Objetivo general	2
1.3.2. Objetivos específicos.....	2
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO	3
2.1. Marco conceptual	3
2.1.1 Proceso constructivo	3
2.1.2 Control de calidad	4
2.1.3 Control ambiental.....	5
2.1.4 Tolerancias de calidad.....	5
2.2. Estado del arte	6
2.2.1 Referencias para el control de calidad en obras de edificación.....	6
2.2.1.1 Norma Técnica Peruana	6
2.2.1.2 Reglamento Nacional de Edificaciones.....	7
2.2.1.3 Manuales de tolerancia internacionales.....	7
2.2.2 Referencias para el control ambiental en obras de edificación	8
2.2.3 Referencias de industrias de construcción del Perú	10
CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA	12
CAPÍTULO 4: RESULTADOS.....	13
4.1. Excavación con talud natural	13
4.1.1. Proceso constructivo	13
4.1.2. Control de calidad	14
4.1.3 Control ambiental.....	16
4.2. Habilitación y colocación de acero en elementos verticales y horizontales.....	17
4.2.1. Proceso constructivo	17
4.2.2. Control de calidad	18
4.2.3. Control ambiental.....	19
4.3 Encofrado de madera en verticales, vigas y losas	20
4.3.1 Proceso constructivo	20
4.3.2 Control de calidad	23
4.3.3 Control ambiental.....	25
4.4. Vaciado de concreto en elementos verticales y horizontales	25
4.4.1. Proceso constructivo	25
4.4.2. Control de calidad	27

4.4.3. Control ambiental.....	28
4.5. Muros de tabique de albañilería confinada.....	29
4.5.1. Proceso constructivo	29
4.5.2. Control de calidad	31
4.5.3 Control ambiental.....	32
4.6. Muros de tabique de albañilería armada.....	33
4.6.1 Proceso constructivo	33
4.6.2 Control de calidad	34
4.6.3 Control ambiental.....	36
4.7. Tarrajeo de muros hechos a mano.....	37
4.7.1. Proceso constructivo	37
4.7.2 Control de calidad	38
4.7.3 Control ambiental.....	39
4.8. Contrapisos premezclados.....	40
4.8.1 Proceso constructivo	40
4.8.2 Control de calidad	41
4.8.3 Control ambiental.....	41
Conclusiones y recomendaciones	43
Referencias bibliográficas.....	46
Anexos.....	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Proceso constructivo según el enfoque del PMI	4
Figura 2. Diagrama de flujo del proceso de muros	9
Figura 3. Procedimiento de la partida excavación con maquinaria.....	14
Figura 4. Procedimiento de la partida habilitación de acero	18
Figura 5. Procedimiento de la partida encofrado de columnas	21
Figura 6. Procedimiento de la partida encofrado de vigas	22
Figura 7. Procedimiento de la partida encofrado de losas aligeradas.....	23
Figura 8. Procedimiento de la partida vaciado de concreto	26
Figura 9. Diagrama de flujo de proceso de controles de calidad del concreto.....	27
Figura 10. Procedimiento de la partida muros de tabique de albañilería confinada.....	30
Figura 11. Procedimiento de partida muros de tabique de albañilería armada.....	34
Figura 12. Procedimiento de partida tarrajeo de muros	38
Figura 13. Procedimiento de la partida de contrapisos	40



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ensayos de concreto fresco	6
Tabla 2. Control de calidad en excavaciones con talud natural	14
Tabla 3. Altura máxima de taludes para ángulos entre 30° y 60°	15
Tabla 4. Altura máxima de taludes para ángulos entre 60° y 90°	16
Tabla 5. Control ambiental en la partida excavaciones.....	16
Tabla 6. Tolerancias de calidad en la habilitación y colocación de acero.....	19
Tabla 7. Control ambiental en la partida de habilitación y colocación de acero.....	19
Tabla 8. Control de calidad en encofrados	23
Tabla 9. Recomendaciones de buenas prácticas para encofrados	24
Tabla 10. Control ambiental de la partida de encofrados.....	25
Tabla 11. Tolerancias de calidad en el concreto premezclado	27
Tabla 12. Control ambiental en la partida vaciado de concreto	28
Tabla 13. Control de calidad en muros de albañilería confinada	31
Tabla 14. Control ambiental en la partida de muros de albañilería confinada	32
Tabla 15. Control de calidad en muros de tabique de albañilería armada.....	34
Tabla 16. Control ambiental en la partida de muros de albañilería armada	36
Tabla 17. Control de calidad en tarrajeo de muros.....	38
Tabla 18. Control ambiental en la partida de tarrajeo de muros	39
Tabla 19. Control de calidad en contrapisos	41
Tabla 20. Control ambiental en partida de contrapisos	41

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1. Descripción del problema

En el contexto peruano de la construcción, se exige el cumplimiento de ciertos estándares de calidad con respecto al producto final, por parte del cliente. Por tal motivo, los principales involucrados en la construcción de una edificación buscan cumplir con dichos márgenes de calidad. No obstante, no hacen un hincapié en el flujo de procesos que se vinculan con la calidad del producto final. Por ejemplo, la dependencia y continuidad entre los procesos de armado de acero en una columna, su posterior encofrado y el vaciado de concreto, tendrán influencia en la calidad de este elemento estructural. Es importante resaltar que, para cumplir con los estándares de calidad del producto final, se debe realizar correctamente todos los procesos que involucran la elaboración de este. Por ello, se deberá tener correctamente definidos las actividades involucradas en estos procesos y los estándares para verificar la calidad de dichas actividades. En el mundo laboral, se conoce como “buenas prácticas” a este conjunto de actividades que aseguran la correcta ejecución de los procesos constructivos. Sin embargo, estos conocimientos solo se transmiten por experiencia y empirismo. Asimismo, la falta de una descripción detallada de estos procesos produce un desconocimiento de los impactos ambientales involucrados con dichos procesos.

1.2. Justificación

Para poder realizar controles de calidad de los procesos constructivos se requiere, en primer lugar, conocer el proceso, identificar los requisitos de calidad y establecer las tolerancias. Dichas referencias están dentro de los llamados “Manuales de tolerancias”, y son imprescindibles pues nos brindan los lineamientos para poder controlar cada paso de la ejecución de los procesos constructivos para finalmente poder certificar que efectivamente el proceso se desarrolla con calidad. Por otro lado, los controles ambientales durante la ejecución de procesos constructivos no siempre se exigen y, por lo tanto, no son considerados en la mayoría de obras de edificación.

Este tipo de lineamientos que son tan elementales no están establecidos en el Perú. Es por esta razón, que es importante definir estas pautas en base a especificaciones técnicas, normativa y buenas prácticas para nuestro país y así poder lograr que los procesos constructivos y finalmente, los proyectos de edificación del país, sean de calidad y las consecuencias ambientales estén debidamente controladas.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Describir los procesos y los controles de calidad y ambientales que deben realizarse durante la ejecución de procesos constructivos de las partidas más relevantes en la construcción de proyectos de edificación en el país

1.3.2. Objetivos específicos

- Describir los procesos constructivos de las partidas más relevantes del pórtico (Estructuras) y acabados gruesos (Arquitectura) en la construcción de un proyecto de edificación
- Describir los controles de calidad durante el proceso y al final de la ejecución de los procesos constructivos
- Especificar las tolerancias de los controles de calidad
- Describir los impactos ambientales en la ejecución de los procesos constructivos para tratar de minimizarlos

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

El marco teórico del presente trabajo de investigación está orientado a revisar conceptos tales como procesos constructivos y tolerancias que están directamente relacionados a los controles de calidad y ambientales de partidas durante la ejecución de un proyecto de edificación. Seguidamente, en el estado del arte se detallarán algunas normas y manuales de tolerancias desarrollados en otros países que servirán como eje de referencia del presente trabajo.

2.1. Marco conceptual

En esta sección del marco teórico se definirán y explicarán algunos conceptos que ayudarán a comprender el enfoque del presente trabajo de investigación.

2.1.1 Proceso constructivo

Se define proceso constructivo al conjunto de fases, sucesivas o solapadas en el tiempo, necesarias para la materialización de una infraestructura (Acurio, 2013). Los proyectos de edificación están conformados por diferentes partidas, es decir, rubros, partes o trabajos agrupados en los que se divide la obra con fines de programación, medición y evaluación. Por ejemplo, habilitación y colocación de acero en placas, muros de mampostería, tarrajeo de muros, etc. Cada partida tiene un proceso constructivo diferente de acuerdo a los requerimientos de esta y dicho proceso tiene diferentes actividades que deben realizarse en un orden establecido para obtener el producto final de dicha partida.

En cuanto a lo que engloba un proceso constructivo, este se puede entender también como un proceso de transformación según el enfoque del PMI (*Project Management Institute*) o también conocido como el enfoque tradicional. Dicho enfoque se basa en descomponer un proyecto en una red de procesos cuyas entradas, salidas, técnicas y herramientas están identificadas y conectadas entre sí. Por otro lado, el enfoque *Lean Construction*, a diferencia del PMI, sí considera los trabajos contributorios, no contributorios y que, luego de la entrada, el proceso no es tan directo como una simple transformación, sino

que hay muchas actividades inherentes denominadas flujos que se deben tener en cuenta ya que generan desperdicios (Orihuela, 2008). Sin embargo, a pesar de que el enfoque Lean permite optimizar de mejor manera los resultados, para el presente trabajo se usará el enfoque del PMI (figura 1) ya que solo se utilizará para la presentación de los procesos constructivos de las partidas seleccionadas.

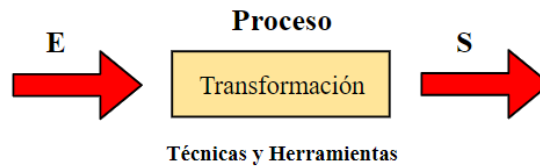


Figura 1. Proceso constructivo según el enfoque del PMI

Nota: Adaptado de “Metodologías estándar de gerencia de proyectos” por Orihuela, 2008.

2.1.2 Control de calidad

El control de calidad de un proyecto de edificación se refiere a un proceso de supervisión que tiene como objetivo asegurar que, durante la construcción de la obra, se cumplan con todas las especificaciones del proyecto, con la normativa de aplicación y con adecuadas condiciones de calidad (Unicontrol, n.d.). Específicamente, si hablamos de procesos constructivos, hay un Input, es decir, entradas, que son las especificaciones técnicas y que estas a su vez engloban normativa tales como la Norma Técnica Peruana elaborada por SENCICO, reglamentos tales como el Reglamento Nacional de Construcción y fundamentalmente las buenas prácticas que se adquieren mediante la experiencia. Si durante el proceso constructivo se siguen estos lineamientos y recomendaciones, el producto de dicho proceso será de calidad.

Sin embargo, al terminar el proceso constructivo, es importante comprobar que lo que se ha hecho está bien y es de calidad, estas comprobaciones son los *Outputs*, es decir, salidas que son los protocolos de calidad. Dichos protocolos se hacen en forma de un *checklist* para verificar todos los aspectos del producto, finalmente, este control que se hace después de haber concluido el proceso constructivo, está directamente relacionado al *Input*, ya

que, si desde el inicio se realizó un trabajo teniendo en cuenta los detalles de calidad, el producto final será de calidad.

2.1.3 Control ambiental

El control ambiental en proyectos de edificación se refiere a un proceso de supervisión que tiene como finalidad la minimización y desaparición de afecciones ambientales (Zabaleta, 2008). Los controles ambientales están bien desarrollados en el ámbito de fabricación de insumos para la construcción, sin embargo, no están adecuadamente establecidos durante la ejecución de un proyecto de ejecución.

En el presente trabajo de investigación se entenderá el término control ambiental como un manual de buenas prácticas que ayudarán a reducir los efectos negativos hacia el ambiente por consecuencia del desarrollo de procesos constructivos. De esta manera, según la partida analizada en la sección de resultados se controlarán aspectos como por ejemplo el control de residuos sólidos, vertimientos de sustancias que contaminen el agua, emisiones de maquinaria que contaminen la atmósfera, etc.

2.1.4 Tolerancias de calidad

Los defectos asociados con la variabilidad tanto dimensional como geométrica se encuentran entre los problemas más comunes y recurrentes durante la etapa de construcción de proyectos. Si nos referimos específicamente a la ejecución de procesos constructivos, los materiales y componentes no se pueden dimensionar y colocar exactamente como fueron diseñados. En este sentido, se define tolerancias de calidad como la cantidad aceptada de variaciones de materiales y componentes respecto al valor nominal o especificaciones de diseño (Talebi et al., 2020).

Existen dos tipos de tolerancias de calidad, en primer lugar, están las tolerancias dimensionales que indican la cantidad permitida de variación de un tamaño específico, por ejemplo, el espesor del tarrajeo. En segundo lugar, están

las tolerancias geométricas que indican la desviación permitida de propiedades geométricas, por ejemplo, la planeidad de superficies en muros.

2.2. Estado del arte

En esta sección del marco teórico, se definirá cómo se desarrollan, actualmente, los controles de calidad y controles ambientales durante la ejecución de proyectos de edificación en el Perú y en otros países. Esto con el fin de recopilar la información más relevante y poder condensarla en el presente trabajo de investigación.

2.2.1 Referencias para el control de calidad en obras de edificación

En esta sección, se describirán las referencias utilizadas para desarrollar el control de calidad de las partidas seleccionadas en el presente trabajo de investigación.

2.2.1.1 Norma Técnica Peruana

La Norma Técnica Peruana fue la principal guía para desarrollar el control de calidad de la partida “Vaciado de concreto”. Esta norma señala métodos de ensayos que garantizan la calidad del concreto en obra.

A continuación, se presentan los ensayos en concreto fresco según la Norma Técnica Peruana (INDECOPI, 2012).

Tabla 1.
Ensayos de concreto fresco

Métodos de ensayos	Norma Técnica Peruana
Especímenes para ensayos de compresión, con curado húmedo estándar	NTP 339.033
Ensayo de compresión	NTP 339.034
Peso unitario y rendimiento	NTP 339.046
Contenido de aire	NTP 339.046, NTP 339.081 o NTP 339.083
Asentamiento	NTP 339.035
Flujo de asentamiento	NTP 339.219

Muestreo del concreto fresco	NTP 339.036
Temperatura	NTP 339.184

Nota: Adaptado de “Norma Técnica Peruana” por Comité de Normalización – INDECOPI, 2012

Se debe verificar que estos ensayos fueron realizados por personal capacitado, de acuerdo a los métodos de ensayo aplicables. Los ensayos de asentamiento o diámetro expandido del concreto, contenido de aire, densidad y temperatura, generalmente se deben realizar en el momento de la colocación del concreto. La frecuencia será de no menos de un ensayo por cada 115 m³. En cada día de entrega se debe realizar al menos un ensayo de resistencia por cada clase de concreto.

2.2.1.2 Reglamento Nacional de Edificaciones

El RNE tiene como objetivo normar los criterios y requisitos mínimos para el diseño y ejecución de habilitaciones urbanas y edificaciones. Además, tiene carácter obligatorio para quienes desarrollen proyectos en el ámbito nacional, debido a que, con su cumplimiento se garantiza la seguridad de las personas, la calidad de los proyectos y la protección del medio ambiente (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2013).

Para el presente trabajo, se trabajó principalmente con la Norma E.060, específicamente el artículo 6 “Encofrados, elementos embebidos y juntas”. De este artículo se rescataron las tolerancias establecidas para desarrollar el control de calidad de la partida de encofrado.

2.2.1.3 Manuales de tolerancia internacionales

Se realizó, también, una revisión de los siguientes manuales extranjeros de tolerancia, para reunir los controles de calidad pertenecientes a las partidas que se presentarán.

Manual de tolerancia de calidad - Colombia. Tiene como objetivo relacionar la calidad del producto final con el aspecto estético, esto se realiza a través de mediciones efectivas que garanticen un buen producto al momento de entregar el bien inmueble al cliente (Botero, L., Vásquez, A., Orozco, A., Acevedo, 2017).

Manual de tolerancia de calidad - Chile. Tiene como objetivo entregar tolerancias para las principales partidas de construcción en las que se pueda contar con un parámetro de medida que permita orientar el desarrollo de la partida (Cámara chilena de la construcción, 2009). Del presente, se obtienen los detalles respecto a las tolerancias de calidad para los procesos constructivos de las partidas de muros de albañilería y tarrajeo de muros.

Guía de normas y tolerancias - Australia. Tiene como objetivo detallar los estándares técnicos y las tolerancias de calidad para lograr estándares aceptables de trabajos de construcción hechos con mano de obra en edificios de viviendas. Esta guía fue desarrollada ser usada como referencia por constructores y propietarios de edificios, además, proporciona orientación sobre áreas de normas de construcción que no están cubiertas por la legislación australiana (Victorian Building Commission, 2007).

Manual de control de obras y servicios – Brasil. Este manual se desarrolló con el fin de promover la mejora de la calidad, seguridad, productividad y eficiencia de la industria de construcción civil. Su propósito es resaltar la verificación de los principales elementos acompañados de sus respectivos parámetros de aceptación (Sérgio, P., Etor, C., Medeiros, 2007).

2.2.2 Referencias para el control ambiental en obras de edificación

Para desarrollar las plantillas de control ambiental durante la ejecución de los procesos constructivos de las partidas seleccionadas, se tomó como referencia documentos de investigación enfocados en el tema de impacto ambiental durante la construcción.

En primer lugar, se debe analizar cuáles son las actividades, dentro de los procesos constructivos, que generarán impactos negativos al medio ambiente. Para ello, se tomó como punto de partida una tesis de maestría enfocada en desarrollar una metodología de tratamiento de procesos constructivos para disminuir el impacto ambiental durante el proceso de ejecución de obras civiles (Araujo, 2019). Lo que se rescata de dicha investigación es que se proponen diagramas de flujo de los procesos constructivos que generan mayor impacto ambiental. De esta manera, para cada proceso constructivo, se listan las actividades a desarrollar y, para cada actividad, se determinan los contaminantes relacionados. A continuación, se presenta un ejemplo de dichos diagramas de flujo para el proceso constructivo completo de muros.

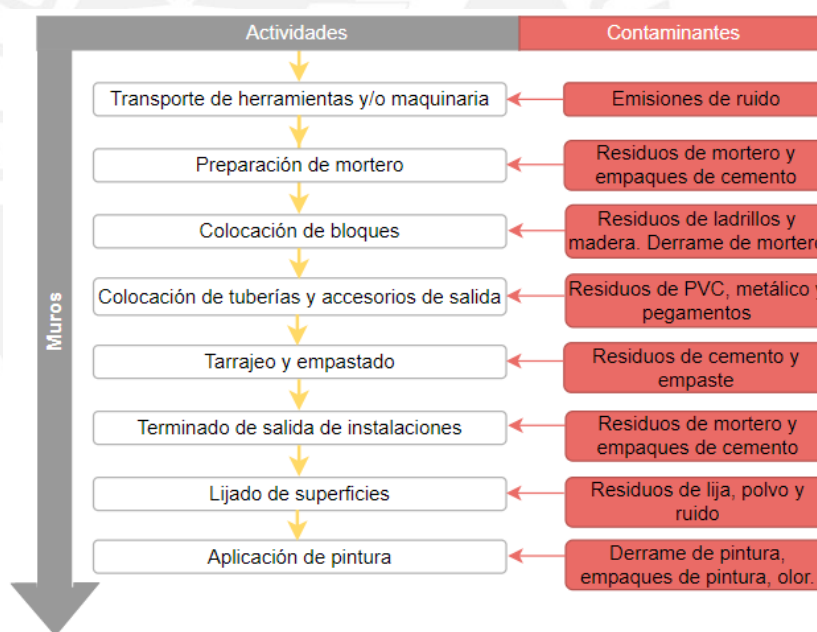


Figura 2. Diagrama de flujo del proceso de muros

Nota: Adaptado de “Metodología de tratamiento de procesos constructivos para disminuir el impacto ambiental en la ejecución de viviendas en la región de Tacna, 2017” por Araujo, 2019.

En segundo lugar, se debe analizar cuáles son las posibles soluciones que se pueden plantear para disminuir el impacto ambiental de los procesos constructivos durante su ejecución. Para ello, se tomó como referencia un

estudio colombiano que desarrolla de estrategias ambientales que contribuyan a la reducción de los impactos ambientales en la ejecución de obras de ingeniería civil. Dicho estudio tiene como objetivo analizar las operaciones que se realizan en una obra civil, con el fin de identificar cuáles son las principales causantes de contaminación. Además, mencionan como la normatividad y legislación colombiana aplica y ejerce control en cada uno de los mismos y finalmente se plantean diferentes soluciones y alternativas para que cada empresa constructora pueda implementarlas en sus quehaceres diarios (Cruz, 2015).

En tercer lugar, se tomaron referencias que estudian contaminantes específicos durante algunos procesos constructivos. Por ejemplo, se analizó una tesis que tuvo como propósito investigar y analizar todo lo relacionado con los impactos ambientales que se producen por el uso de maquinaria en proyectos de construcción en Ingeniería Civil (Erick et al., 2016).

2.2.3 Referencias de industrias de construcción del Perú

Como último tipo de referencias, se estudiaron las desarrolladas por industrias de construcción peruanas. En primer lugar, se tienen empresas concreteras como Concremax, la cual ofrece un manual que indica buenas prácticas a desarrollar durante el proceso constructivo y recomendaciones para garantizar óptimos resultados, todo para el uso del concreto premezclado (CONCREMAX, 2012). Por otro lado, se tiene al UNACEM (Unión Andina de Cementos S.A.A.), que ofrece un manual de construcción que consta de 28 fichas que permiten conocer paso a paso la construcción de una vivienda y se explica de manera práctica cada fase de la construcción (Suárez, 2020). De estas dos primeras referencias, se extrajo información valiosa para desarrollar los controles de calidad y controles ambientales de la partida “Vaciado de concreto en elementos verticales y horizontales”.

En segundo lugar, corporaciones como Aceros Arequipa también ofrecen información referente a buenas prácticas durante la ejecución de procesos constructivos. Por ejemplo, se tiene el Manual del Maestro Constructor, el cual brinda los conocimientos básicos y describe las buenas

prácticas para poder ejecutar con calidad los procedimientos constructivos (Aceros Arequipa, 2010). También, se extrajo información de *webinars* realizados por Aceros Arequipa, como “Proceso constructivo para placa acabado rústico”. Esta información fue utilizada principalmente en las partidas “Encofrados” y “Habilitación y colocación de acero” desarrolladas en el presente trabajo de investigación.



CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA

El tipo de investigación del presente trabajo es cualitativo, debido a que no existen mediciones numéricas en el desarrollo de presente. Asimismo, el diseño de la investigación es no experimental, puesto que el trabajo no requiere manipulación de variables ni experimentación; en cambio, requiere de la literatura existente. Además, para el desarrollo del presente trabajo de investigación se aplicó un método sintético, que permite obtener la información más relevante para cada tema.

La investigación contempló cuatro etapas: selección de las partidas, recolección de literatura acerca de los procesos constructivos, recolección de tolerancias de controles de calidad y recolección de medidas de mitigación de impactos ambientales.

1. Selección de partidas:

Para la selección de partidas se tomó en consideración las partidas más relevantes del Pórtico (Estructura) de una edificación y los acabados gruesos de la Arquitectura.

2. Recolección de literatura de los procesos constructivos:

Para esto, se utilizaron especificaciones técnicas, reglamentos, normas y manuales de buenas prácticas de ejecución de procesos constructivos.

3. Recolección de tolerancias de controles de calidad:

Las tolerancias fueron obtenidas de manuales de tolerancia de países que ya tienen estos manuales. Además, se extrajeron de normas técnicas, que en algunos casos especifican tolerancias o límites máximos y mínimos.

4. Recolección de medidas de mitigación:

En esta sección se propone actividades que mitiguen los impactos ambientales de los procesos constructivos de las partidas seleccionadas. Para ello, se tomó en cuenta los posibles contaminantes del agua, aire, suelo, la generación de residuos sólidos, contaminación acústica, entre otros.

CAPÍTULO 4: RESULTADOS

En esta sección se desarrollarán el proceso constructivo desglosado en entradas, procedimiento y salidas, el control de calidad y el control ambiental de las partidas más relevantes de un proyecto de edificación. Cabe resaltar que en la parte de procedimiento de los procesos constructivos de las diferentes partidas se presentarán diagramas que resumen las actividades de cada proceso y el detalle de cada uno de los procedimientos se adjuntará en los anexos.

4.1. Excavación con talud natural

4.1.1. Proceso constructivo

a) Entrada

Materiales:

- Madera
- Alambre #16
- Yeso
- Clavos de 2"
- Martillo

Herramientas y maquinaria:

- Wincha
- Retroexcavadora
- Volquetes

b) Procedimiento

Se detalla el procedimiento para excavaciones masivas de edificaciones que no requieren calzaduras.

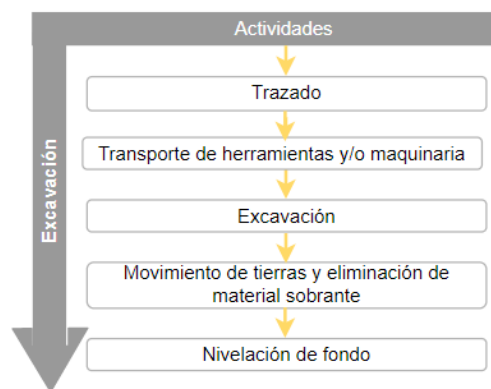


Figura 3. Procedimiento de la partida excavación con maquinaria

Nota: Adaptado de “Metodología de tratamiento de procesos constructivos para disminuir el impacto ambiental en la ejecución de viviendas en la región de Tacna, 2017” por Araujo, 2019.

c) Salida

Como resultado se entrega la excavación hasta la cota requerida con una base nivelada para que sea posible iniciar con los trabajos de cimentación.

4.1.2. Control de calidad

El control de calidad se centrará en la verificación de que el trazo y replanteo y la cota de fondo de la excavación estén acorde a las especificaciones de los planos. Además, se incluirán medidas de control de riesgos para evitar problemas con los taludes durante la excavación.

Tabla 2.

Control de calidad en excavaciones con talud natural

Tolerancias	Verificación
1. Inspecciones	
Control del desbroce y los trabajos de replanteo	Verificar de manera visual que se haga una correcta limpieza del terreno y verificar con herramientas de medición que el trazo y replanteo estén según las especificaciones de los planos.
Control de cota de fondo y taludes	Verificar con herramientas topográficas que la cota de fondo sea la requerida según los planos y que los taludes tengan un ángulo recomendado (ver tablas 3 y 4)
2. Control de riesgos	

<p>Altura crítica: Máxima profundidad que se puede excavar un talud en forma vertical sin entibaciones. $-H_c = 1.3q_u/y$ $-H_s = H_c * FS$ Donde: q_u = resistencia al corte de una muestra inalterada y = densidad natural del terreno FS = factor de seguridad (entre 1.1 y 2)</p>	<p>Verificar con herramientas de medición como equipo topográfico que la altura crítica del talud esté dentro de lo recomendado para evitar riesgos</p>
<p>Distanciamiento de sobrecarga: Las fórmulas de altura crítica pueden usarse siempre y cuando la sobrecarga (por ejemplo, maquinaria) se encuentre a una distancia "d". $d \geq H_s$ Donde: d = distancia entre el talud y la ubicación de la sobrecarga</p>	<p>Verificar con herramientas de medición que la sobrecarga se encuentre a una distancia mayor o igual a "d" para evitar la posibilidad de que los taludes colapsen</p>

Nota: Adaptado de "Control de riesgos en excavaciones" por (Asociación Chilena de Seguridad, 2016).

A continuación, se presenta, en las tablas 3 y 4, la altura máxima de una excavación según el ángulo del talud, el tipo de terreno y su resistencia a compresión simple.

Tabla 3.
Altura máxima de taludes para ángulos entre 30° y 60°

Tipo de terreno	Ángulo de talud	Resistencia a compresión simple R_u en kg/cm ²				
		0.250	0.375	0.500	0.625	≥ 0.750
		H max en metros				
Arcilla y limos muy plásticos	30	2.40	4.60	6.80	7.00	7.00
	45	2.40	4.00	5.70	7.00	7.00
	60	2.40	3.60	4.90	6.30	7.00
Arcilla y limos de plasticidad media	30	2.40	4.90	7.00	7.00	7.00
	45	2.40	4.10	5.90	7.00	7.00
	60	2.40	3.60	4.90	6.30	7.00
Arcilla y limos poco plásticos, arcillas arenosas y arenas arcillosas	30	4.50	7.00	7.00	7.00	7.00
	45	3.20	5.40	7.00	7.00	7.00
	60	2.50	3.90	5.30	6.80	7.00

Nota: Adaptado de "Metodología para la ejecución y control de excavaciones en sótanos para edificios" (Moscozo, 2011).

Tabla 4.
 Altura máxima de taludes para ángulos entre 60° y 90°

Resistencia a compresión simple Ru en kg/cm ²	Peso específico en g/cm ³				
	2.2	2.1	2	1.9	2.8
	H máx en metros				
0.25	1.06	1.10	1.15	1.20	1.25
0.30	1.30	1.35	1.40	1.45	1.50
0.40	1.70	1.80	1.90	2.00	2.10
0.50	2.10	2.20	2.30	2.45	2.60
0.60	2.60	2.70	2.80	2.95	3.10
0.70	3.00	3.15	3.30	3.50	3.70
0.80	3.40	3.60	3.80	4.00	4.20
0.90	3.90	4.05	4.20	4.45	4.70
1.00	4.30	4.50	4.70	4.95	5.20
1.10	4.70	4.95	5.20	5.20	5.20
>=1.2	5.20	5.20	5.20	5.20	5.20

Nota: Adaptado de “Metodología para la ejecución y control de excavaciones en sótanos para edificios” (Moscozo, 2011).

4.1.3 Control ambiental

Tabla 5.
 Control ambiental en la partida excavaciones

Excavación masiva y por elementos
Objetivo
Mitigar la contaminación ambiental producida por las herramientas y materiales usados en la presente partida.
Contaminantes
Emisiones de polvillo por excavaciones de suelos con contenido de material.
Gases contaminantes expulsados por las maquinarias
Residuos sólidos: Material excavado
Derrame de aceites, combustibles y/o sustancias no biodegradables.
Contaminación acústica producida por maquinarias y equipos
Medidas de mitigación/ Actividades a desarrollar
Realizar una verificación de bajas emisiones en las fichas técnicas de las maquinarias.
Realizar una aspersión de agua en zonas con potencial para generar polvo al realizar las excavaciones
Proteger las zonas de acumulación del material excavado del transporte por medio del agua o viento
Realizar el transporte en volquetes del material excavado, sin exceder el límite de carga y cubrirse con capas para evitar la dispersión por agentes externos.
Destinar un lugar de almacenaje para los combustibles, aceites y material no degradable

Revisar periódicamente el sistema y almacenaje de combustibles. Estos no deben presentar fugas o potencial peligro de infiltración al suelo.
Realizar un correcto manejo de residuos. Se recomienda realizar subcontratos con especialistas en la eliminación de residuos. Asimismo, verificar la eliminación en rellenos sanitarios autorizados
En caso de necesitar rellenos, en lo posible se debe reutilizar el material extraído en la excavación.
Verificar que los equipos y maquinaria cuenten con silenciadores de escape y que estén en correcto estado de funcionamiento.
Realizar controles de nivel sonoro de equipos y maquinarias, mediante la instalación de equipos insonorización y mantenimiento adecuado

Nota: Adaptado de “Ficha ambiental y plan de manejo ambiental para el proyecto de construcción de la plataforma gubernamental de gestión de desarrollo social” por (INMOBILIAR, 2013).

4.2. Habilitación y colocación de acero en elementos verticales y horizontales

4.2.1. Proceso constructivo

a) Entrada

Materiales:

- Acero corrugado (Varillas)
- Alambre negro #16 o #8

Herramientas y maquinaria:

- Arco de sierra
- Trampas metálicas para doblado de acero
- Tubos metálicos para doblado de acero
- Mesa de trabajo de madera.
- Cizalla manual
- Cizalla eléctrica
- Tronzadora de acero
- Tortol
- Tiza
- Andamios normados.
- Garruchas para andamios
- Banco de Acero
- Maquina dobladora (manual o eléctrica)

b) Procedimiento

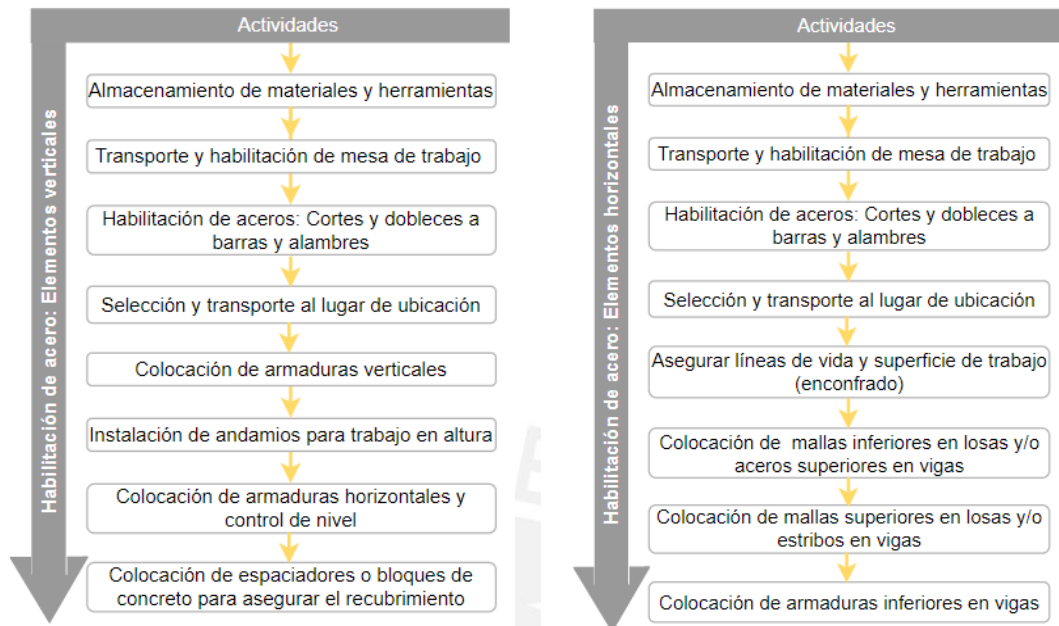


Figura 4. Procedimiento de la partida habilitación de acero

Nota: Adaptado de “Proceso constructivo para placa acabado rústico” por (Palomino, 2020).

c) Salida

Como resultado se entrega un armado de acero, tanto para elementos verticales como horizontales, adecuado que cumple con las especificaciones de espaciamiento, recubrimiento, amarrado de armadura y buenos empalmes. Este es el entregable para que se inicie con la siguiente partida que sería el encofrado de elementos verticales y horizontales.

4.2.2. Control de calidad

Controles:

- Verificación de la información de las barras, certificado de calidad, especificaciones y reportes adicionales
- Verificación del estado óptimo de las barras antes de su habilitación y antes de su colocación.
- Control de radios mínimos de doblez en armaduras, para evitar la fisuración del refuerzo.

Tolerancias:

Tabla 6.

Tolerancias de calidad en la habilitación y colocación de acero

Tolerancias	Verificación
1. Recubrimiento	<p>*Los recubrimientos están definidos en el plano, deben obedecer lo que está descrito en las especificaciones.</p> <p>*Los recubrimientos se pueden medir con instrumentos de medición tales como reglas graduadas, winchas, etc.</p>
Cuando la dimensión del elemento es menor o igual a 10 cm: +0.6 cm, -1cm	
Cuando la dimensión del elemento está entre 10 cm a 30 cm: +1.0 cm	
Cuando la dimensión del elemento está entre 30cm a 60 cm: +1.3 cm	
Cuando la dimensión del elemento es mayor a 60 cm: +1.3 cm	
2. Distancia entre refuerzos	<p>*Las distancias entre refuerzos están definidas en el plano, se debe obedecer las especificaciones técnicas y las distancias definidas en el plano</p> <p>*Las distancias entre refuerzos se pueden medir con instrumentos de medición tales como reglas graduadas, winchas, etc.</p>
Mayor a 2.5cm para refuerzos simples	
Mayor a 2.5cm o 2 veces el diámetro de refuerzo en paquetes de barras.	
Tolerancia en la separación entre barras ± 6 mm	
Tolerancia en la ubicación de puntos de doblado y corte, 50 mm.	

Nota: Adaptado de “Habilitación y colocación de acero” por (Hernández, 2013).

4.2.3. Control ambiental

Tabla 7.

Control ambiental en la partida de habilitación y colocación de acero

Habilitación y colocación de acero en placas
Objetivo
Mitigar la contaminación ambiental producida por las herramientas y materiales usados en la presente partida.
Contaminantes
Producción de residuos y mermas al cortar el acero
Uso de plástico y papel periódico para protección del piso y para almacenaje de acero
Contaminación por residuos sólidos al renovar equipos de protección.
Medidas de mitigación/Actividades a desarrollar
Realizar un control de residuos sólidos y asegurar su eliminación con subcontratistas autorizados.
Reciclar el acero de construcción en obra antes de eliminarlo

Calcular un número exacto de piezas habilitadas para las barras de acero

Hacer uso de herramientas de buena eficiencia energética.

Nota: Recomendaciones extraídas de la guía informativa “Manejo de residuos de construcción y demolición” por (Ministerio del Ambiente, 2012).

4.3 Encofrado de madera en verticales, vigas y losas

4.3.1 Proceso constructivo

El presente proceso constructivo descrito está basado según el Manual del maestro constructor (Aceros Arequipa, 2010).

ENCOFRADO DE COLUMNAS

a) Entrada

Materiales:

- Tableros
- Barrotes
- Puntales
- Tablas de 1” y 1 ½” de espesor.
- Desmoldante: Gasolina

Herramientas:

- Regla metálica
- Alambre N° 8
- Wincha
- Plomada
- Martillo
- Alicata
- Brocha

b) Procedimiento

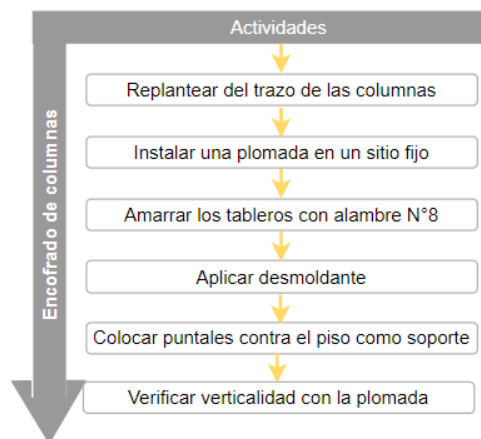


Figura 5. Procedimiento de la partida encofrado de columnas

Nota: Adaptado de “Manual del maestro constructor” por (Aceros Arequipa, 2010).

c) Salida

El entregable es el molde listo para la siguiente partida que sería el vaciado del concreto fresco.

ENCOFRADO DE VIGAS

a) Entrada

Materiales:

- Barrotes de 2”x3” o 2”x4” de sección
- Tornapuntas
- “T”, cabezales, pies derechos y las crucetas
- Tablas de 1” y 1 ½” de espesor
- Desmoldante: Gasolina

Herramientas:

- Regla metálica
- Alambre N° 8
- Wincha
- Plomada
- Martillo
- Alicata

- Brocha

b) Procedimiento

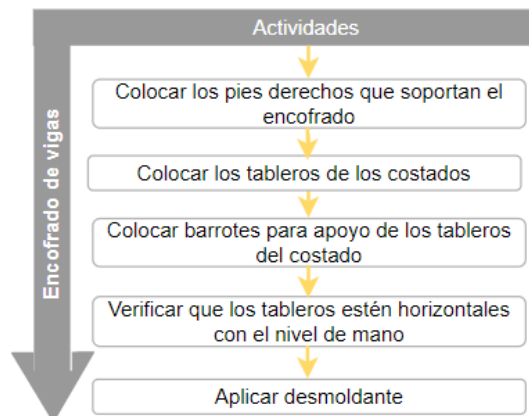


Figura 6. Procedimiento de la partida encofrado de vigas

Nota: Adaptado de “Manual del maestro constructor” por (Aceros Arequipa, 2010).

c) Salida

El entregable es el molde listo para la siguiente partida que sería el vaciado del concreto fresco.

ENCOFRADO DE LOSAS ALIGERADAS

El techo aligerado está conformado por viguetas, losa y ladrillos huecos.

Los ladrillos miden 30 cm de ancho y de largo, además tienen diferentes alturas, pueden ser de 12 cm, 15 cm ó 20 cm.

b) Entrada

Materiales:

- Tablones de 1 ½” de espesor por 8” de ancho
- Soleras de 2”x4” de sección
- Pies derechos (o puntales) de 2”x3” de sección
- Frisos de 1 ½” de sección, altura según espesor del techo
- Desmoldante: Gasolina

Herramientas:

- Regla metálica
- Alambre N° 8

- Wincha
- Plomada
- Martillo
- Alicate
- Brocha

b) Procedimiento

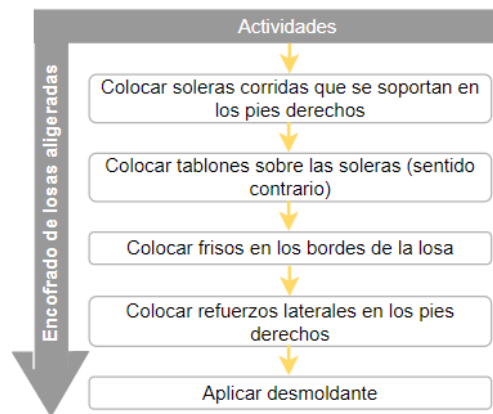


Figura 7. Procedimiento de la partida encofrado de losas aligeradas

Nota: Adaptado de “Manual del maestro constructor” por (Aceros Arequipa, 2010).

c) Salida

El entregable es el molde listo para la siguiente partida que sería el vaciado del concreto fresco.

4.3.2 Control de calidad

*Adaptado del RNE y de “Uso de madera en encofrados para la construcción en el Perú” (SENCICO, 2016).

*Se debe verificar que la madera cumpla con los requisitos y el respectivo control de calidad del material antes de su uso.

Tabla 8.

Control de calidad en encofrados

Tolerancias	Verificación
1. Dimensiones	Las verificaciones de dimensión se pueden realizar con un equipo topográfico o con herramientas de medición tales como winchas y reglas graduadas
Dimensiones de la sección transversal de vigas, columnas y espesor de losas y muros están dadas por: $i = \pm 0.25(dB)^{1/3}$	
2. Posición	

<p>Posición de los ejes de columnas y muros respecto a los ejes indicados en los planos será:</p> <p>*En un paño de 6m o menos $i = \pm 1.3\text{cm}$</p> <p>*En un paño de 12m o más $i = \pm 2.5\text{cm}$</p> <p>*En un paño entre 6 y 12m, se interpolará i</p>	<p>Las verificaciones de posición se pueden realizar con un equipo topográfico o con herramientas de medición tales como winchas y reglas graduadas</p>
<p>Tolerancia admisible en el nivel de losas entre dos pisos consecutivos no será en ningún punto mayor de:</p> <p>$i = \pm 0.25(\text{dB})^{1/3}$, respecto a lo indicado en los planos</p>	
<p>3. Uso</p> <p>La madera tornillo (la más usada para encofrados en el Perú) debe ser usada hasta en 3 obras como máximo antes de ser eliminada</p>	<p>Se debe tener un correcto registro del número de veces que la madera ha sido usada en encofrados para verificar que no se exceda del límite sugerido</p>

Nota: Adaptado de “Reglamento Nacional de Edificaciones” por (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2013) y “Uso de madera en encofrados para la construcción en el Perú” por (SENCICO, 2016).

A continuación, se listan algunas recomendaciones para asegurar que el proceso constructivo de encofrados será de calidad.

Tabla 9.

Recomendaciones de buenas prácticas para encofrados

Recomendaciones	Verificación
1. Encofrados	
Deberán estar correctamente alineados, cumplir con los perfiles y dimensiones que se requieren según los planos	Los perfiles y dimensiones del encofrado deben obedecer a lo establecido en los planos
Deberán ser suficientemente rígidos para evitar deformaciones debido a la presión del concreto	Verificar visualmente que no haya deformaciones, también se pueden verificar la dimensiones con herramientas topográficas
Los arriostramientos y uniones deben garantizar la estabilidad y rigidez de la estructura	
Deberán tener la cantidad de usos determinados en el expediente técnico según el material que se utilizará	Verificar en el expediente que el número de usos del encofrado no pase de lo permitido según el material empleado
Deberán tener un sello hermético para evitar que la lechada del concreto fluya por las juntas del encofrado	Verificar visualmente que no haya fugas de lechada de concreto a través del encofrado

Deberán estar limpios y con una aplicación de desmoldante para facilitar el desencofrado	Verificar visualmente la limpieza y el correcto colocado del desmoldante por toda la superficie interna del encofrado que tendrá contacto con el concreto
------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Nota: Adaptado de “Planteamiento integral de gestión de la calidad aplicada a los procedimientos constructivos en dos edificios de 17 pisos” por (Napura, 2008) y “Control de calidad de encofrados en obra” por (Vargas, 2016).

4.3.3 Control ambiental

Tabla 10.

Control ambiental de la partida de encofrados

Encofrado de elementos estructurales
Objetivo
Mitigar la contaminación ambiental producida por las herramientas y materiales usados en la presente partida.
Contaminantes
Emisiones de polvillo por el uso de sierra circular en corte de madera.
Contaminación del agua por la limpieza de herramientas.
Contaminación debido a los desperdicios de materiales (madera, alambre, etc.).
Medidas de mitigación/Actividades a desarrollar
Usar ductos extractores de polvo en las zonas de trabajo con sierra circular.
Optimizar la cantidad de materiales como las planchas de madera o metálicas, alambre, acero, etc.
Reutilizar las planchas de madera o metálicas para otros elementos.
Recoger y reutilizar al agua utilizada de la limpieza de las máquinas y las herramientas.
Hacer uso del tratamiento de las aguas residuales de la limpieza y de la elaboración de mezcla.

Nota: Adaptado de “Guía práctica de encofrados” por (Instituto Vasco de Seguridad y Salud Laborales, 2007).

4.4. Vaciado de concreto en elementos verticales y horizontales

4.4.1. Proceso constructivo

a) Entrada

Herramientas y maquinarias:

- Camión mixer
- Bomba telescópica, bomba estacionaria, grúa torre o brazo hormigonador

- Vibrador incluida manguera de vibrado
- Andamios
- Regla de aluminio (en el caso de elementos horizontales)
- Termómetro¹

Materiales:

- Concreto premezclado
- Curador químico o agua

b) Procedimiento

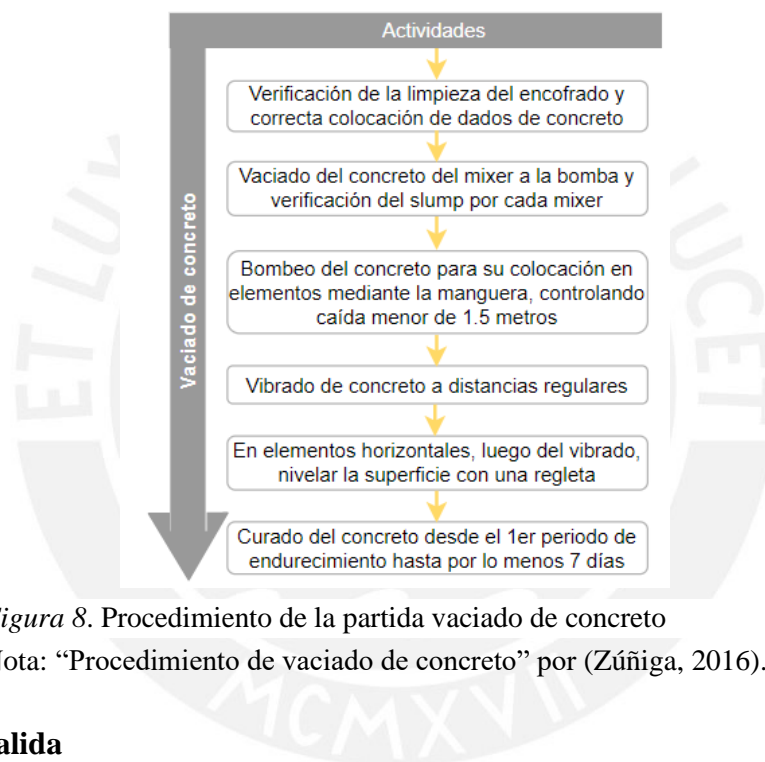


Figura 8. Procedimiento de la partida vaciado de concreto
 Nota: “Procedimiento de vaciado de concreto” por (Zúñiga, 2016).

c) Salida

Como resultado se entrega un elemento de concreto uniforme con la resistencia especificada y las superficies limpias y nivelada (se busca siempre que se cumpla esto; en caso contrario, se nivela con el contrapiso). Esto para las partidas posteriores como:

- Elementos verticales: solaqueo y tarrajeo.
- Elementos horizontales: contrapiso y cielo raso.

¹ En caso el proyecto se encuentre en una zona con temperaturas altas (mayor a 35°C)

4.4.2. Control de calidad

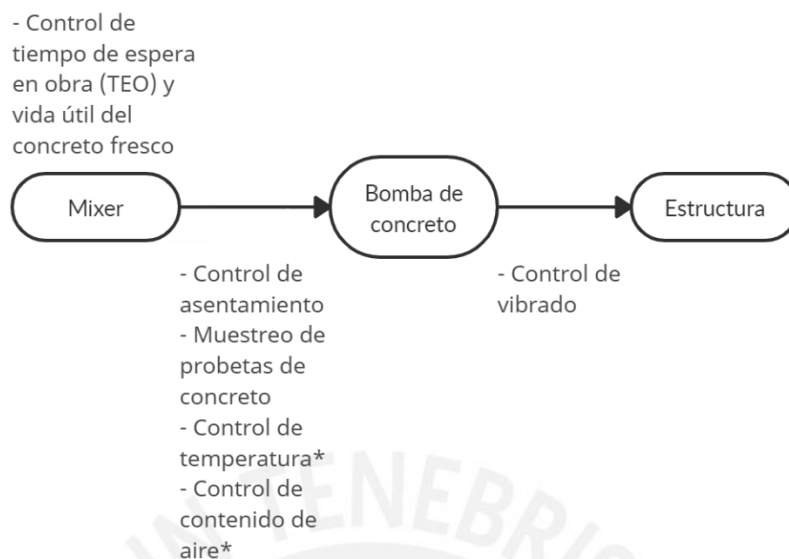


Figura 9. Diagrama de flujo de proceso de controles de calidad del concreto.

Nota: Adaptado de “Procedimiento de vaciado de concreto” por (Zúñiga, 2016).

Para el control de calidad del concreto premezclado se tomó como referencia la NTP 339.114-2012 – Concreto premezclado (INDECOPI, 2012).

Tabla 11.
Tolerancias de calidad en el concreto premezclado

Tolerancias	Verificación
1. Tolerancia de asentamiento	Los ensayos de asentamiento se tomarán después de la descarga del 15%. Si los asentamientos de las muestras difieren en más de: 1 pulgada, para un asentamiento promedio de 4" o menos 1.5 pulgada, para un asentamiento promedio de 4" a 6"
Cuando el asentamiento se establece como un requisito máximo	
Si asentamiento especificado es 3" o menos	
Tolerancia en exceso: 0, Tolerancia en defecto: 1.5"	
Si asentamiento especificado es 3" o más	
Tolerancia en exceso: 0, Tolerancia en defecto: 2.5"	
Cuando el asentamiento se establece como un rango de valores o un valor nominal	Si sucede esto, no se utilizará el camión mezclador, a menos que estas condiciones sean corregidas.

Asentamiento: 2" o menos, Tolerancia: 0.5"	Este ensayo se realizará de acuerdo a la norma NTP 339.035
Asentamiento: entre 2" y 4", Tolerancia: 1"	
Asentamiento: más de 4", Tolerancia: 1.5"	
2. Tolerancia del diámetro expandido del concreto auto compactado	Este ensayo se realizará de acuerdo a la norma NTP 339.219
Diámetro: 22" o menos, Tolerancia ± 1.5 "	
Diámetro: 22" o más, Tolerancia ± 2 "	Para cada ensayo de resistencia se debe elaborar por lo menos dos probetas normalizadas a partir de una muestra compuesta. Un ensayo individual debe ser el promedio de las resistencias de dos probetas ensayadas a la edad especificada (generalmente, 28 días).
3. Resistencia	
Para cumplir con los requisitos de la presente norma NTP 339.114-2012 y la sección 5.6.3.3 del ACI-318R, los ensayos de resistencia deben cumplir lo siguiente:	
1. El promedio aritmético de tres pruebas consecutivas es igual o mayor a la resistencia especificada $f'c$	
2. Ningún resultado individual de la prueba de resistencia (promedio de dos probetas) será menor que $f'c$, por más de 35 kg/cm ² , si $f'c$ es menor que 350 kg/cm ² o por más de 0.10 $f'c$, si es mayor de 350 kg/cm ²	

Nota: Adaptado de NTP 339.114-2012 – Concreto premezclado por (INDECOPI, 2012).

Los valores de asentamiento mostrados son referenciales, la norma nos indica que el comprador puede especificar tolerancias con valores menores.

Nota: En caso no se cumpla con los requisitos de resistencia de la norma, el comprador y fabricante tomarán un acuerdo para que se haga el ajuste, si es que existe. En caso contrario, se realizará un arbitraje mediante tres ingenieros calificados.

4.4.3. Control ambiental

Tabla 12.
Control ambiental en la partida vaciado de concreto

Vaciado de concreto
Objetivo
Reducir contaminación del aire y del agua.
Prevenir, reciclar y eliminar residuos sólidos
Controlar la contaminación sonora
Contaminantes
Gases contaminantes expulsados por las maquinarias
Aceites, combustibles y/o sustancias no biodegradables
Residuos sólidos: Mermas de concreto

Ruidos o emisiones acústicas producidas por las maquinarias y equipos
Medidas de mitigación/Actividades a desarrollar
Realizar revisiones técnico-mecánicas a las maquinarias y equipos.
Adoptar acciones correctivas cuando sea requerido, para que con los ajustes se pueda cumplir con las emisiones contempladas en la normativa*
Instalar barreras o superficies que permitan la recolección de aceites, combustibles y/o sustancias no biodegradables.
Revisar periódicamente que el sistema de combustible no presente fugas, y que debe estar alejado de corrientes superficiales con señalamiento adecuado.
En los mantenimientos de las maquinarias en obra, se debe colocar plásticos sobre el suelo de un espesor tal que no infiltre los líquidos.
En caso de derrame accidentales, se debe atender el accidente removiendo el líquido inmediatamente
Verificar que los equipos y maquinarias cuenten con sus respectivos silenciadores en los tubos de escape, en correcto estado de funcionamiento.
Controlar los niveles sonoros de los equipos y maquinarias, mediante instalación de equipos de insonorización y mantenimiento adecuado.

Nota: Adaptado de “Impactos ambientales producidos por el uso de maquinaria en el sector de la construcción” por (Erick et al., 2016).

4.5. Muros de tabique de albañilería confinada

4.5.1. Proceso constructivo

a) Entrada

Materiales:

- Arena gruesa y cemento
- Mortero preparado
- Ladrillos King Kong

Herramientas:

- Regla metálica
- Nivel para verificar la posición de los ladrillos y el nivel de enrase de los muros.
- Wincha
- Plomada
- Cepillos con cerdas plásticas para la limpieza.
- Tarros mezcladores, palas y paletas de albañilería.

- Hilos para referencia de niveles.
- Escuadras metálicas y ranuradores para verificar ángulos.

c) Procedimiento

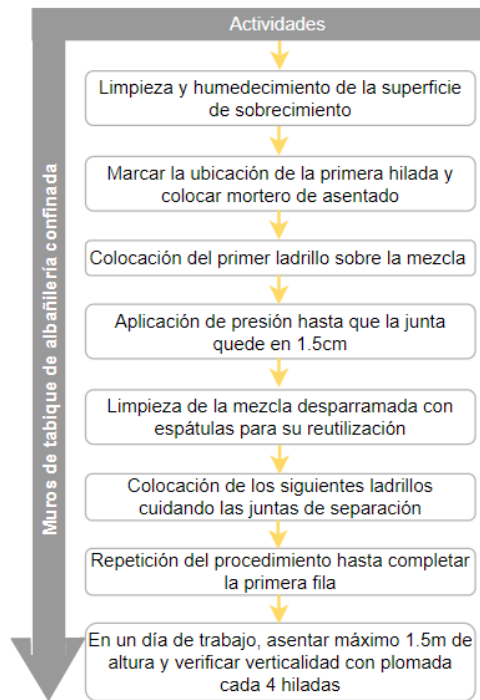


Figura 10. Procedimiento de la partida muros de tabique de albañilería confinada
 Nota: Adaptado de “Guía práctica para la construcción de muros de mampostería” por (Concreto 360, 2013).

c) Salida

Como resultado se entregan muros de ladrillos King Kong que cumplen con las especificaciones de verticalidad, linealidad y adecuado espesor de juntas. El entregable de este proceso son los muros de KK que ahora podrán ser confinados y posteriormente tarrajeados.

4.5.2. Control de calidad

*Los ladrillos deben cumplir con requisitos normativos

Tabla 13.

Control de calidad en muros de albañilería confinada

Tolerancias	Verificación
1. Espesor y linealidad de juntas	*Medir el espesor de juntas con wincha o regla graduada en distintos puntos del paño, para medir se debe usar una zona media de la wincha o regla
Espesor especificado: $10\text{mm} \leq e < 15\text{mm}$, se permite -1mm, +3mm	
Espesor especificado: $15\text{mm} \leq e < 20\text{mm}$, se permite $\pm 3\text{mm}$	
Pérdida de linealidad en junta horizontal: $\pm 4\text{mm}/3\text{m}$	
2. Tolerancias para las unidades de ladrillo	*Contar la cantidad de unidades de ladrillo con fisuras por cada paño y obtener el porcentaje de estas respecto a la cantidad total de ladrillos del paño. Entendiéndose por paño al elemento (muro) contiguo en un eje pudiendo estar o no entre elementos de hormigón.
Máximo porcentaje de unidades con fisuras: 2% por paño	
3. Verticalidad de muros (desviación máxima de la vertical)	*Para alturas menores a 3m se puede usar nivel manual con regla de 2m.
Si $h \leq 3\text{m}$, 0.2% de h	*Si es posible, para alturas de 3m o más, se puede utilizar un plomo o instrumento topográfico.
Si $3\text{m} < h \leq 6\text{m}$, 0.15% de h	*La medición se debe realizar antes de cualquier tratamiento superficial en el paño o parámetro controlado.
Si $6\text{m} < h \leq 12\text{m}$, 0.1% de h	
4. Planeidad de las superficies de muros	*La verticalidad entre unidades adyacentes se puede medir con una plomada.
Planeidad de superficies: $\pm 3\text{mm}/\text{lado alineado}$	*Utilizar regla de 1.2m y colocarla en distintas ubicaciones sobre el paño, luego, medir con una regla pequeña o wincha la diferencia de planeidad entre la regla y el elemento.
Verticalidad entre unidades adyacentes: $\pm 3\text{mm}$	*El alineamiento de la primera hilada se puede medir con una regla de 3m

Alineamiento hilada superior: ±6mm/3m	colocada en forma horizontal sobre ella y con una regla pequeña o wincha medir el desalineamiento entre la regla y los ladrillos.
5. Endentado	
La longitud del diente no debe exceder los 5cm y deberá limpiarse de los desperdicios de mortero y partículas sueltas	*Medir la longitud de los dientes con wincha o regla graduada en cada lado del muro

Nota: Adaptado del “Manual de Tolerancias para Edificaciones”, por (Cámara chilena de la construcción, 2009).

4.5.3 Control ambiental

Tabla 14.

Control ambiental en la partida de muros de albañilería confinada

Muro de ladrillo King Kong
Objetivo
Reducir contaminación del agua y el suelo
Contaminantes
Generación de residuos sólidos: Mermas de ladrillo
Generación de vertimientos en agua: Restos de mortero
Medidas de mitigación/Actividades a desarrollar
Instauración de una zona en el perímetro de la obra para la disposición de residuos sólidos
Instalación de contenedores en la zona de disposición para clasificar residuos en reciclables, reutilizables y no aprovechables
Capacitación del personal de la obra para separación de residuos sólidos
Evitar desperdicios de mortero por mala dosificación, personal no calificado y uso excesivo
Reutilización de restos de mortero
Disposición de agua contaminada en sistemas de alcantarillado y no en fuentes que tengan relación con cuerpos de agua o sistemas de agua potable

Nota: Adaptado de “Metodología de tratamiento de procesos constructivos para disminuir el impacto ambiental en la ejecución de viviendas en la región de Tacna, 2017” por (Araujo, 2019).

4.6. Muros de tabique de albañilería armada

4.6.1 Proceso constructivo

d) Entrada

Equipos y herramientas:

- Regla de Aluminio
- Cordel
- Nivel
- Esponjas
- Roto Martillo
- Soldadora
- Martillo de Goma
- Plomada
- Jarra
- Amoladora
- Alicata

Materiales:

- Ladrillo de concreto
- Acero de refuerzo: Corrugado ASTM A615 Grado 60
- Mortero de asentado: Mezcla dosificada de agua, arena y cemento. Cemento: arena 1:4
- Opcional: Mortero embolsado
- Concreto líquido (Grout): Mezcla dosificada de agua, agregados y cemento. Cemento: arena 1:30
- Alambre negro N°8

e) Procedimiento

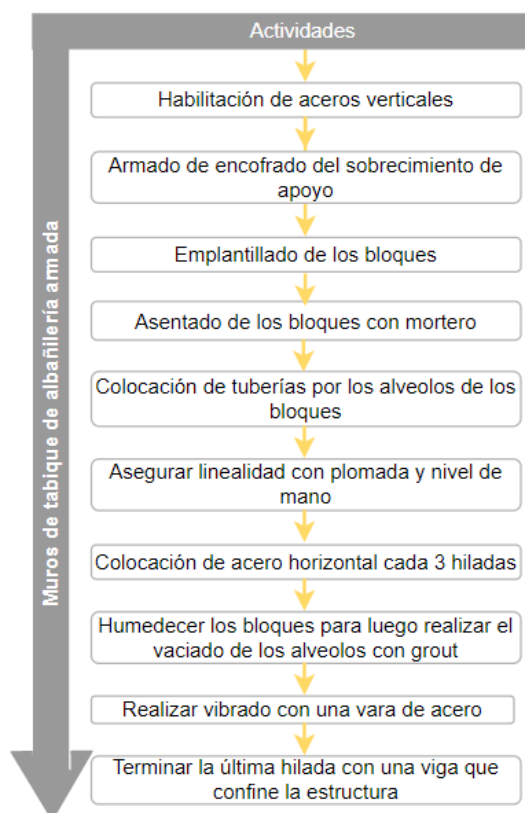


Figura 11. Procedimiento de partida muros de tabique de albañilería

Nota: Adaptado de “Muros de tabiquería con bloques de concreto King Block” por (UNICON, 2017) y “Proceso constructivo de sistema de albañilería armada” por (Cementos Pacasmayo, 2020).

f) Salida

Se entrega un muro que no necesitó encofrado, tiene un fácil tendido de instalaciones debido a los alveolos, y con un mejor acabado, pues no necesita tarrajeo.

4.6.2 Control de calidad

*Los ladrillos deben cumplir con requisitos normativos

Tabla 15. Control de calidad en muros de tabique de albañilería armada

Tolerancias	Verificación
1. Espesor y linealidad de juntas	*Medir el espesor de juntas con wincha o regla graduada en distintos puntos del paño, para medir se debe usar una zona media de la wincha o regla
Espesor de junta vertical especificado:	

10mm ≤ e < 15mm, se permite -1mm, +3mm	
Espesor de junta horizontal especificado: 10mm ≤ e < 15mm, se permite ±3mm	*La linealidad se puede medir con un equipo topográfico o con un nivel manual apoyado con una regla.
Pérdida de linealidad en junta horizontal: ±4mm/3m	*Las verificaciones se deben realizar antes de cualquier tratamiento superficial.
2. Tolerancias para las unidades de ladrillo	*Contar la cantidad de unidades de ladrillo con fisuras por cada paño y obtener el porcentaje de estas respecto a la cantidad total de ladrillos del paño. Entendiéndose por paño al elemento (muro) contiguo en un eje pudiendo estar o no entre elementos de hormigón.
Máximo porcentaje de unidades con fisuras: 2% por paño	
3. Verticalidad de muros (desviación máxima de la vertical)	*Para alturas menores a 3m se puede usar nivel manual con regla de 2m.
Si h ≤ 3m, 0.2% de h	*Si es posible, para alturas de 3m o más, se puede utilizar un plomo o instrumento topográfico.
Si 3m < h ≤ 6m, 0.15% de h	*La medición se debe realizar antes de cualquier tratamiento superficial en el paño o parámetro controlado.
Si 6m < h ≤ 12m, 0.1% de h	
4. Planeidad de las superficies de muros	*La verticalidad entre unidades adyacentes se puede medir con una plomada.
Planeidad de superficies: ±3mm/lado alineado	*Utilizar regla de 1.2m y colocarla en distintas ubicaciones sobre el paño, luego, medir con una regla pequeña o wincha la diferencia de planeidad entre la regla y el elemento.
Verticalidad entre unidades adyacentes: ±3mm	*El alineamiento de la primera hilada se puede medir con una regla de 3m colocada en forma horizontal sobre ella y con una regla pequeña o wincha medir el desalineamiento entre la regla y los ladrillos.
Alineamiento hilada superior: ±6mm/3m	
5. Relleno de alveolos con concreto líquido	*Se rellena los alveolos que tengan el refuerzo vertical deben ser rellenados con grout.
Presentar un valor de slump de 8" a 10"	*El concreto líquido se ejecuta de manera previa a la colocación de cada refuerzo horizontal. *Se debe de realizar el varillado para eliminar el aire atrapado de los alveolos.
6. Acero de refuerzo vertical y horizontal	*Antes de asentar las hiladas en el traslape se deben de amarrar para ajustar que la separación sea múltiplo de 40 cm.
Mantener una separación de acero vertical de múltiplo de 40 cm.	

Varilla de acero horizontal con un doblez de 10 cm en los extremos.	*El refuerzo horizontal se debe colocar cada tres hiladas.
---------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------

Nota: Adaptado de “Manual de Tolerancias Colombia” por (Botero, L., Vásquez, A., Orozco, A., Acevedo, 2017)

4.6.3 Control ambiental

Tabla 16. Control ambiental en la partida de muros de albañilería armada

Muro de ladrillo de concreto
Objetivo
Reducir contaminación del agua y el suelo
Contaminantes
Generación de residuos sólidos: Mermas de ladrillo
Generación de vertimientos en agua: Restos de mortero
Generación de residuos sólidos: Mermas de acero
Medidas de mitigación/Actividades a desarrollar
Instauración de una zona en el perímetro de la obra para la disposición de residuos sólidos
Instalación de contenedores en la zona de disposición para clasificar residuos en reciclables, reutilizables y no aprovechables
Capacitación del personal de la obra para separación de residuos sólidos
Evitar desperdicios de mortero por mala dosificación, personal no calificado y uso excesivo
Reutilización de restos de mortero
Disposición de agua contaminada en sistemas de alcantarillado y no en fuentes que tengan relación con cuerpos de agua o sistemas de agua potable
Reciclaje de acero.

Nota: Adaptado “Metodología de tratamiento de procesos constructivos para disminuir el impacto ambiental en la ejecución de viviendas en la región de Tacna, 2017” por (Araujo, 2019) y “Desarrollo de estrategias ambientales que contribuyan a la reducción de los impactos ambientales en la ejecución de obras de Ing. Civil” por (Cruz, 2015).

4.7. Tarrajeo de muros hechos a mano

4.7.1. Proceso constructivo

El procedimiento de tarrajeo varía ligeramente de acuerdo al elemento a tarrajar (muro, columna, viga, cielo raso), usándose macilla de cemento y agua o sólo espolvoreado de cemento con el fin de que exista una buena adherencia del elemento con el mortero. En este caso se detalla el proceso y los controles de calidad y ambiental del tarrajeo manual de muros.

a) Entrada

Materiales:

Para la mezcla se necesita:

- Arena fina
- Cemento
- Agua
- Opcional: mortero embolsado

La cantidad de cada material dependerá de la cantidad de mezcla deseada. Además, actualmente ya se venden bolsas de tarrajeo listo que reemplazan a la arena fina y al cemento.

Herramientas:

- 1 frotacho de madera
- 1 espátula
- 1 batea
- 1 juego de guantes
- 1 madera lisa
- 1 regla de aluminio

b) Procedimiento

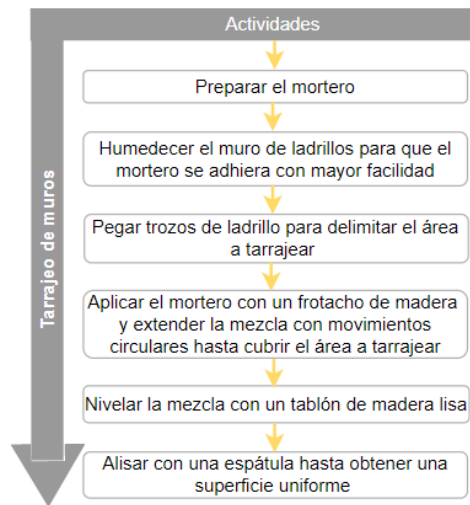


Figura 12. Procedimiento de partida tarrajeo de muros

Nota: Adaptado de “Control de Calidad Tarrajeo de Muros” por (Conssolida - Ciudadaris Inmobiliaria, n.d.).

c) Salida

Como resultado se entregan muros tarrajeados manualmente debidamente alisados con un espesor de cada adecuado. El entregable son los muros tarrajeados para posteriormente iniciar con la siguiente partida que sería la pintura de los muros.

4.7.2 Control de calidad

Tabla 17.
Control de calidad en tarrajeo de muros

Tolerancias	Verificación
1. Inspección previa	Se limpia la superficie del área a tarrajear del muro. Además, se verifica con plomada y se usa la amoladora para nivelar en caso se requiera. Además, se usa el rotomartillo para puntear y asegurar la adherencia del mortero en el muro.
Limpieza y liberación de superficies	
Verificaciones de espesor de tarrajeo (los trazos y puntos de referencia deben tener	Se verifica la distancia entre muros de acuerdo a los planos y se coloca

tolerancias máximas de 2 mm)	los puntos de referencia con trozos de ladrillo o mayólica.
Protección de puntos de instalaciones	Se ubican y protegen los puntos eléctricos, de agua, desagüe y los pases.
Seguridad y señalización	Se verifica el uso de señalizaciones en fachadas y zonas de riesgo. Además del correcto armado de andamios o plataformas de trabajo.

Nota: Adaptado de “Control de Calidad Tarrajeo de Muros” por (Conssolida - Ciudadaris Inmobiliaria, n.d.).

4.7.3 Control ambiental

Tabla 18.
Control ambiental en la partida de tarrajeo de muros

Tarrajeo de muros
Objetivo
Mitigar la contaminación ambiental producida por las herramientas y materiales usados en la presente partida.
Contaminantes
Emisiones de polvo y CO2 por el uso de amoladoras y rotomartillo.
Contaminación del agua por la limpieza de herramientas para tarrajeo como cilindros, reglas, etc.
Uso de plástico y papel periódico para protección del piso.
Contaminación debido a los restos de mortero y otros materiales.
Medidas de mitigación/Actividades a desarrollar
Usar carcasas de agua para amoladora.
Usar ductos extractores de polvo en las zonas de trabajo con amoladoras y rotomartillos.
Optimizar la cantidad de plástico, rehusándolo y proporcionándole bien de acuerdo al área de trabajo.
Recoger y reutilizar al agua utilizada de la limpieza de las máquinas y las herramientas.
Hacer uso del tratamiento de las aguas residuales de la limpieza y de la elaboración de mezcla.
Evitar uso de combustibles fósiles como petróleo para el uso de las herramientas.

Nota: Adaptado de “Control Ambiental Tarrajeo de Muros” por (Conssolida - Ciudadaris Inmobiliaria, n.d.).

4.8. Contrapisos premezclados

4.8.1 Proceso constructivo

Es la superficie que se utiliza para darle acabado al concreto. Se recomienda que tenga un espesor de al menos 5 cm.

a) Entrada

Equipos y herramientas:

- Bomba de concreto
- Equipo topográfico o manguera transparente
- Regla de aluminio
- Espátula metálica, frotacho, palas y buguis

Materiales:

- Concreto premezclado $f'c=175$ kg/cm² de slump 6"-8"
- Cemento, arena gruesa, confitillo, agua

b) Procedimiento

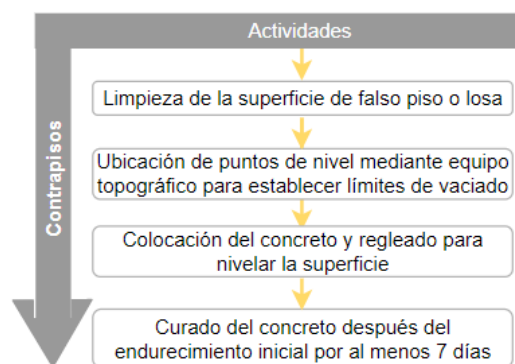


Figura 13. Procedimiento de la partida de contrapisos

Nota: Adaptado de “Falso piso y contrapiso” por (Nina, n.d.).

c) Salida:

Como producto de este proceso se obtiene una superficie nivelada, la cual servirá para el lucido o la colocación de pisos de parquet, vinílico, mayólica, etc., de acuerdo a las especificaciones técnicas del proyecto.

4.8.2 Control de calidad

Tabla 19.
Control de calidad en contrapisos

Tolerancias	Verificación
1. Inspección	Se limpia la superficie piso a ejecutar. Además, se usa el rotomartillo y/o amoladora para realizar la limpieza de restos de concreto endurecido u otro impedimento posible para la partida.
Limpieza y liberación de superficies	
Seguridad y señalización	Se verifica el uso de señalizaciones en fachadas y zonas de riesgo. Además de cerrar toda el área de trabajo.
Dimensiones de la partida	El vaciado del contrapiso se hará por paños alternados en forma de damero, con una dimensión máxima de 6 m de los lados y con un espesor entre 7.5 cm y 10 cm como máximo.
Endurecimiento y cuidado posterior	Cuando el contrapiso de haya endurecido, de tal manera que la superficie no se deforme ni la regla se desprenda con facilidad, se sacarán los cartones que sirvieron de guía. Después de este endurecimiento, se tendrá un curado de al menos 7 días.

Nota: Adaptado de “Control de Calidad Contrapiso” por (Conssolida - Ciudadaris Inmobiliaria, n.d.).

4.8.3 Control ambiental

Tabla 20.
Control ambiental en partida de contrapisos

Contrapiso
Objetivo
Mitigar la contaminación ambiental producida por las herramientas y materiales usados en la presente partida.
Contaminantes
Emisiones de polvo y CO ₂ por el uso de amoladoras y rotomartillo.
Contaminación del agua por la limpieza de herramientas para tarrajeo como cilindros, reglas, etc.
Uso de plástico y papel periódico para protección de piso y muros.
Contaminación debido a los restos de mortero y otros materiales.
Medidas de mitigación/Actividades a desarrollar
Usar carcasas de agua para amoladora.
Usar ductos extractores de polvo en las zonas de trabajo con amoladoras y rotomartillos.
Optimizar la cantidad de plástico, rehusándolo y proporcionándole bien de acuerdo al área de trabajo.

Recoger y reutilizar al agua utilizada de la limpieza de las máquinas y las herramientas.
Hacer uso del tratamiento de las aguas residuales de la limpieza y de la elaboración de mezcla.
Evitar uso de combustibles fósiles como petróleo para el uso de las herramientas.

Fuente: Adaptado de “Control Ambiental de Contrapiso” por (Conssolida - Ciudadaris Inmobiliaria, n.d.).



Conclusiones y recomendaciones

En base a la recopilación de literatura para la realización del presente trabajo de investigación, cuyo objetivo fue describir los procesos, los controles de calidad y ambientales que deben realizarse durante la ejecución de proyectos de edificación en el país, se puede concluir lo siguiente:

En primer lugar, al revisar toda la literatura que concierne a los controles de calidad de procesos constructivos, se pudo notar que en el Perú no existe un Manual de Tolerancias como los de Colombia y Chile que especifican, de manera sencilla, todos los detalles para obtener productos finales de calidad con aspectos estéticos aceptables. Por otro lado, tampoco existen guías tales como la de Australia que ayuda a constructores con detalles sobre algunas áreas de construcción que no están muy bien especificadas en su normativa.

En segundo lugar, la NTP 339.114-2012 de concreto premezclado brinda tolerancias de asentamiento, de diámetro expandido de concreto compactado en milímetros. Sin embargo, en las obras se controla las medidas de estos ensayos en pulgadas; por lo que, fue necesario convertir las unidades. Asimismo, el control de temperatura y del aire incorporado no se realiza frecuentemente en los proyectos. Por un lado, la temperatura no se controla en lugares considerados no cálidos, debido a que siempre se cumple con la temperatura máxima de concreto fresco. Por otro lado, el porcentaje de aire incorporado raramente se controla en las obras, puesto que no se cuenta con el equipo necesario.

En tercer lugar, en base al trabajo realizado se pudo determinar que la limpieza dentro de los procesos constructivos es muy importante. En el caso de elementos de concreto armado, si se tiene elementos extraños como madera, tierra, etc. se puede disminuir la resistencia del elemento. Además, en el proceso constructivo del contrapiso, se puede generar el “cajoneo”, que es un despegue del contrapiso de la losa; si no se realiza la limpieza del polvo o excesos del concreto encima de la losa.

En cuarto lugar, con respecto a la partida de encofrados, se ha explicado la manera tradicional del armado. Sin embargo, el uso del armado de encofrado de madera, solo sería válido si es que la estructura tiene características estructurales sencillas, no posee una gran extensión vertical ni horizontal y tiene restricciones económicas. Esto se menciona, ya que, si se tuviera que construir una estructura que tiene un plazo ajustado de ejecución, sería mejor optar por un tipo de encofrado metálico o prefabricado, pues, además de ahorrar tiempo, se ahorraría dinero en inversión de horas hombre en dicha partida.

En quinto lugar, la capacitación del personal influye en la calidad de los procesos constructivos. Por un lado, si el encargado de este tipo de controles tiene un cierto conocimiento en cuanto a la verificación de las tolerancias será más exigente en cuanto a la calidad del producto. Por otro lado, si el obrero está bien capacitado según el tipo de proceso constructivo que ejecuta, el producto cumplirá con los controles de calidad establecidos.

En sexto lugar, con el desarrollo del control ambiental realizado para las partidas seleccionadas, se rescató que en el país no existen tolerancias que especifiquen cuales son los límites máximos permitidos de contaminantes que pueden ser emitidos. Lo que se tiene determinado son guías y recomendaciones de buenas prácticas para reducir la contaminación generada durante la ejecución de procesos constructivos, sin embargo, dichas recomendaciones no son medibles por lo que no se tienen estándares para este tipo de controles en obra. Además, se pudo identificar que no se promueve la inclusión de profesionales que se dediquen netamente al control ambiental en obras de construcción y que estén capacitados para realizar mediciones cuantitativas de contaminantes.

Finalmente, el trabajo presentado se desarrolló con el fin de promover la mejora de la calidad de los procesos constructivos de un proyecto de edificación, además, el propósito es el de servir como punto de partida para un posible desarrollo de un Manual de Tolerancias de Calidad peruano que estandarice los controles de calidad y que permita promover las buenas prácticas en la construcción. Además, se ofrecieron tablas relacionadas a los controles ambientales de cada una de las partidas presentadas con el objetivo de determinar cuáles son los principales contaminantes de cada proceso constructivo y las posibles medidas de mitigación que se podrían desarrollar durante la ejecución de los proyectos con el fin de crear conciencia y cuidar el medio ambiente.

Recomendaciones

- En el presente trabajo se seleccionaron las principales partidas del pórtico (estructuras) y acabado gruesos (arquitectura), sin embargo, resulta importante considerar también las partidas más relevantes del casco estructural como las instalaciones empotradas y las partidas de acabados finos como pintura, enchapes, carpintería de madera y metálica, etc. Los acabos finos, en particular, pues representan un porcentaje importante del presupuesto y su calidad es más valorada por parte de los clientes.
- Sería recomendable incluir información sobre instrumentación para realizar controles ambientales y, de esta manera, poder ofrecer medidas o actividades de mitigación más estandarizadas según el tipo de contaminante.
- Se recomienda que los controles de calidad sean realizados durante todo el proceso, es decir, durante la ejecución y al finalizar el proceso constructivo.
- Resultaría interesante describir los procesos constructivos con la filosofía *lean* en la que se considere el modelo de flujo de procesos ya que considera las pérdidas a diferencia del modelo tradicional usado en el presente trabajo.

Referencias bibliográficas

- Aceros Arequipa. (2010). *Manual Del Maestro Constructor*. *Revista de La Construcción*, 27.
- Acurio, C. (2013). *Análisis de los procesos constructivos del colector de aguas residuales “Victor Hugo” de la ciudad de Ambato y optimización de la evacuación de los caudales de descarga*. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952.
- Araujo, L. (2019). *Metodología de tratamiento de procesos constructivos para disminuir el impacto ambiental en la ejecución de viviendas en la región Tacna*. Financial Distress. <http://www.upt.edu.pe/upt/web/home/contenido/100000000/65519409>
- Asociación Chilena de Seguridad. (2016). *Control de Riesgos en Excavaciones*. *Sector Construcción*, 40. https://www.achs.cl/portal/Comunidad/Documents/2_Manual_de_seguridad_en_excavaciones.pdf
- Botero, L., Vásquez, A., Orozco, A., Acevedo, A. (2017). *Manual de tolerancias para edificaciones en Colombia*.
- Cámara chilena de la construcción. (2009). *Manual de Tolerancias para edificaciones*.
- Cementos Pacasmayo. (2020). *Proceso constructivo de sistema de Albañilería Armada*. <https://www.youtube.com/watch?v=QFFiu23pWx0>
- CONCREMAX. (2012). *Concreto Premezclado*.
- Concreto 360. (2013). *Guía para la construcción de muros de mampostería*. <https://www.360enconcreto.com/blog/que-hacer-cuando/construccion-de-muros-en-mamposteria>
- Consolida - Ciudadaris Inmobiliaria. (n.d.). *Control de calidad de tarrajeo de muros*. Retrieved July 12, 2021, from <https://www.360enconcreto.com/blog/que-hacer-cuando/construccion-de-muros-en-mamposteria>
- Cruz, A. (2015). *Desarrollo de estrategias ambientales que contribuyan a la reducción de los impactos ambientales en la ejecución de obras de ingeniería civil*. 99–117.
- Erick, M. C. J., Miranda, G., & Sandra, D. (2016). *Impactos ambientales producidos por el uso de maquinaria en el sector de la construcción*. *Revista CENIC. Ciencias Biológicas*, 152(3), 28.
- Hernández, H. (2013). *Habilitado y colocación del acero de refuerzo - Supervisión de Estructuras de Concreto y de Acero*. <https://sites.google.com/site/construyetuingenio2013/construccion-de-estructuras-de-concreto-reforzado/Habilitado-y-colocacin-del-acero-de-refuerzo>
- INDECOPI. (2012). *Norma Técnica Peruana NTP 339.114 - Concreto*. *Concreto Premezclado*. 39.
- INMOBILIAR. (2013). *Ficha ambiental y Plan de manejo ambiental para el proyecto de construcción de la plataforma gubernamental de gestión de desarrollo social*. 1–54.
- Instituto Vasco de Seguridad y Salud Laborales. (2007). *Guía práctica de encofrados* (OSALAN, Ed.).
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2013). *Reglamento Nacional de Edificaciones*. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.

- Ministerio del Ambiente. (2012). *Guía informativa de manejo de RCD en obras menores*.
- Moscozo, L. (2011). *Metodología para la ejecución y control de excavaciones en sótanos para edificios*.
- Napauri, P. (2008). *Planeamiento integral de gestión de la calidad aplicada a los procedimientos constructivos en dos edificios de 17 pisos*.
- Nina, R. (n.d.). *Falso piso y contrapiso*.
- INDECOPI. (2012). *Norma Técnica Peruana*.
- Orihuela, P. (2008). *Metodologías Estándar de Gerencia de Proyectos*. 1–4.
- Palomino, G. (2020). *Proceso constructivo para placa acabado rústico [Webinar]*.
https://www.facebook.com/watch/live/?v=3340051536112210&ref=watch_permalink
- SENCICO. (2016). *Uso de la madera en encofrados para la construcción en el Perú*.
https://issuu.com/catalogosencico/docs/libro_sencico_madera_encofrado_1
- Sérgio, P., Etor, C., Medeiros, K. (2007). *Manual de controle de obras e servicos Itens de Verificação e Parâmetros de Aceitação*.
- Suárez, A. F. A. E. (2020). *Manual de construcción*. In *Manual de construcción*.
<https://doi.org/10.2307/j.ctv138407f>
- Talebi, S., Koskela, L., Tzortzopoulos, P., & Kagioglou, M. (2020). *Tolerance management in construction: A conceptual framework*. *Sustainability (Switzerland)*, 12(3).
<https://doi.org/10.3390/su12031039>
- UNICON. (2017). *Muros de tabiquería con bloques de concreto King Block*.
<https://docplayer.es/143204191-Muros-de-tabiqueria-con-bloques-de-concreto-king-block.html>
- Unicontrol. (n.d.). *Control de calidad en obras de construcción*. Retrieved June 5, 2021, from
<https://unicontrolsl.com/control-de-la-calidad-de-la-obra/>
- Vargas, Luis. (2016). *Control de calidad de encofrados en obra*.
<http://ingenieriayconstruccion929.blogspot.com/2015/09/control-de-calidad-de-encofrados-en-obra.html>
- Victorian Building Commision. (2007). *Guide to Standards and Tolerances*. 1–70.
- Zabaleta, J. (2008). *Programa de control y vigilancia ambiental*. 1–23.
- Zúñiga, M. (2016). *Procedimiento para vaciado de concreto*.

Anexos

Anexo 1. Detalle del proceso constructivo de la partida excavación con maquinaria

Anexo 2. Detalle del proceso constructivo de la partida habilitación y colocación de acero en elementos verticales y horizontales.

Anexo 3. Detalle del proceso constructivo de la partida encofrado de verticales, vigas y losas

Anexo 4. Detalle del proceso constructivo de la partida vaciado de concreto en elementos verticales y horizontales

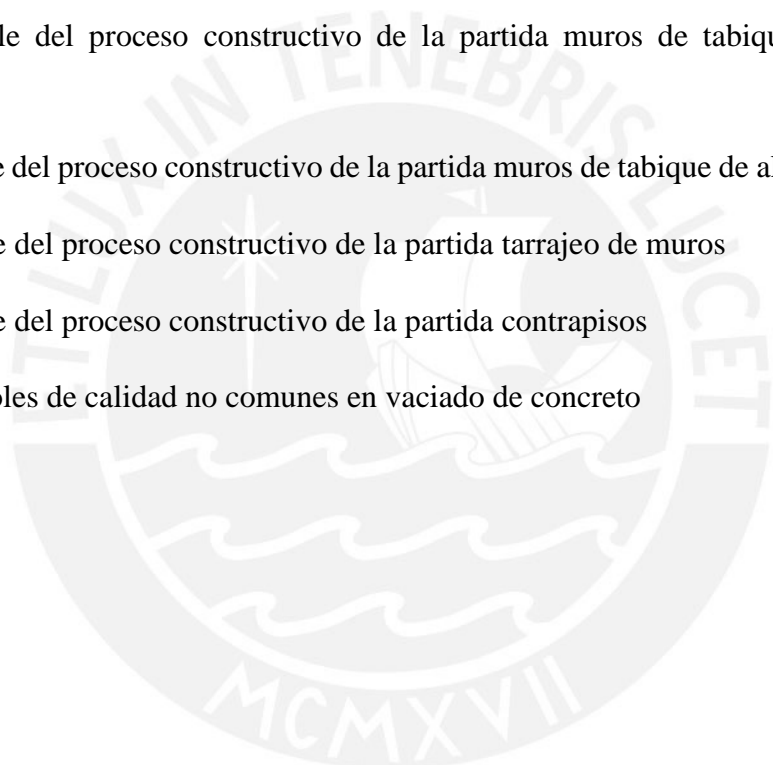
Anexo 5. Detalle del proceso constructivo de la partida muros de tabique de albañilería confinada

Anexo 6. Detalle del proceso constructivo de la partida muros de tabique de albañilería armada

Anexo 7. Detalle del proceso constructivo de la partida tarrajeo de muros

Anexo 8. Detalle del proceso constructivo de la partida contrapisos

Anexo 9. Controles de calidad no comunes en vaciado de concreto



Anexo 1. Detalle del proceso constructivo de la partida excavación con maquinaria

- Realizar el desbroce si existiera vegetación en el terreno a excavar.
- Realizar el trazo, nivel y replanteo en el terreno según los planos. Con la madera, martillo, clavos, alambre y wincha se delimita el área de excavación en el terreno. Una vez que el área del terreno se encuentra delimitado, se realiza el trazo colocando el yeso para marcar los límites de la excavación.
- Extracción de tierras y desmonte. La pala cargadora o la retroexcavadora inicia con la excavación del área delimitada hasta llegar a la cota de fondo especificada en los planos.
- Transporte y descarga. Las palas o retroexcavadoras cargan el material excavado hacia los volquetes para su transporte y su posterior descarga.
- Nivelación de fondo.



Anexo 2. Detalle del proceso constructivo de la partida habilitación y colocación de acero en elementos verticales y horizontales.

Procedimiento para elementos verticales

Almacenamiento:

- Se debe almacenar correctamente los aceros y alambres que se usaran para construir la armadura. Se recomienda crear una superficie elevada y cubrir estos elementos para evitar el ataque de agentes externo como el agua, oxígeno, etc.

Transporte a la mesa de trabajo:

- Previamente al transporte, se debe habilitar la mesa de trabajo para los trabajos de corte y habilitación de acero de los elementos estructurales.
- Se traslada los materiales, maquinarias y herramientas a la mesa de trabajo. Se debe evitar interrumpir con el tránsito de obreros en la obra.

Habilitado

- Después de habilitar la mesa de trabajo y las herramientas de trabajo, se procede con la habilitación de aceros. En esta fase se realiza los dobleces y cortes de aceros y alambres según lo especificado en los planos estructurales. Los dobleces se hacen en frío y mediante el uso de tubos o trampas para cumplir con el radio mínimo de doblado. Los cortes se hacen al frío y mediante el uso de herramientas de corte como la tronadora de acero. En adición, se puede hacer uso de la maquina dobladora (manual o eléctrica), para disminuir el esfuerzo necesitado por los obreros. No obstante, tener en consideración el espacio de la palanca manual o de la fuente de energía eléctrica de la dobladora eléctrica.

Transporte al elemento estructural

- Después de habilitar las piezas, se clasifican y transportan solo los elementos que serán colocados. El jefe de cuadrilla se encarga que las piezas de acero no se apoyen directamente sobre el terreno; asimismo, se encarga de la disposición de los equipos y herramientas en la zona de trabajo.

- Se realiza el trazo de ubicación del elemento vertical a habilitar, este procedimiento lo realizan los especialistas topográficos y sirve para definir la correcta ubicación de los elementos

Colocación:

- En el caso de elementos verticales, se colocan los elementos verticales en conjunto con los estribos necesarios. Estas piezas de acero se aseguran entre sí mediante el amarrado con alambres #16 o #8. Se hace el correcto espaciamiento de estribos y verificación de empalmes.
- Posterior al armado de elementos verticales, se hace un control de nivel para determinar la ubicación de los elementos horizontales, en las placas serían los refuerzos horizontales. Se recomienda empezar armando 3 refuerzos horizontales distribuidos a lo alto de la placa y completar los restantes, por cada malla de refuerzo horizontal. Este proceso facilita la colocación de las mallas horizontales.
- Se instalan bloques de concreto en la base de los refuerzos verticales, en el caso de la cimentación, y en las zonas en contacto con el encofrado. Este proceso asegura cumplir con los recubrimientos mínimos; asimismo, se instalan separadores de PVC, según los requerimientos de diseño. Para placas estructurales, se recomienda en uso de separadores de acero que se amarraran a la malla mediante alambres #16 o #8.
- Al ser elementos verticales, este se considerará un trabajo en altura; por ende, se realiza la instalación de andamios normados; asimismo, se realiza el traslado de las herramientas y piezas necesarias para la colocación de refuerzos y separadores.

Verificación

- Se realizan las verificaciones de espaciamiento, recubrimiento y amarrado de la armadura; asimismo, se verifican empalmes, ya sean mecánicos o convencionales. En adición, el control por parte del área de calidad se realiza previamente al vaciado de concreto.
- Se realiza la limpieza del área de trabajo y acopio de los residuos generados.

Procedimiento para elementos horizontales

Los procesos de almacenamiento, transporte y habilitado se hacen de manera similar a los procesos para elementos verticales

Transporte al elemento

- Previamente al transporte a los elementos horizontales, se debe tener culminado el armado del encofrado de los elementos horizontales. Esto es necesario para tener una superficie de trabajo en altura.

Colocación

- Para el caso de vigas, se aconseja colocar y asegurar los refuerzos superiores. Posterior a ello se marca la distribución de los estribos y se procede a realizar su colocación. Finalmente, se completan los refuerzos inferiores y se aseguran los elementos con alambres #16 o #8. Cabe resaltar la importancia de colocar estribos en las intersecciones con columnas; asimismo, el refuerzo de la viga debe ser confinado por el refuerzo de la columna.
- Para el caso de losas o aligerados, se arma la malla o refuerzos inferiores, estos se colocan sobre bloques de concreto para asegurar el recubrimiento. Posterior a ello, se arman los refuerzos o mallas superiores. Se acostumbra realizar ganchos a los extremos de los refuerzos para permitir amarrarlos con los refuerzos perimetrales como vigas.
- La instalación de los elementos horizontales es un trabajo en altura; por ello, será necesario la instalación de líneas de vida y arneses. Asimismo, se deberá considerar la instalación de mallas y barandas para delimitar las zonas de trabajo.

Verificación

- Se realizan las verificaciones de espaciamiento, recubrimiento y amarrado de la armadura; asimismo, se verifican empalmes, ya sean mecánicos o convencionales. En adición, el control por parte del área de calidad se realiza previamente al vaciado de concreto.
- Se realiza la limpieza del área de trabajo y acopio de los residuos generados.

Anexo 3. Detalle del proceso constructivo de la partida encofrado de verticales, vigas y losas

Habilitación del encofrado

- Se juntan las piezas con una verificación de alineamiento y buen estado.

Instalaciones empotradas y recubrimientos

- Si los planos indican que en algún punto de la columna se tiene puntos eléctricos empotrados, se tiene que instalar los accesorios de manera adecuada y fijar al encofrado.
- Verificar que el acero de la columna tenga adheridos dados de concreto de 2 cm que evitarán que los fierros se peguen al encofrado. Así se garantiza el recubrimiento.

• Procedimiento para encofrado de columnas

- Replantear el trazo de las columnas con sus correspondientes dimensiones y ejes, según plano.

Los tableros que encofran la columna están unidos por barrotes cada 50 cm como máximo. Se utilizarán listones de 2"x4", 3"x3" o de 3"x4", largo que depende de la dimensión de las columnas.

Nota: En la parte inferior la distancia entre los barrotes tiene que ser menor pues la presión del concreto fresco es mayor.

- Instalar una plomada en un sitio fijo, con esto se verificará la verticalidad durante el proceso de vaciado.
- Se amarra los tableros con un alambre negro de N°8. No deben quedar espacios vacíos por los cuales el concreto fresco pueda escurrir.
- Aplicar desmoldante. Las superficies que estarán en contacto con el concreto deben ser bañadas por un desmoldante, generalmente petróleo, esto se realiza para evitar que la madera se pegue al concreto.

Colocación de puntales

- El encofrado debe ser asegurado por unos puntales contra el piso, pueden ser de 3"x3", 2"x4", 3"x4", se apoyan en soportes fijos en el suelo.

Verificar que haya quedado totalmente vertical con la ayuda de la plomada.

- **Procedimiento para encofrado de vigas**

- Se colocarán los pies derechos que soportarán el encofrado. Se regulan al contacto con el suelo de cuñas de madera. Distancia entre los pies derecho máximo de 90 cm.
- Colocar los tableros de los costados, estos sirven para darle forma a la sección de la viga. Contarán con espaciadores de madera y pasadores de alambre N°8.
- Colocar barrotes que servirán de apoyo a los tableros del costado, estos son soportados por elementos diagonales llamados tornapuntas.
- Verificar que esté totalmente horizontal, se usa un nivel de mano.
- Aplicar desmoldante

- **Procedimiento para encofrado de losas aligeradas**

- Colocar con soleras corridas que se soportan por pies derechos que están espaciados a 90 cm como máximo.
- Se colocan los tablonces sobre las soleras (sentido contrario a éstas). Deben de estar a una separación de 40 cm.
- Se colocan frisos en los bordes de la losa, para delimitar el vaciado del concreto.
- Se colocarán refuerzos laterales en los pies derechos o los puntales que soportan el encofrado.
- Aplicar desmoldante.

Anexo 4. Detalle del proceso constructivo de la partida vaciado de concreto en elementos verticales y horizontales

*Adaptado de “Procedimiento de vaciado de concreto” (Zúñiga, 2016).

Verificación antes del vaciado:

- Luego de la verificación del armado del acero estructural y el colocado del encofrado, se empieza con el vaciado del concreto.
- Se verifica que la superficie del encofrado del elemento a llenar esté libre de impurezas o cualquier elemento contaminante.

Recepción del concreto premezclado en obra:

- Se vacía el concreto del mixer a la bomba de concreto y se verifica el asentamiento del concreto premezclado. La verificación de asentamiento se realiza para cada mixer.

Nota: El tiempo de vida útil del concreto en estado fresco es de 2.5 horas desde que sale de planta concretera (CONCREMAX). Sin embargo, en las especificaciones de ASTM reconoce un requerimiento de máximo 90 minutos de tiempo límite de espera.

Colocación del concreto:

- La manguera del extremo de la bomba de concreto se introducirá hasta el interior del encofrado. En el caso de elementos verticales, se debe controlar que la caída sea menor de 1.50 metros.

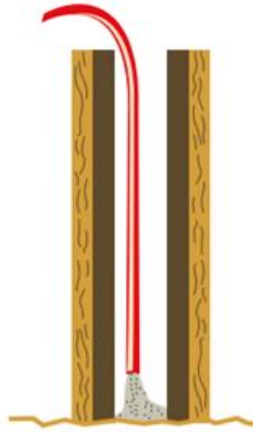


Figura 14. Colocado correcto del concreto en placas

Nota: Extraído de “Manual de construcción” por UNACEM.

- Se debe obtener tres muestras de cada colocación de concreto por cada 75 m³ o fracción de acuerdo a ASTM C31. Se debe moldear las probetas y ensayarlas en los siguientes intervalos: una probeta a los 7 días, una probeta a los 28 días y una de reserva.
- En el caso de elementos horizontales, como losas y vigas, durante el vaciado se debe expandir el concreto por toda la losa con rastrillos metálicos o palas.
- Luego, se realiza el vibrado del concreto con vibradoras de inmersión o de contacto. Debe penetrar 10 cm en la llenada previa y se debe realizar a distancias regulares. Se debe evitar vibrar el acero de refuerzo.

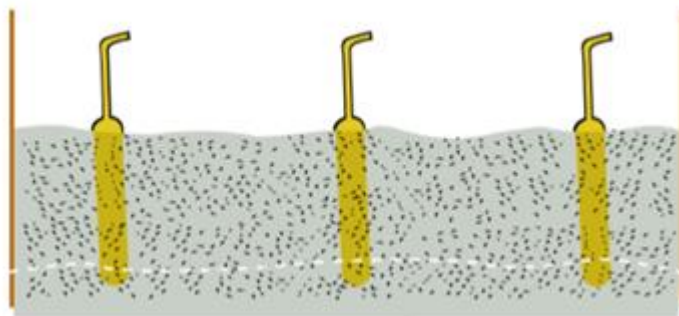


Figura 15. Vibrado de concreto

Nota: Extraído de “Manual de construcción” por UNACEM.

- Después de la colocación de concreto, se debe limpiar el acero expuesto y los elementos embebidos en el concreto y suciedad. En el caso de elementos horizontales, se debe nivelar la superficie utilizando regletas o allanadoras de concreto.

Curado del concreto:

- Finalmente, durante el primer período de endurecimiento, se curará el concreto durante cierto tiempo que dependerá del tipo de cemento y las condiciones climáticas del lugar (entre 7 y 14 días).

Nota: Para el curado se puede utilizar un curador químico o agua. En caso se use este último, se podrá utilizar los siguientes métodos: riego continuo, aproximadamente 6 veces por día; encharcamiento, para elementos horizontales; y aplicación de materiales absorbentes como chute, para elementos verticales.



Anexo 5. Detalle del proceso constructivo de la partida muros de tabique de albañilería confinada

Procesos preliminares

- Verificación de planos de diseño para eliminar incompatibilidades
- Los muros no deben ser interrumpidos por tuberías o redes eléctricas, de preferencia se debe reforzar la zona cada dos hiladas.
- Dosificación de mezcla de mortero según especificaciones
- Humedecer previamente los ladrillos en condición saturada superficialmente seca
- Limpiar la zona de trabajo
- Proveer de iluminación a la zona de trabajo

Proceso de instalación de unidades de ladrillo

- Identificar la primera hilada, marcar vanos de puertas ventanas y el refuerzo si es que tuviera.
- Para la primera hilada: Ubicar ladrillos sin pegarlos hasta los extremos, una vez que se verifica que se tiene la posición correcta, se señala con tiza, se pica para mejorar la adherencia, se distribuye el mortero y se coloca la primera hilada. Se va verificando con plomada e hilo el alineamiento y perpendicularidad.
- Para las demás hiladas: Esparcir mortero sobre la hilada inferior y se procede a colocar los ladrillos presionándolos hasta que coincidan con el hilo.
- En cada hilada se debe verificar la alineación.
- Es recomendable llegar a una altura máxima de 1.30m en una jornada laboral, esto con el fin de lograr que el mortero adquiera suficiente resistencia.
- Una vez terminado el muro se debe limpiar con palustre o llanas y pasar cepillo nylon.

Anexo 6. Detalle del proceso constructivo de la partida muros de tabique de albañilería armada

- Inicia con la habilitación de aceros verticales que irán dentro de los bloques. Mantener una separación entre las varillas, revisar las medidas indicadas en el plano.
- Se arma el encofrado para el sobrecimiento de apoyo, revisar las medidas.
- Emplantillado de los bloques. Colocar todos los bloques de la primera hilada para guía.
- Asentado de los bloques con mortero de calidad y uniforme. Con una paleta ingresar mortero entre bloque y bloque.
- Colocación de los bloques, cantidad correcta de mortero, tener en cuenta que se tiene que pasar las tuberías por los alveolos de los bloques.
- Asegurar que estén alineados con plomada y nivel de mano.
- Si es necesario cortar los bloques de concreto para que las tuberías tengan un correcto tendido.
- Cada 3 hiladas se debe colocar acero horizontal.
- Mojar primero los bloques con agua para que después se pueda realizar el vaciado de alveolos con grout. El grout es una mezcla de agua, cemento, piedra pequeña de 3/8" y arena gruesa.
- Realizar vibrado con ayuda de una vara de acero.
- La última hilada se termina con una viga que confine la estructura.

Anexo 7. Detalle del proceso constructivo de la partida tarrajeo de muros

Actividades Preliminares:

- Nivelar y pulir las superficies a tarrajar con una amoladora (sólo en las zonas que se requieran).
- Puntear el muro con un rotomartillo con el fin de que tenga mayor capacidad de adherencia para el mortero.

Proceso:

- Agregar agua en pequeñas cantidades a la mezcla de cemento-arena fina (1:5) hasta que se forme una masa uniforme, ni muy espesa ni muy aguada. Dejar reposar por un momento.
- Humedecer el muro de ladrillos para que la mezcla se adhiera con mayor facilidad.
- Pegar trozos pequeños de ladrillos con la mezcla para delimitar el área a tarrajar.
- Aplicar la mezcla con un frotacho de madera en el muro y extenderla mediante movimientos circulares hasta cubrir toda el área a tarrajar.
- Nivelar la mezcla con una madera larga, de superficie plana y lisa (sin relieves).
- Alisar con una espátula la mezcla hasta obtener una superficie uniforme, para brindar el acabado final. Asegurarse de realizarlo en un solo sentido (vertical u horizontal).

Anexo 8. Detalle del proceso constructivo de la partida contrapisos

- Se limpia la superficie del falso piso o de la losa, de acuerdo al caso.
- Se debe establecer niveles de referencia, para ello, se realizan marcas en la pared. Para esto, se puede utilizar un manguera transparente y agua (nivel de agua) o también equipos topográficos.
- Desde los niveles de referencia, se establece puntos de nivel por encima de la losa. Se ubican estos puntos a una distancia no mayor de 2 m. Luego se utiliza un cordel para amarrar los puntos extremos del paño a vaciar.
- Después de tener la altura de vaciado, se procede colocando el mortero, que se pudo haber realizado con una mezcladora o a mano. La dosificación estimada es de 1:5 de relación cemento: arena gruesa.
- Después de haber vaciado se debe realizar el corrido de la regla, para nivelar la superficie.
- Después del endurecimiento inicial, se realiza el curado con agua mediante arrocetas o con riego en forma permanente y continua por al menos tres días.
- Nota: Para evitar el “cajoneo”, despegue del contrapiso del falso piso o la losa, se debe realizar una buena limpieza del polvo y de los excesos de concreto en la losa, así como, el humedecimiento antes del vaciado del contrapiso.

Anexo 9. Controles de calidad no comunes en vaciado de concreto

Temperatura

La máxima temperatura del concreto no debe exceder de 32°C en ningún instante.

En climas cálidos, el fabricante deberá enviar el concreto premezclado a la temperatura más baja posible, sujeta a la aprobación del comprador.

El fabricante antes de la descarga del concreto en el lugar de trabajo, suministrará al comprador una guía de entrega con información relevante.

Contenido de aire incorporado

Tabla 21.

Contenido de aire en concreto con aire incorporado

Condición de exposición	Contenido total de aire, %						
	Tamaño nominal máximo del agregado, mm						
	9.5	12.5	19.0	25.0	37.5	50.0	75.0
Suave	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5
Moderada	6.0	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5
Severa	7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5

Si la muestra de concreto con aire incorporado se toma en el punto de descarga de la unidad transportadora, la tolerancia del aire debe estar dentro de ± 1.5 el valor especificado (NTP)

Si la muestra preliminar de concreto tomada antes de la descarga tiene un contenido menor de aire, el productor puede utilizar aditivos incorporadores de aire para alcanzar el nivel de contenido de aire deseado, seguido de al menos 30 revoluciones del camión a velocidad mínima de mezclado.

Descarga del concreto en obra

La descarga del concreto debe realizarse en un plazo de 1.5 h o antes que el tambor de la mezcladora haya realizado 300 revoluciones, a partir de la introducción del agua y los agregados. Esta condición se puede obviar si el concreto tiene un asentamiento, tal que después de 1.5 h pueda ser colocado sin adición de agua a la mezcla. En climas cálidos, el comprador puede especificar un tiempo menor de 1.5 h.