

**UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

**Propuesta para la gestión de la trazabilidad de los
ítems de ensayo que ingresan al Laboratorio Nacional
de Materiales y Modelos Estructurales de la
Universidad de Costa Rica**

**Trabajo final de investigación aplicada sometido a la consideración
de la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en
Administración Pública para optar al grado y título de Maestría
Profesional en Gestión Pública**

MARÍA FERNANDA CORTÉS RETANA A81991

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica

2023

Dedicatoria

Para mi padre y mi hermano.

Jesús le dijo entonces: Yo soy la resurrección y la vida. El que cree en mí, aunque muera, vivirá. San Juan 11:25.

Agradecimientos

A los compañeros de trabajo del LanammeUCR, que, con gran carisma y disposición, han sido parte integral para la culminación de este proyecto.

A mi madre y esposo, quienes han sido pacientes, antes mis quebrantos y me han dado su mano cuando me ha tocado levantarme.

“Este trabajo final de investigación aplicada fue aceptado por la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Administración Pública de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar al grado y título de Maestría Profesional en Administración Pública con énfasis en Gestión Pública”

Víctor Garro Martínez, M.Sc.
Representante del Decano
Sistema de Estudios de Posgrado

Dahianna Marín Chacón, M.Sc.
Profesora Guía

Ing. José Humberto Tioli Mora, M.Sc.
Lector

Ing. Guillermo González Beltrán, PhD.
Lector

Georgianella Barboza González, M.Sc.
Representante
Programa de Posgrado en Administración Pública

María Fernanda Cortés Retana
Sustentante

Tabla de contenido

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTOS.....	II
TABLA DE CONTENIDO.....	IV
RESUMEN ESPAÑOL.....	VI
1. CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	1
1.1. ANTECEDENTES.....	3
1.2. MARCO LEGAL DEL LANAMMEUCR.....	5
1.3. ESTRUCTURA ORGANIZATIVA DEL LANAMMEUCR	6
1.4. FINANCIAMIENTO	10
1.5. PROCEDIMIENTO PT-10: PROCEDIMIENTO PARA EL SEGUIMIENTO DE MUESTRAS	11
2. CAPÍTULO 2	17
2.1. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.....	17
2.2. JUSTIFICACIÓN.....	20
2.3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	22
2.4. OBJETIVO GENERAL	23
2.5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	23
3. CAPÍTULO 3: MARCO TEÓRICO	24
3.1. CONCEPTOS DE TRAZABILIDAD	24
3.2. MECANISMO DE TRAZABILIDAD A NIVEL INTERNACIONAL	28
3.3. CODIFICACIÓN A TRAVÉS DE CÓDIGO DE BARRAS Y QR:.....	34

3.4.	TEORÍA ADMINISTRATIVA DE PROCESOS:	36
3.5.	CONCEPTOS DE MEJORA CONTINUA	39
3.6.	NORMATIVAS DE ESTANDARIZACIÓN A NIVEL INTERNACIONAL	40
3.7.	ESTANDARIZACIÓN EN COSTA RICA BAJO LA LEY NO. 8279 SISTEMA NACIONAL PARA LA CALIDAD	42
3.8.	SISTEMA DE CALIDAD DEL LANAMMEUCR BAJO LAS NORMAS INTE ISO/EIC 17025 E INTE ISO/IEC 17020	46
3.9.	RESUMEN: MARCO ANALÍTICO DE LA INVESTIGACIÓN	49
4.	CAPÍTULO 4	51
4.1.	METODOLOGÍA	51
5.	CAPÍTULO 5: INVESTIGACIÓN APLICADA.....	54
5.1.	DESCRIPCIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS SELECCIONADOS.....	54
5.2.	AUSENCIA DE LA APLICACIÓN DE CRITERIOS DE TRAZABILIDAD EN LOS PROCEDIMIENTOS SELECCIONADOS	60
5.3.	MECANISMO DE TRAZABILIDAD.....	68
6.	CONCLUSIONES	88
7.	RECOMENDACIONES Y LIMITACIONES.....	90
7.1.	RECOMENDACIONES.....	90
7.2.	LIMITACIONES.....	92
8.	BIBLIOGRAFÍA.....	93

Resumen español

La presente investigación aplicada, tiene como objetivo principal, proponer un mecanismo para asegurar la trazabilidad de la gestión de los ítems de ensayo para brindar confiabilidad a los métodos realizados, en el Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR).

Para el año 2019, se dieron una serie de acontecimientos en el LanammeUCR, afectando la operatividad de dicho Laboratorio, por tanto, a solicitud de la Contraloría General de la República solicitó realizar una auditoría interna por parte de la Oficina Contralora Universitaria, se detectaron una serie de hallazgos, que quedaron plasmados en el informe OCU-R-185-H-2019. Debido a la información que se encuentra en dicho informe y al procedimiento judicial que se encuentra en ejecución en este momento, no es posible su divulgación de manera discrecional, para nuestros efectos, las debilidades en el seguimiento de ítems de laboratorio, que se detallan a lo largo de esta investigación, son parte de los hallazgos.

Actualmente la confiabilidad del resultado de un informe de laboratorio, en el cual se involucra un ítem de ensayo, es mayormente vulnerable debido a la falta de un sistema automatizado para que el ítem de ensayo sea trazable desde su ingreso hasta su desecho o devolución, ya que en el LanammeUCR no todas las áreas que brindan servicios de investigación, ensayos, calibraciones o inspecciones que involucran un ítem de ensayo, se encuentran acreditadas bajo un sistema de gestión de la calidad.

Listas de tablas

Tabla 1: Cantidad de ensayos.....	19
Tabla 2: Los cuatro principios de la administración científica de Taylor.....	38
Tabla 3: Fuentes de consulta para metodología de investigación aplicada.	53
Tabla 4: Personal de expertos consultados en el LanammeUCR.....	53
Tabla 5: Fases del procedimiento de ensayo del procedimiento IT-AC-01	55
Tabla 6: Fases del ensayo del procedimiento IT-CN-01	57
Tabla 7: Cumplimiento de los procedimientos IT-CN-01 e IT-AC-01, según.....	60
Tabla 8: Análisis de la aplicación de criterios.....	61

Listas de figuras

Figura 1: Estructura Organizativa Institucional del LanammeUCR, como Laboratorio adscrito a la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad de Costa Rica	3
Figura 2 : Estructura Organizativa del LanammeUCR	9
Figura 3: Secuencia para el seguimiento de muestras	13
Figura 4 Tipos de trazabilidad.....	25
Figura 5: La trazabilidad en una cadena de suministro.....	26
Figura 6 Características de las diferentes experiencias de trazabilidad.....	29
Figura 7: La <i>asignación de un identificador único a los árboles en pie, troncos y trozas cortas</i>	30
Figura 8:Sistema de recolección de datos	32
Figura 9: Resumen del funcionamiento sistemático de la aplicación trazable desde atrás, interna y hacia adelante	33
Figura 10: Estructura para la gestión de la calidad a nivel nacional.....	50
Figura 11: Resumen de marco teórico	50
Figura 12: Secuencia trazable actual: IT-AC-01: Procedimiento para ensayar barras de acero de refuerzo para concreto a tensión.....	66
Figura 13: Secuencia trazable actual, IT-CN-01: Resistencia a la compresión uniaxial de especímenes cilíndricos de concreto	67
Figura 14:Muestra de ítem de ensayo seleccionada para la prueba del mecanismo.....	69

Figura 15: Prueba de etiquetas	71
Figura 16: Primera prueba de resistencia de la etiqueta de papel CON pegamento adicional.....	72
Figura 17: Primera prueba de resistencia de papel SIN pegamento adicional..	73
Figura 18: Muestra de cilindro de concreto posterior a su desecho	74
Figura 19: Muestras de cilindros de concreto posterior a su desecho	75
Figura 20: Módulo 1	77
Figura 21: Módulo 2	78
Figura 22: Modulo 3	79
Figura 23: Módulo 4	80
Figura 24: Módulo 5	81
Figura 25: Propuesta de mecanismo en ejecución FASE 1	83
Figura 26: Propuesta de mecanismo en ejecución FASE 2	84
Figura 27: Propuesta de mecanismo en ejecución FASE 3	85
Figura 28: Propuesta de mecanismo trazable, visualización completa	85

Listas de abreviaturas

ANVISA: Agencia Nacional de Vigilancia Sanitaria

ASTM: American Society for Testing and Materials - Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales

BID: Banco Interamericano de Desarrollo

CLAD: Centro Latinoamericano de Administración para el Desarrollo

CONAVI: Consejo Nacional de Vialidad

CTL: Control de Trabajos de Laboratorio

ECA: Ente Costarricense de Acreditación

IEC: Comisión Electrotécnica Internacional

INTE: De INTECO

INTECO: Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica

ISO: International Organization for Standardization o Organización Internacional de Normalización.

LCM: Laboratorio Costarricense de Metrología

LanammeUCR: Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales

OCU: Oficina Contraloría Universitaria

ORT: Órgano de Reglamentación Técnica

PROCOA: Programa de Cooperación para la Acreditación de Ensayos y Laboratorios de la Universidad de Costa Rica

QR: Quick Response o de respuesta rápida

RAE: Real Academia Española

SNC: Sistema Nacional para la Calidad

SNCM: Sistema Nacional de Control de Medicamentos SNCM



Autorización para digitalización y comunicación pública de Trabajos Finales de Graduación del Sistema de Estudios de Posgrado en el Repositorio Institucional de la Universidad de Costa Rica.

Yo, Maria Fernanda Cortés Retana, con cédula de identidad 114470800, en mi condición de autor del TFG titulado Propuesta para la gestión de la trazabilidad de los ítems de ensayo que ingresan al Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica

Autorizo a la Universidad de Costa Rica para digitalizar y hacer divulgación pública de forma gratuita de dicho TFG a través del Repositorio Institucional u otro medio electrónico, para ser puesto a disposición del público según lo que establezca el Sistema de Estudios de Posgrado. SI NO *

*En caso de la negativa favor indicar el tiempo de restricción: _____ año (s).

Este Trabajo Final de Graduación será publicado en formato PDF, o en el formato que en el momento se establezca, de tal forma que el acceso al mismo sea libre, con el fin de permitir la consulta e impresión, pero no su modificación.

Manifiesto que mi Trabajo Final de Graduación fue debidamente subido al sistema digital Kerwá y su contenido corresponde al documento original que sirvió para la obtención de mi título, y que su información no infringe ni violenta ningún derecho a terceros. El TFG además cuenta con el visto bueno de mi Director (a) de Tesis o Tutor (a) y cumplió con lo establecido en la revisión del Formato por parte del Sistema de Estudios de Posgrado.

INFORMACIÓN DEL ESTUDIANTE:

Nombre Completo: María Fernanda Cortés Retana

Número de Carné: A81991 Número de cédula: 114470800

Correo Electrónico: maria.cortesretana@ucr.ac.cr

Fecha: 28 de abril del 2023 . Número de teléfono: 8663-1754

Nombre del Director (a) de Tesis o Tutor (a): M.Sc. Dahíanna Marín Chacón

FIRMA ESTUDIANTE

Nota: El presente documento constituye una declaración jurada, cuyos alcances aseguran a la Universidad, que su contenido sea tomado como cierto. Su importancia radica en que permite abreviar procedimientos administrativos, y al mismo tiempo genera una responsabilidad legal para que quien declare contrario a la verdad de lo que manifiesta, puede como consecuencia, enfrentar un proceso penal por delito de perjurio, tipificado en el artículo 318 de nuestro Código Penal. Lo anterior implica que el estudiante se vea forzado a realizar su mayor esfuerzo para que no sólo incluya información veraz en la Licencia de Publicación, sino que también realice diligentemente la gestión de subir el documento correcto en la plataforma digital Kerwá.

1. Capítulo 1: Introducción

En el presente trabajo se propone un nuevo mecanismo para gestionar la trazabilidad de los ítems de ensayo que se recolectan, se reciben o se preparan en el Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica (LanammeUCR). Lo anterior se hace a través de una investigación aplicada, con el fin de que todos los ítems de ensayo que se encuentran bajo la custodia del LanammeUCR sean trazables en cualquier etapa del proceso, desde el ingreso hasta su desecho, cumpliendo así con la política de confidencialidad e imparcialidad del Laboratorio en concordancia con su sistema de gestión de calidad basado en normas INTE- ISO/IEC¹.

Si bien, el Laboratorio cuenta con ensayos, calibraciones e inspecciones acreditadas en las normas INTE ISO IEC 17025² y la INTE ISO IEC 17020³ respectivamente, la gestión de la calidad está basada en la búsqueda de la mejora continua y, como parte de ello, debe incluir el proceso de trazabilidad de los ítems de ensayo, el cual es el objeto de análisis en el presente trabajo. La trazabilidad es un tema fundamental en los sistemas de gestión de calidad basados en dichas normas y que requiere intervención para el caso del

¹ INTE/ISO/IEC son las normas internacionales con traducción al español y al certificador nacional según país. INTE (INTECO), ISO/IEC (Estándar internacional).

² INTE/ISO/IEC 17025 "Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de prueba y calibración".

³ INTE/ISO/IEC 17020 "Criterios generales para la operación de varios tipos de organismos que realizan inspección".

LanammeUCR, cuyos motivos serán expuestos en el capítulo 2 de este trabajo, específicamente en la delimitación del problema.

La acreditación de los ensayos, calibraciones e inspecciones bajo normas ISO es fundamental para el trabajo que realiza el LanammeUCR porque le brinda el respaldo a su sistema de gestión de calidad y a su competencia técnica de forma objetiva e imparcial, a través de un tercero, que en el caso de Costa Rica es el Ente Costarricense de Acreditación (ECA), según lo establece la ley 8279 Sistema Nacional para la Calidad, promulgada en el año 2002.

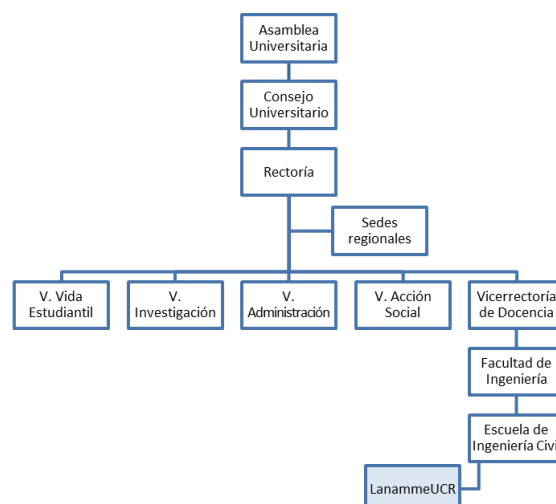
Adicionalmente, dicha ley establece en su artículo 34 que, *todas las instituciones públicas, en cumplimiento de sus funciones deberán utilizar servicios acreditados o reconocidos por acuerdos de reconocimiento mutuo entre el ECA y las entidades internacionales equivalentes*; es decir, que se busca articular la Administración Pública y el sector privado para la promoción de la calidad y las actividades de evaluación de la conformidad. Lo anterior implica que los laboratorios particulares deben mantener alcances acreditados si desean vender servicios al Estado costarricense y los laboratorios estatales también deben tener sus alcances acreditados.

1.1. Antecedentes

1.1.1. Contexto Institucional. ¿Qué es el Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica (LanammeUCR)?

El Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR), es un laboratorio adscrito a la Escuela de Ingeniería Civil como entidad académica de investigación (Ver figura No.1). Fue fundado en la década de los años cincuenta. El Laboratorio realiza investigación aplicada, docencia y transferencia de tecnología en el campo de la protección de las líneas vitales: infraestructura civil y vial. Además, cuenta con talento humano altamente especializado en áreas como: ingeniería estructural, sísmica, de infraestructura del transporte, geotécnica y de materiales.

Figura 1: Estructura Organizativa Institucional del LanammeUCR, como Laboratorio adscrito a la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad de Costa Rica



Fuente: Manual de Calidad, v22 del LanammeUCR.

1.1.2. Marco filosófico del LanammeUCR

1.1.2.1. OBJETIVO

Su objetivo principal es la creación de conocimiento especializado y su transferencia, así como la prestación de servicios a la empresa privada, las instituciones autónomas, las instituciones académicas, los centros especializados y los gobiernos locales con procesos tecnológicos modernos y seguros que fortalezcan los procesos productivos y la competitividad en el campo de la ingeniería de infraestructura de transportes, sísmica, estructural, de materiales y geotécnica. (LanammeUCR, 2019).

1.1.2.2. MISIÓN

Somos un Laboratorio Nacional de la Universidad de Costa Rica, cuyo propósito es contribuir al desarrollo de las obras civiles relacionadas con la ingeniería estructural, geotécnico, sísmica, de gestión de riesgos naturales, del transporte y vías, mediante la investigación aplicada, docencia, transferencia tecnológica, prestación de servicios, asesoría y fiscalización técnica. (LanammeUCR, 2019).

1.1.2.3. VISIÓN

Ser un referente a nivel nacional e internacional, en materia de ingeniería del transporte y vías, estructural, geotécnico, sísmico y gestión de riesgos naturales, mediante una acción dinámica y eficaz, que ofrezca soluciones innovadoras,

oportunas y acertadas de alta credibilidad, con un equipo de trabajo competente y comprometido con los objetivos institucionales. (LanammeUCR, 2019).

1.2. Marco Legal del LanammeUCR

El LanammeUCR es una entidad académica que a partir del Convenio CONICIT/UCR tiene un carácter de laboratorio nacional, pues se le habilita para brindar servicios en el área de su especialidad en todo el país. El funcionamiento del Laboratorio lo rigen dos leyes: la primera es la No. 7099: Ratificación del Contrato de Préstamo entre el Gobierno de la República de Costa Rica y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) para un Programa de Ciencia y Tecnología; mientras que la segunda es la Ley No. 8114: Ley de simplificación y eficiencia tributaria, la cual faculta al LanammeUCR en su artículo No. 6 a:

Artículo 6.- Fiscalización para garantizar la calidad de la red vial nacional. Para lograr la eficiencia de la inversión pública, la Universidad de Costa Rica podrá celebrar convenios con el Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI) a fin de realizar, por intermedio de su Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales, las siguientes tareas: a) Programas de formación y acreditación para técnicos de laboratorio. b) Auditorias técnicas. c) Evaluación bienal de toda la red nacional pavimentada. d) Evaluación anual de las carreteras y puentes en concesión. e) Actualización del manual de especificaciones y publicación de una nueva edición. g) Asesoramiento técnico al jerarca superior de la Dirección de

Vialidad del MOPT, así como al ministro y viceministro del sector. i) Programas de investigación sobre los problemas de la infraestructura vial pavimentada del país. j) Con la finalidad de garantizar la calidad de la red vial cantonal y en lo que razonablemente sea aplicable, las municipalidades y la Universidad de Costa Rica, por intermedio del Lanamme, podrán celebrar convenios que les permitan realizar, en la circunscripción territorial municipal, tareas equivalentes a las establecidas en los incisos anteriores". (Ley 8114).

1.3. Estructura Organizativa del LanammeUCR

El LanammeUCR cuenta con independencia funcional para la toma de decisiones. Este tiene relaciones de apoyo entre varias dependencias de la Universidad de Costa Rica, a continuación, se enlistan las principales y su relación con el Laboratorio:

- La realización de auditorías internas al sistema de Gestión de Calidad y capacitación, a través de la Vicerrectoría de Investigación y su Programa de Cooperación para la Acreditación de Ensayos y Laboratorios (PROCOA)
- La Vicerrectoría de Administración
- La Oficina de Suministros
- La Oficina de Recursos Humanos
- La Oficina Ejecutora del Programa de Inversiones
- La Oficina de Administración Financiera

Así mismo, el laboratorio cuenta con cinco coordinaciones:

- ✓ Coordinación General de Laboratorios, lidera los diferentes tipos de laboratorios que realizan las pruebas acreditadas
- ✓ Programa de Infraestructura del Transporte, realiza actividades de investigación, transferencia de tecnología y capacitación en su área de interés
- ✓ Programa de Ingeniería Estructural, está organizado para atender tareas relacionadas con inspección, normativa, capacitación, investigación, revisión documental y asesorías, en áreas como puentes, tareas de ley 8114, y otras
- ✓ Programa de Ingeniería Geotécnica, se dedica a desarrollar investigación, docencia, prestación de servicios técnicos y cooperación técnica, en un amplio espectro de temas concentrados en el comportamiento de los suelos, rocas y macizos rocosos, geosintéticos y otros materiales
- ✓ Auditoría Técnica; tiene la tarea de atender las funciones de la Ley No. 8114

Además cuenta con servicios de apoyo como la Unidad de Administración Financiera, la Unidad de Gestión de la Calidad y la Asesoría Legal, cada uno de estos componentes forman parte del Consejo Técnico (ver figura No. 2). Finalmente, alrededor de unos 150 funcionarios y 100 estudiantes forman parte

de la Comunidad del Laboratorio, que se encuentran seccionados en las áreas descritas anteriormente y se muestran en la figura No. 2.

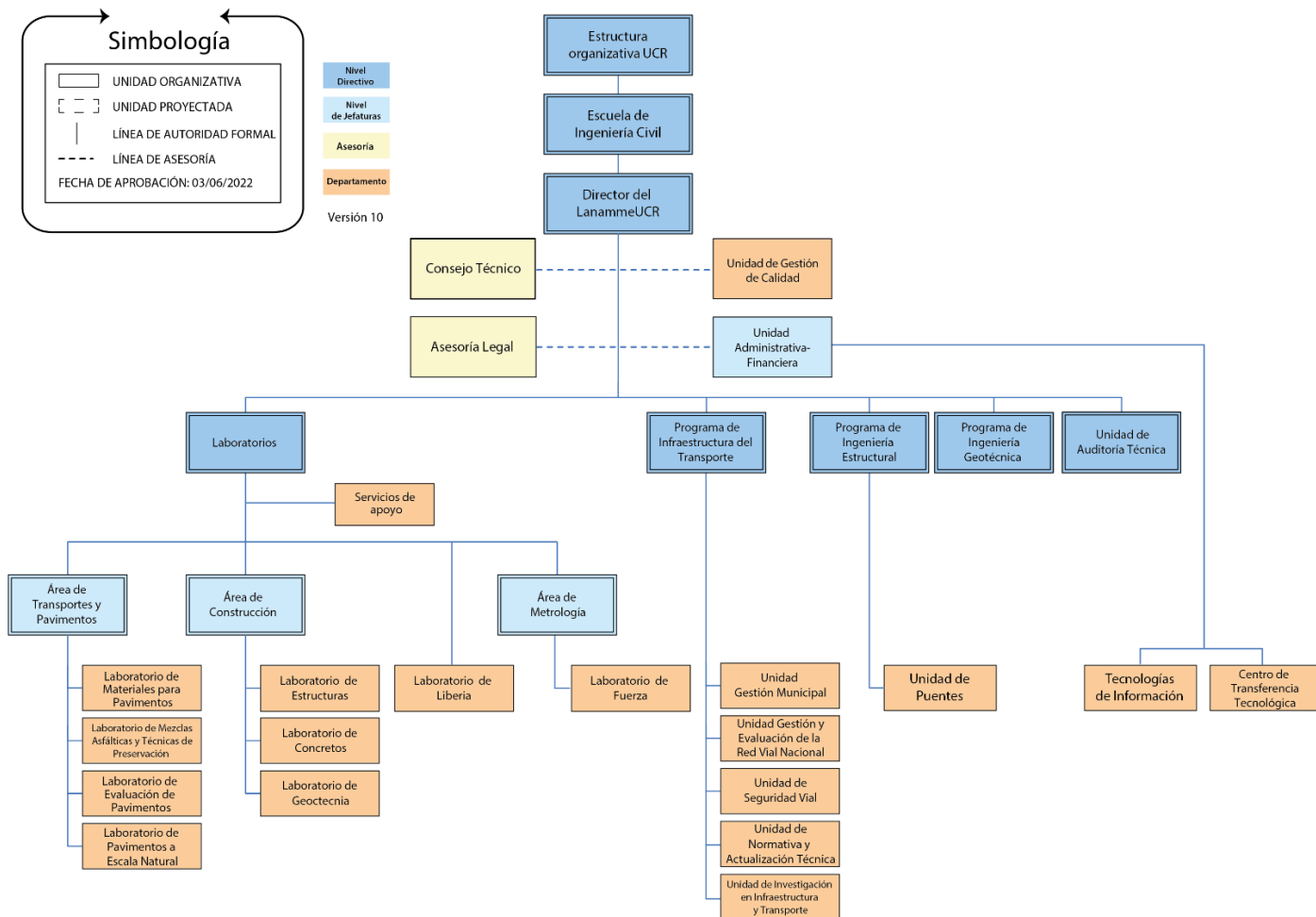
Figura 2 : Estructura Organizativa del LanammeUCR



UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

LanammeUCR

Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales



Fuente: Manual de Calidad, v22 del LanammeUCR.

1.4. Financiamiento

El artículo No. 5 de la Ley No. 8114, dicta que el ingreso del Laboratorio será proveniente de la recaudación anual del impuesto único sobre los combustibles, correspondiente al 1% del total recaudado y será girado directamente por la Tesorería Nacional a la Oficina de Administración Financiera de la Universidad de Costa Rica. Estos recursos económicos son administrados bajo la modalidad de Fondos Restringidos y están sujetos a la normativa institucional universitaria a ser auditados por la Contraloría Interna de la Universidad de Costa Rica, en caso de denuncias o solicitudes expresas por parte de las autoridades universitarias.

El laboratorio realiza, además, venta de servicios, esto quiere decir, que hay una oferta de diferentes pruebas de laboratorio, a público en general, como empresas constructoras, ciudadanos, entre otros. Los fondos que se generan a través de esta venta de servicios se gestionan a través de la Fundación para la Universidad de Costa Rica

1.5.Procedimiento PT-10: Procedimiento para el seguimiento de muestras

El Procedimiento para el seguimiento de muestras (PT-10) se encuentra en su versión No. 16 desde el 17 de agosto del 2021. Es importante aclarar que se han analizado dos versiones de este procedimiento, debido a que se realizó el cambio de la versión No. 15 a la No. 16, durante la realización de esta Investigación aplicada. Ambas versiones han sido revisadas y son congruentes entre sí. Los cambios, de una versión a otra, han sido en su mayoría de forma y no de contenido. Se hará referencia de ambas versiones.

Esta investigación aplicada se sustenta en el proceso de seguimiento de muestras, el cual no sufrió cambios con la actualización del PT-10 en el año 2021. Sin embargo, es importante, que se tome en cuenta esta propuesta, para una futura actualización del procedimiento.

La estructura del procedimiento PT-10: seguimiento de muestras, está conformada de la siguiente manera:

- a) Transporte del ítem
- b) Recepción de ítems de ensayo
 - Recibo
 - Acomodo
 - Registro

- Identificación
 - Traslado interno
 - Almacenamiento
- c) Ensayo
- d) Conservación o disposición final de ítems de ensayo
- e) Protección de los ítems de ensayo
- f) Muestras que se fabrican en el LanammeUCR
- g) Informe de ensayo
- h) Control de tiempos de respuesta⁴

En la presente investigación, el foco de interés se presenta a partir del apartado b) Recepción de ítem de ensayo, pues es el primer paso para recibir y acomodar el ítem de ensayo; de igual forma, es en este punto cuando se comienza el registro de la información relacionada a dicho ítem. A continuación, se presenta en la figura 3 un diagrama secuencial que resume el proceso de recepción de ítems de ensayo y calibración:

⁴ Se encontraba, como parte en la estructura de la versión No. 15 del PT-10 y fue suprimido en la versión No. 16.

Figura 3: Secuencia para el seguimiento de muestras



Fuente: PT-10 Procedimiento para el seguimiento de muestras, v15. LanammeUCR

Seguidamente, se profundizará aún más en las etapas del proceso:

1.5.1.1. Recibo y registro del ítem de ensayo:

Se recibe el ítem por parte del encargado de recepción de muestras (ERM⁵). Posteriormente lo ubica de forma temporal en un espacio según corresponda con la muestra.

Se verifica el ítem de ensayo, dejando evidencias de esta revisión en el **software Control de Trabajos de Laboratorio (CTL)**⁶, a través del registro RC-336 “Comprobante de recepción o devolución de muestras”.

Ya consignado el ítem en el “comprobante de recepción o devolución de muestras” (RC-336), se imprime por duplicado, para que el cliente y el ERM lo

⁵ Encargado de recepción de muestras

⁶ *Control de trabajos de laboratorio (CTL)*: Es el sistema (software) para registro de las solicitudes, cotizaciones e informes de resultados, de las pruebas de laboratorio que se realizan en el LanammeUCR, bajo la Coordinación General de Laboratorios.

firmen. Una vez firmado, una se entrega una copia al cliente y la otra copia se resguarda en el laboratorio. Posteriormente según lo acordado, se definen los ensayos a realizar en cumplimiento del procedimiento *PG-11 Revisión de solicitudes, ofertas y contratos*.

El ítem, se identifica según la asignación de un número, el cuál consta de nueve caracteres que se distribuyen de la siguiente manera:

M-XXXX-YYYY

El primer carácter es una M que significa muestra, el segundo carácter es un guion, los siguientes 4 caracteres corresponde con un número consecutivo que se asigna al ítem de ensayo de forma automática por medio del software CTL, seguido de un guion y los últimos caracteres finales correspondientes al año en curso.

La identificación debe colocarse de forma tal que sea fácilmente visible y que se mantenga hasta su disposición final. En la medida de lo posible, se debe eliminar del empaque del ítem, la información que ponga en peligro la confidencialidad del cliente. En los casos en que no se puede remover la identificación dada por el cliente, se registra este detalle en el software de Control de Trabajos de Laboratorio. Este aspecto pone en riesgo la confiabilidad de la información del cliente, si no se realiza de acuerdo con el procedimiento.

Una vez que la muestra se encuentra identificada, se genera la ST (Solicitud de Trabajo) correspondiente a los ensayos solicitado. Se debe proceder con el envío de un aviso del ingreso de las muestras con la ST al jefe o coordinador que corresponda.

1.5.1.2. Traslado interno del ítem

El ítem de ensayo debe ser trasladado de su lugar de almacenamiento temporal a su lugar de almacenamiento permanente. El traslado debe realizarse de forma tal que se asegure la integridad de la persona que lo manipula y la integridad del ítem, para lo cual se deberían utilizar (cuando se requiera) dispositivos que faciliten el traslado de los ítems de manera que se reduzca la probabilidad de quebraduras, fracturas, rupturas y demás. El traslado interno siempre se (independiente de la ubicación y destino del ítem) debe realizar con los cuidados pertinentes. (PT-10, v15).⁷

1.5.1.3. Almacenamiento

Las zonas de almacenamiento con las que se cuenta son las bodegas, los cuartos de acondicionamiento de muestras y las zonas demarcadas en los patios del LanammeUCR, según corresponda.(PT-10, v15).

⁷ Normalmente el traslado lo realiza, el encargado de recepción de muestras o el técnico de laboratorio según corresponda.

Monitoreé los cuartos de acondicionamiento especiales y manténgalos de acuerdo con los establecido en los procedimientos específicos. (Encargado de recepción de muestras, Técnico de Laboratorio o Jefatura de Laboratorio) (PT-10, v16).

Para el traslado y almacenamiento es necesario identificar cual es el mecanismo que se adapta según el tipo de ítem para garantizar que este sea siempre trazable. Actualmente, en el proceso de traslado se desconoce el cuándo, cómo y dónde se podría encontrar el ítem porque la codificación utilizada no permite indicar en tiempo real dicha información a menos que el encargado de recepción de muestras la actualice en el software CTL.

2. Capítulo 2

2.1. Delimitación del problema

Actualmente la confiabilidad del resultado de un informe de laboratorio, en el cual se involucra un ítem de ensayo, es mayormente vulnerable debido a la falta de un sistema automatizado para que el ítem de ensayo sea trazable desde su ingreso hasta su desecho o devolución debido a que en el LanammeUCR no todas las áreas que brindan servicios de investigación, ensayos, calibraciones o inspecciones que involucran un ítem de ensayo, se encuentran acreditadas bajo un sistema de gestión de la calidad; por ejemplo, los programas de investigación del LanammeUCR en los cuales se ha encontrado algunas deficiencias que necesitan ser mitigadas.

De igual forma, es importante tomar en consideración que existen ítems de ensayo, como por ejemplo los de estudiantes de tesis o los que se usan para investigación, que no reciben el mismo tratamiento y, por ende, se desconoce no solo su paradero posterior al ingreso, sino también así su localización, gestión y otros. Con este tipo de ítems de ensayo se han presentado casos de extravíos o de uso para otros fines diferentes a los de las tesis, ambos escenarios no debieron suceder o, cuando menos, se debieron mitigar.

Es debido a todo lo anterior que se requiere implementar un sistema automatizado de trazabilidad de ítems de ensayo que cubra todo LanammeUCR

y no solo una parte de él; esto quiere decir que el proceso de recepción de muestras se encuentre uniformizado sin importar el área interna del Laboratorio, el cual no necesariamente debe operar bajo un sistema de gestión de calidad acreditado. Para lograr lo anterior, se requiere una fase de conocimiento de necesidades de cada una de las partes involucradas en el proceso y, de previo o de forma paralela a la implementación, una fase para capacitar al personal.

La investigación aplicada se ha limitado al estudio del proceso del manejo de las muestras para dos métodos de ensayos, los cuales se han seleccionado por la alta frecuencia con la que se realizan, esta información fue obtenida, a través de entrevistas con los jefes de Laboratorio e información obtenida en el software de Control de Trabajos. El primer método seleccionado, es el IT-CN-01 *Resistencia a la compresión uniaxial de especímenes de cilindros de concreto* y el segundo es el IT-AC-01 *Procedimiento para ensayar barras de acero de refuerzo para concreto a tensión*. En el caso del IT-CN-01, en el año 2021 se ensayaron en promedio 660 cilindros de concreto y para este año 2022 se han ensayado en promedio 186 cilindros de concreto. Con respecto al IT-AC-01, se presenta en la tabla No.1 un resumen con la cantidad de barras de acero de refuerzo para concreto que se han ensayado anualmente desde 2019 a la fecha de este estudio.

**Tabla 1: Cantidad de ensayos
Laboratorio de Estructuras
2019-2022**

Año	Cantidad
2019	324
2020	225
2021	300
2022	114
total	963
Fuente: LanammeUCR 2022⁸	

⁸ Información obtenida por medio de entrevistas a los jefes de laboratorio y la información extraída del software control de trabajos de laboratorio (CTL).

2.2. Justificación

La política de imparcialidad del LanammeUCR indica que, *La Dirección, se compromete a velar por el aseguramiento de la objetividad, imparcialidad y gestión de los conflictos de interés, de las actividades que realiza (LanammeUCR, 2022).*

En el año 2019 una auditoría interna realizada por la Contraloría de la Universidad de Costa Rica (informe OCU-R-185-H-2019), encontró una serie de hallazgos que reflejaban la pérdida o falta de trazabilidad de varias muestras de ensayo, debilidades que se detallan a lo largo de esta investigación.

Para minimizar el riesgo de que esta situación se repita, en este trabajo de investigación aplicada se plantea como parte de los objetivos establecer y garantizar un proceso trazable para los ítems de ensayo, tomando en consideración los hallazgos y recomendaciones que se extraen del Informe de la Contraloría Universitaria. En este proceso no solo se consideran los ítems de ensayos, calibraciones o inspecciones que forma parte del sistema de gestión de calidad acreditado, sino todas aquellas muestras que ingresen al Laboratorio, independientemente de su fin (venta de servicios, análisis estudiantiles u otros).

Esta investigación aplicada aportará un mecanismo para generar una trazabilidad comprobada para los ítems de ensayo para dos de los métodos de ensayo que

se realizan con más frecuencia, con el fin de asegurar la confiabilidad y precisión de los resultados, la búsqueda de la mejora continua y la mitigación del riesgo.

2.3. Pregunta de investigación

Cómo parte de la pregunta de investigación, se busca que esta permita establecer áreas de mejora en el Laboratorio con respecto a los servicios, en vista de que son líneas vitales las que se atienden a través de la fiscalización de proyectos de infraestructura vial para el país, investigación y capacitación en las áreas que corresponde, por esto es un deber del Laboratorio asegurar que conoce y controla cada uno de sus procesos y que son trazables en cualquier etapa en que se encuentren.

Por lo tanto, la pregunta de esta investigación es ¿Cómo asegura el laboratorio la confiabilidad de los resultados contenidos en los informes finales de ensayo, cuando la trazabilidad para la gestión de los ítems es vulnerable?

2.4. Objetivo general

- 2.4.1. Proponer un mecanismo para asegurar la trazabilidad de la gestión de los ítems de ensayo para brindar confiabilidad a los métodos realizados en el LanammeUCR

2.5. Objetivos específicos

- 2.5.1. Identificar las etapas de los procedimientos de ensayo seleccionados, donde la muestra debe asegurar la trazabilidad.

- 2.5.2. Analizar la aplicación de los criterios de trazabilidad en los procedimientos que ha definido el LanammeUCR para la gestión de los ítems de ensayo.

- 2.5.3. Generar una propuesta de un mecanismo para asegurar la trazabilidad de la gestión de los ítems de ensayo, con base en la información obtenida y procesada, producto de los objetivos específicos anteriores.

3. Capítulo 3: Marco Teórico

3.1. Conceptos de trazabilidad

3.1.1. La trazabilidad:

La trazabilidad, de manera aplicable, se define como la manera de gestionar un historial de localización para un producto o etapas de un servicio, a partir de su identificación única. Debido a que el proceso es controlable hasta donde la organización establezca y el bien o servicio lo permita, la importancia de la trazabilidad radica en contar con un sistema confiable y capaz de reunir el tejido histórico, la utilización o localización de un artículo o de una actividad por medio de una identificación registrada.

3.1.2. Ventajas

Entre las ventajas de contar con un sistema trazable, tanto para productos como servicios, se encuentran:

- Promueve la seguridad de las personas que utilizan dicho bien o servicio porque conocen cuándo, dónde y cómo se lleva a cabo el servicio o se desarrolla el producto.
- Mejora el control de los procesos a nivel interno de la organización, para así identificar riesgos y que estos sean mitigados a tiempo.
- Optimiza los tiempos, con lo que es de esperar que se cuente con eficiencia y eficacia en cualquier momento del proceso.
- Ayuda a determinar información importante para la toma de decisiones.
- Identifica puntos u oportunidades de mejora en el proceso, en búsqueda de la mejora continua y prevención de crisis.

Ahora bien, la trazabilidad puede ser identificada según las fases de los procesos o productos o durante una cadena de actividades, desde su inicio hasta su final, esto que quiere decir, que la trazabilidad se puede clasificar dependiendo de donde se encuentre, para este caso, el ítem. Por ejemplo, cuando el ítem ya se encuentra para ejecutar el método de ensayo, se podría ubicar, según la siguiente figura No. 4, en la fase de trazabilidad del proceso – interna: cuando el ítem de ensayo se encuentra listo para ser fallado, inspeccionado o calibrado, según el método que corresponda.

Figura 4 Tipos de trazabilidad

Trazabilidad hacia atrás	Trazabilidad de proceso (interna)	Trazabilidad hacia delante
<ul style="list-style-type: none"> • De quién se reciben los productos. • Qué se ha recibido. • Cuándo se ha recibido. • Qué se hizo con los productos. • Cuando se recibieron. 	<ul style="list-style-type: none"> • Cuándo los productos se dividen, cambian o mezclan. • Qué es lo que se crea. • A partir de qué se crea. • Cómo se crea y cuándo. • Identificación del producto final. 	<ul style="list-style-type: none"> • A quién se entrega. • Qué se ha vendido exactamente. • Cuándo.

Fuente: Dionicio, C. Universidad Politécnica de Valencia.

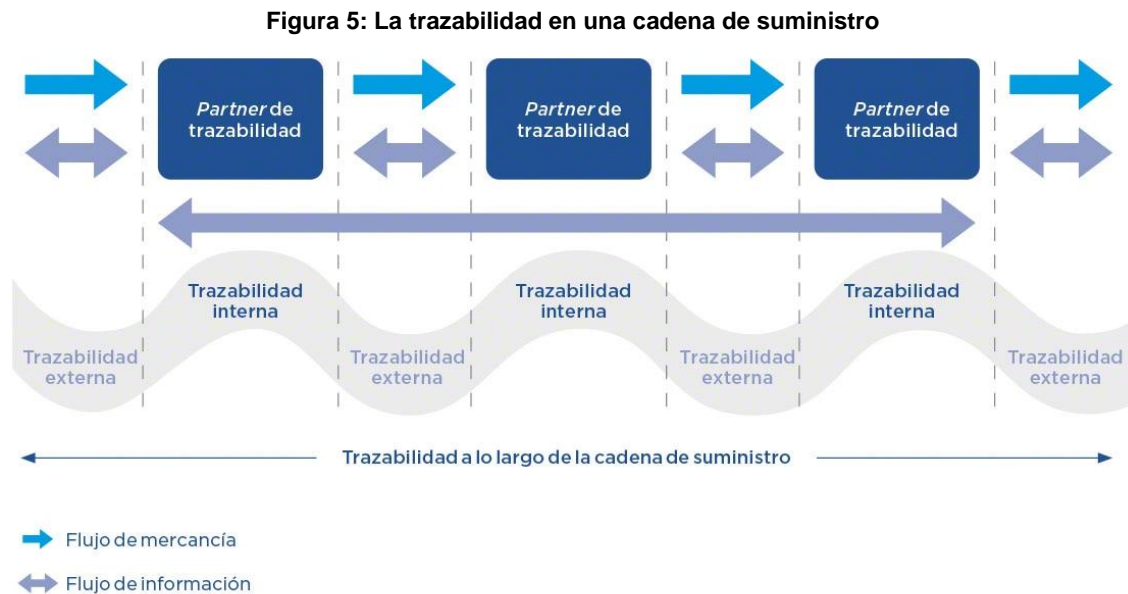
3.1.3. Trazabilidad hacia atrás (origen).

La trazabilidad hacia atrás se refiere al control de todos los productos que entran en la explotación y sus proveedores; básicamente, se busca el origen. En esta se debe tomar en cuenta varios puntos como ¿de quién se reciben los productos,

o sea el origen que tienen estos y los detalles de quien los provee; así, si sucede algún percance, permite comunicarse con dicho proveedor. (ERP, 2020).

3.1.4. Trazabilidad durante el proceso (histórico del proceso).

Conjunto de acciones, medidas y procedimientos que permiten registrar e identificar un producto y las etapas por las que ha pasado dentro de la cadena de suministro. (MECALUX, 2020). Ver figura No. 5. La sincronización de la información es la clave durante este proceso, para garantizar eficiencia y disminución de errores.



Fuente: MECALUX, 2020

La trazabilidad interna se ha convertido en un requisito logístico imprescindible, especialmente en sectores sensibles a la calidad y seguridad del stock. Como

por ejemplo el sector de la alimentación o el farmacéutico. Por este motivo, cada vez son más los clientes y proveedores que demandan un control del historial de fabricación, almacenamiento y preparación de pedidos. (MECALUX, 2020).

Para la industria agroalimentaria española, por ejemplo, la trazabilidad en esta fase es *la capacidad para seguir el movimiento de un alimento a través de etapa(s) especificada(s) de la producción, transformación y distribución.* (Agencia Española de Seguridad Alimentaria, 2004).

3.1.5. Trazabilidad hacia adelante (destino)

De acuerdo con Schwagele (2005), *la trazabilidad hacia adelante puede definirse como “la capacidad de seguir el camino de un elemento a medida que se mueve aguas abajo (a partir del actor implicado) a través de la cadena de suministro desde el principio hasta el final.*

Este tipo de trazabilidad debe permitir conocer el destinatario inmediato o cliente final del producto elaborado. Para Rábade & Alfaro (2006), *este tipo de trazabilidad en el ámbito de producción es el registro y seguimiento de piezas, procesos y materiales utilizados en producción.*

Establecida esta definición se podría decir que, *este tipo de trazabilidad comprende objetivos operativos, dígame, dar seguimiento físico a la entidad hasta el final de su trayecto o de su vida. (Citado por Sosa, 2017).*

3.2. Mecanismo de trazabilidad a nivel internacional

Con el fin de ejemplificar la trazabilidad a nivel internacional, se utilizará el caso del recorrido de la madera desde que se encuentra en el bosque hasta que llega a los consumidores finales. *El concepto de trazabilidad cobró importancia en la gestión de los bosques tropicales a principios de la década de 1980, con la sensibilización a nivel mundial sobre las problemáticas relacionadas con el medio ambiente. En ese entonces, los bosques tropicales y su aprovechamiento estaban asociados de forma casi sistemática a la deforestación (Amazonía), a la financiación de conflictos armados (Liberia) o a la erradicación de especies emblemáticas de animales (República Democrática del Congo, Indonesia). (FAO 2019).*

Al final de la década del 2000, la correcta comercialización de la madera se hace relevante, debido a diferentes prácticas realizadas por exportadores de formas poco confiables y no certificadas. Es en ese momento cuando se inician diferentes procesos para la certificación de las materias primas en este ámbito; además, se implementan varios métodos de trazabilidad en las diferentes legislaciones, con el fin de verificar que la materia prima maderera proviene de

fuentes legales y responsables. En la figura No. 6, se muestran los lugares donde los métodos de sistemas trazables han sido implementados.

Figura 6 Características de las diferentes experiencias de trazabilidad

Cuadro 1 CARACTERÍSTICAS DE LAS DIFERENTES EXPERIENCIAS DE TRAZABILIDAD PRESENTADAS					
SECCIÓN	PAÍS	SOCIO	TIPO DE BOSQUE	UBICACIÓN	SUPERFICIE
2.1	BENIN	ONAB – Empresa estatal	Plantación	Zona de Bohicon (Departamento de Zou), sitios de Akpè, Koto y Massi	14 000 ha
2.2	LIBERIA	FDA – Administración	Bosque natural – Concesiones / Bosques comunitarios / Licencias para uso privado	Zona forestal de Liberia	2 300 000 ha
2.3	CAMERÚN	Pallisco – Sociedad industrial	Bosque natural – Unidad de gestión forestal	Región oriental de Camerún	389 000 ha
2.4	REPÚBLICA DEMOCRÁTICA DEL CONGO	CFT – Sociedad industrial	Bosque natural – Concesiones	Provincia de Tshopo	699 300 ha
2.5	GABÓN	Balem Izaña, Laboka y Nkang – Asociaciones locales	Bosque natural – Bosques comunitarios	Balem Izaña – Booué Laboka – Lalara Nkang – Oyem	19 000 ha

Fuente: FAO, 2016.

La asignación de un identificador único a los árboles en pie, troncos y trozas cortas se puede realizar de diferentes formas. Algunos países requieren simplemente la marcación de un número en pintura de acuerdo con una codificación definida por la ley o establecida libremente por la empresa. Algunas empresas certificadas van más allá y colocan etiquetas identificativas de plástico

sobre los árboles y las trozas (figura No. 7: Camerún); estas etiquetas pueden estar divididas en varias piezas que contienen cada una de ellas el número del árbol (figura No. 7: Liberia). En este último caso, la primera pieza de la etiqueta se deja en el árbol talado para garantizar su trazabilidad; las otras partes son tomadas por el extractor o por los operadores madereros sucesivos que intervienen sobre la madera, a fin de dar seguimiento a las actividades diarias de aprovechamiento. (FAO 2019).

Figura 7: La asignación de un identificador único a los árboles en pie, troncos y trozas cortas
Etiqueta de trazabilidad en varias secciones (Camerún) Código de barras en un tocón (Liberia)



Fuente: FAO 2019.

Así mismo, para brindarle soporte a la implementación de dichos métodos, se cuenta con bases de datos digitales. Actualmente, existen diversos sistemas de diagramación del proceso de recolección de datos (ver figura No.8). *Un diagrama de flujo de datos es una técnica muy apropiada para reflejar de una forma clara y precisa los procesos que conforman el sistema de información. Permite representar gráficamente los límites del sistema y la lógica de los procesos, estableciendo qué funciones hay que desarrollar.* (Cillero, 2022).

Claramente, cuando se utiliza un sistema, no es posible visualizar el trasfondo de su programación, pero este tipo de sistemas de diagramación permite que se puedan tomar decisiones acerca de las mejoras futuras para el proceso. Para una Ingeniero en sistemas, que se encarga de la programación, es sencillo visualizar la estructura del proceso, pero para las personas externas a dicha actividad, es bastante complejo el lenguaje informático, para ello es importante poder visualizar la información en un sistema de diagramación de datos.

Figura 8: Sistema de recolección de datos

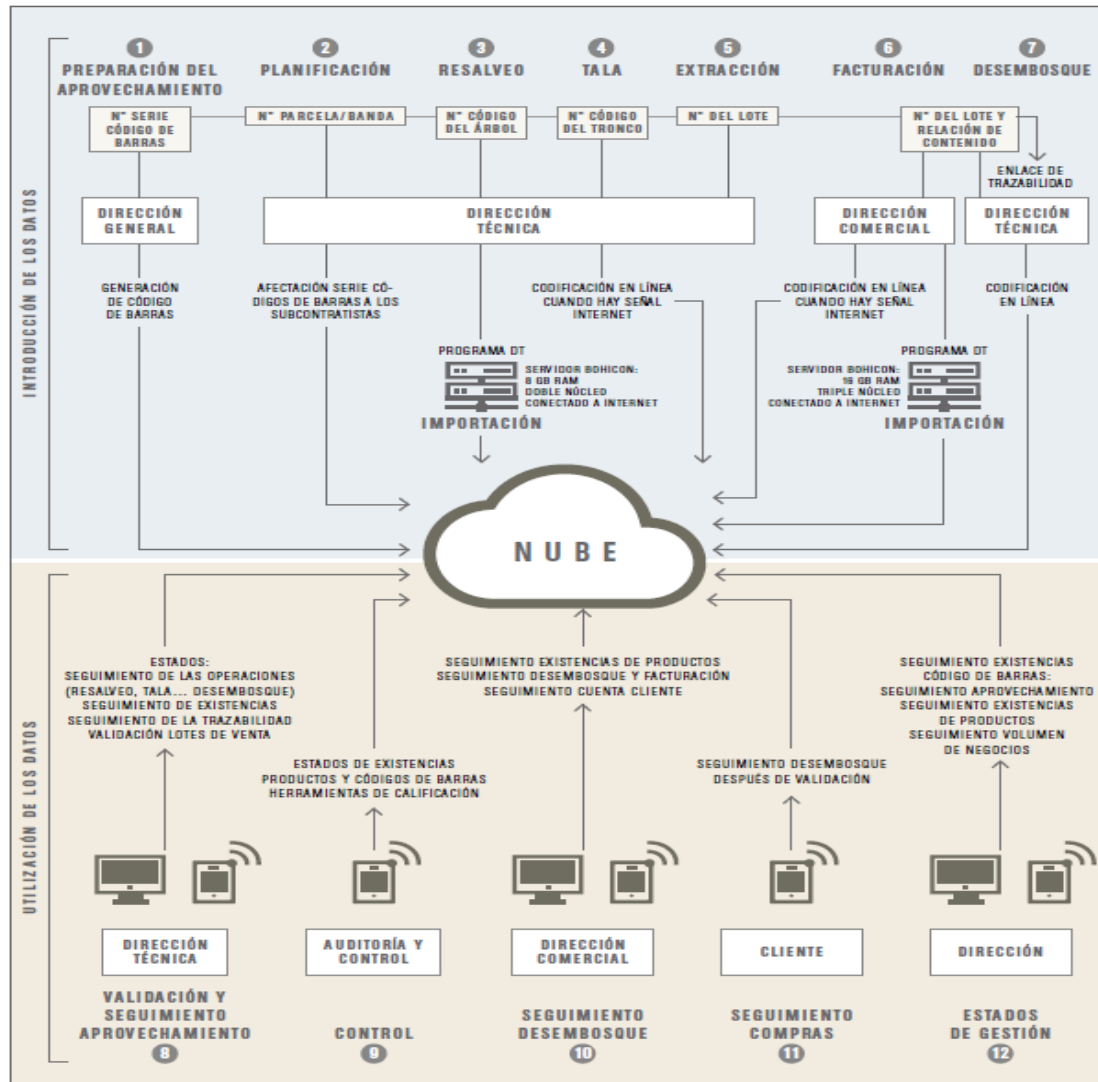


Figura 3 Esquema funcional del sistema de trazabilidad ONATRACK

Fuente: FAO 2019.

El consumidor estará seguro del origen legal de los productos madereros que compra solamente cuando estos productos estén acompañados, a lo largo de la cadena de producción, de una información sobre su origen que sea coherente,

documentada y verificada. La presente publicación ha permitido ofrecer una visión general del funcionamiento de varios de estos sistemas, implementados sobre el terreno a diferentes escalas y en diferentes contextos. Esperamos que estas aportaciones sirvan como inspiración para nuevas iniciativas y contribuyan a la aplicación del Plan de Acción FLEGT. (FAO, 2019).

Figura 9: Resumen del funcionamiento sistemático de la aplicación trazable desde atrás, interna y hacia adelante

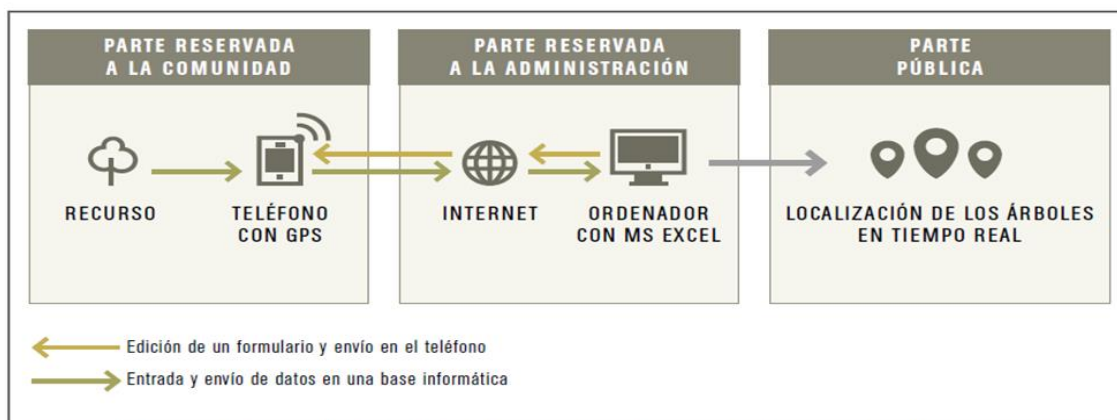


Figura 11 Principios de la trazabilidad de la madera procedente de los bosques comunitarios para las aplicaciones en teléfonos móviles (Gabón)
(Fuente: Quentin Meunier)

Fuente: FAO, 2019.

3.3. Codificación a través de código de barras y QR:

Según la real academia española, código de barras se define como: *Conjunto de signos formado por una serie de líneas y números asociados a ellas, que se pone sobre los productos de consumo y que se utiliza para la gestión informática de las existencias. (RAE, 2022).*

Este concepto no es nada nuevo, ya que el código de barras se empezó a implementar desde el año 1974, el cual, ha tenido una gran evolución y seguirá formando parte de la innovación tecnológica.

La estructura de un código de barras consiste en lo siguiente: *Los dos primeros dígitos identifican al país del que proviene el artículo. Los siguientes números que abarcan la cantidad de cinco, indican el número que dispone la empresa. A continuación, se incluyen los números del producto que sirven para identificarlo. El dígito de control es el último número que se vislumbra en un código de barras y es la comprobación de que todo está correcto y aporta seguridad para la gestión del producto. Por otro lado, las barras que se incluyen en un código de barras tienen valores diferentes dependiendo siempre de la cantidad y la anchura que tengan. Habitualmente cada una de estas barras se compone de 8 sub-barras situadas horizontalmente y de distinto color: blanco o negro. Aquí entra a formar parte el lenguaje binario, ya que se utiliza siendo el negro 1 y el blanco 0. (Rosario Peiró, 2020).*

Por otra parte, el código QR (*Quick Response* o *de respuesta rápida*) fue creado por la compañía *Denso Wave*, subsidiaria de *Toyota*, para registrar repuestos... Por definición, la tecnología se entiende como un conjunto de códigos de barras bidimensionales, que generan puntos, que representan datos, delimitados por marcadores estándar en forma cuadrangular. No son una tecnología, sino un instrumento para presentar información. Son códigos bidimensionales que pueden contener cantidades variables de información: un texto, números e información binaria. (Perazo, 2014).

Con la llegada de los móviles con cámara se han ampliado sus posibles usos, orientándose hacia el usuario y facilitando la adquisición de servicios e información. (Gelado, 2007).

Por ejemplo, el uso que se le ha dado en un país como Brasil, ha sido de gran importancia para el mercado farmacéutico, debido a la gran falsificación de medicamentos y robo. ANVISA, la Agencia Nacional de Vigilancia Sanitaria, tuvo que desarrollar una legislación específica para el control de medicamentos en todo el territorio nacional. Para el periodo 2007 y 2011, concluyó posterior a un estudio, que el 10 % de los medicamentos vendidos eran falsos.

En 2009 se publicó la ley 11.903 que determina la creación del Sistema Nacional de Control de Medicamentos (SNCM), desde la producción hasta el consumo. El seguimiento de los medicamentos debe realizarse mediante tecnología de captura, almacenamiento y transmisión electrónica de datos, de los productos farmacéuticos en todo el territorio nacional.

El movimiento de los medicamentos a lo largo de la cadena de productos farmacéuticos puede ocurrir en forma agregada, para esto se creó el código, IET (Identificador de Embalaje de Transporte), cuando uno o más IUM se embalan en un embalaje de transporte. (Faria, 2021).

Para el cumplimiento del objetivo, fue necesario establecer una serie de prioridades, como por ejemplo: *crear mecanismos de protección, procedimientos de buenas prácticas, utilice el mayor nivel de automatización posible y mantener a los colaboradores motivados y formados (Faria, 2021).*

Comenta la autora Daniela Faria, que, para esta industria, la importancia de esta implementación, radica en la seguridad y el mejor control, no para reducir errores, sino que un error puede costar vidas.

3.4. Teoría administrativa de procesos:

El marco inicial de referencia para esta investigación aplicada, es la teoría de procesos, la cual establece cómo gestionar una organización. Una organización

normalmente se agrupa o se engloba bajo el contexto, de tres grandes niveles: operativo, mando medio y autoridad máxima. Esta teoría se encuentra basada en la voluntad de las personas para hacer uso eficiente de los diferentes recursos según su nivel; es decir, que los individuos de la organización se encuentran anuentes, tanto en sus motivaciones como en sus interrelaciones, a participar en una cadena de actividades con el fin de conseguir los resultados propuestos.

Los tres niveles de organización se definen de la siguiente manera:

- a) Nivel operativo: es el núcleo técnico de la organización, personal con una especialización a nivel básico, intermedio o avanzado en un área específica y no tanto organizacional o de gestión.
- b) Mando Medio: nivel intermedio, mediador o estratégico, *brazo derecho* de la autoridad máxima.
- c) Autoridad máxima: es el nivel más elevado de la organización, en este se encuentran los directores o gerentes, quienes son los responsables de la planificación organizacional a nivel macro⁹.

Esto surge a partir del estudio de movimientos, para buscar la eficacia y eficiencia del proceso y, de forma paralela, los niveles de la organización (ver tabla No. 2,

⁹ En el contexto Universitario, dependerá del área, macro podría ser desde Rectoría, Vicerrectorías, hasta áreas específicas como Escuelas, Centros y otros.

acercamiento al ciclo administrativo) intervienen, por lo que es importante considerar que:

La administración científica representa una primera aproximación teórica a los estudios de la administración empresarial y se situó inicialmente en el plano del trabajo individual de cada obrero. Hasta entonces la selección del método de trabajo era confiada al obrero, que se basaba en su experiencia personal anterior para definir cómo realizaría sus tareas... Los fundamentos de la administración de las tareas se basaban en la organización racional del trabajo del obrero que intentaba descubrir el método (the best way) que lo convertiría en un trabajador eficiente. (Chiavenato, 2001)

Tabla 2: Los cuatro principios de la administración científica de Taylor

1.	Principio de planeación: sustituir el criterio individual del obrero, la improvisación y la actuación empírica en el trabajo por métodos basados en procedimientos científicos. Cambiar la improvisación por la ciencia mediante la planeación del método.
2.	Principio de preparación: selecciona científicamente los trabajadores de acuerdo con sus aptitudes; prepararlos y entrenarlos para que produzcan más y mejor, de acuerdo con el método planeado. Además de la preparación de la fuerza laboral, se deben preparar también las máquinas y los equipos de producción, así como la distribución física y la disposición racional de las herramientas y los materiales.
3.	Principio de control: controlar el trabajo para certificar que se ejecuta de acuerdo con las normas establecidas y según el plan previsto. La gerencia tiene que cooperar con los trabajadores para que la ejecución sea la mejor posible.
4.	Principio de ejecución: distribuir de manera distinta las funciones y las responsabilidades para que la ejecución del trabajo sea más disciplinada.

Fuente: (Chiavenato, 2001).

El “principio de control” es de vital importancia para la presente investigación, ya que evidencia que el trabajo se ha realizado de la manera prevista y que al revisar

cualquier punto del proceso, este es trazable. Lo anterior quiere decir que se conoce la causa raíz de cualquier problema que se haya presentado.

3.5. Conceptos de mejora continua

La trazabilidad tiene una relación muy estrecha con la mejora continua, por tanto, es de vital importancia su definición. La norma INTE ISO 9001 2015 incluye la “mejora” como uno de los siete principios de gestión para la calidad, es un apartado que se convierte en requisito fundamental para todas aquellas organizaciones que deseen adoptar esta norma de forma voluntaria. La mejora involucra siempre ir un paso adelante, ser proactivo, no es solo dar la milla extra, sino que esta perdure en el tiempo; por lo cual, su cumplimiento al 100 % se vuelve complejo.

El objetivo de la mejora continua, es que el cambio es la constante, y se espere que cada cambio traiga consigo aspectos que impactan de manera positiva. Por ejemplo, en una auditoría, surgen normalmente hallazgos (aspectos que no cumplen parcial o total, una norma, requisito o criterio), que generalmente conducen a una acción correctiva o una acción preventiva, donde se espera que se analice el error y sea modificado.

La mejora continua es el *continuo que no tiene final. Dicho proceso permite visualizar un horizonte más amplio; donde se buscará siempre la excelencia y la*

innovación ...su competitividad; disminuir los costos, orientando los esfuerzos a satisfacer las necesidades y expectativas de los clientes. (Johny Martínez, 2018).

Eduardo Deming, el padre de la calidad total, identifica la mejora continua *como esa excelencia o perfección que nunca se logra, pero que siempre se debe buscar. Que es gratis, pero de no lograrla o encaminarnos hacia ella, si puede generar costos negativos, tanto cuantitativos como cualitativos.*

3.6. Normativas de estandarización a nivel Internacional

3.6.1. Organización Internacional de Estandarización (ISO)

La Organización Internacional de Estandarización (Internacional Organization for Standardization o ISO por sus siglas en inglés) fue fundada en 1947 y desde entonces se han publicado más de 22 000 normas relacionadas con tecnología y economía. Su finalidad es el desarrollo de normas aprobadas por organismos autorizados para lograr una estandarización de los procesos y actividades en la generación de bienes y servicios. La misma se encuentra integrada por un representante de cada país en tres categorías: miembros Plenos, miembros Correspondientes y miembros Suscriptores.

Hoy las normas de calidad se encuentran basadas en diferentes principios enfocados en la satisfacción y motivación del cliente. Además, estas buscan la

mejora continua en una tarea de todos los días, partiendo del hecho de que el cambio es la constante, pero intentando obtener los mejores logros.

Quienes trabajan bajo una certificación o acreditación con una norma ISO, lo hacen día con día con altos estándares homologados a nivel internacional para la búsqueda de la mejora continua, al tiempo que se brinda seguridad y confianza a la sociedad.

3.6.2. La gestión de la calidad en la gestión pública a nivel Iberoamericano
En octubre de 2008, se celebró en El Salvador, la XVIII Cumbre Iberoamericana de jefes de Estado y de Gobierno, en la cual se aprueba la Carta Iberoamericana de Calidad en la Gestión Pública a partir de la resolución No. 25 del Plan de Acciones. En dicha carta se hace un llamado a todas las organizaciones que hacen uso de fondos públicos, así como al Estado, para que adopten prácticas normalizadas orientadas al logro de la eficiencia y eficacia de los objetivos institucionales y a nivel país.

La Carta Iberoamericana vincula la calidad en la gestión pública con dos propósitos fundamentales de un buen gobierno democrático: 1. toda gestión pública debe estar referenciada a la satisfacción del ciudadano, ya sea como usuario o beneficiario de servicios y programas públicos, o como legítimo participante en el proceso formulación, ejecución y control de las políticas públicas

bajo el principio de corresponsabilidad social; 2. la gestión pública tiene que orientarse para resultados, por lo que debe sujetarse a diversos controles sobre sus acciones, suponiendo entre otras modalidades la responsabilización del ejercicio de la autoridad pública por medio del control social y rendición periódica de cuentas. (CLAD, 2008).

La gestión pública, orientada a la gestión de la calidad y resultados, debe ser una estructura fundamental en las organizaciones actuales. No es algo nuevo, no debería haber resistencia al cambio, sino por el contrario apertura, flexibilidad y adaptación a la mejora continua. La constancia debe ser el cambio, hacia la eficiencia y eficacia, más aún, cuando hablamos de recursos públicos.

3.7. Estandarización en Costa Rica bajo la Ley No. 8279 Sistema Nacional para la Calidad

La Ley No. 8279 denominada, Sistema Nacional para la Calidad, fue promulgada en el año 2002 y tiene como objetivo establecer un marco estructural para las actividades vinculadas a la demostración de la calidad.

En materia de conformidad de la evaluación, competitividad entre otros, esta ley busca la mejora en la competitividad, de las empresas e instituciones tanto nacionales como internacionales, durante la transferencia de bienes y servicios,

en otras palabras, busca eliminar barreras al comercio. Es de cumplimiento obligatorio para el Poder Ejecutivo.

Su relevancia radica, que, para brindar servicios al Poder Ejecutivo de nuestro país, estos deben estar en cumplimiento de esta ley y su servicio acreditado ante el ECA, el cual se expondrá más adelante.

3.7.1.1. Componentes del Sistema Nacional para la Calidad

ECA, ORT (Órgano de Reglamentación Técnica) INTECO y LACOMET¹⁰, son los miembros del Sistema Nacional para la Calidad, por ello la Ley en mayo 02 del 2002, crea el Ente Costarricense de Acreditación, ECA, como una entidad pública de carácter no estatal, con personería jurídica y patrimonio propios. Ejerce su gestión administrativa y comercial con absoluta independencia y se guía exclusivamente por las decisiones de su Junta Directiva, basadas en la normativa internacional. La Junta actúa conforme a sus criterios, dentro de la Constitución, las leyes y los reglamentos pertinentes en procura del desarrollo y la eficiencia en sus funciones. El ECA se rige por las disposiciones de esta Ley y su Reglamento.(Ley No. 8279, SNC).

¹⁰¹⁰ Posterior al año 2021, llamado LCM.

3.7.1.2. Ente Costarricense de Acreditación (ECA):

El ECA es el único ente con la capacidad para acreditar los procedimientos en lo que respecta a los Organismos de Evaluación de la Conformidad (OEC) tales como laboratorios de ensayo o calibración, organismos de inspección y control, entes de certificación y otros afines.

3.7.1.3. Laboratorio Costarricense de Metrología (LCM):

En el año 2002, se crea el Laboratorio Costarricense de Metrología (LACOMET¹¹), como un órgano de desconcentración máxima, con personalidad jurídica instrumental para el desempeño de sus funciones, adscrito al Ministerio de Economía, Industria y Comercio que se regirá por las normas nacionales e internacionales aplicables. (Echandi, 2018).

El objetivo de este Laboratorio es garantizar la trazabilidad de las mediciones que se ejecutan en el país de inicio a fin, según lo establece el Sistema Internacional de Unidades (SI), por lo tanto, es el gestor a nivel nacional de la metrología, custodia patrones y funge como laboratorio de referencia.

¹¹ Posterior al año 2021, llamado LCM.

3.7.1.4. Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (INTECO)

El INTECO es una asociación privada, multisectorial, de utilidad pública y sin fines de lucro creada en 1987. Además, es reconocido por el Gobierno de Costa Rica como el ente nacional para la normalización, de acuerdo con la ley No. 8279 del Sistema Nacional para la Calidad y representa al país ante la Organización Internacional para la Normalización (ISO), la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) y la Comisión Panamericana de Normalización Técnica (COPANT).

Tiene como misión: *Impulsar la mejora continua en la calidad de vida, en los productos y servicios; en el crecimiento de la productividad y de la sostenibilidad en las sociedades que servimos; una organización, un sector y una nación a la vez.*

El Instituto es el encargado de desarrollar u homologar las normas técnicas que el país requiere, esto quiere decir que es miembro de la ISO y por ende, participa en la creación de las diferentes normas aplicables, al tiempo que es el responsable de realizar la traducción, desarrollo y homologación¹² de aquellas normas que correspondan.

¹² Homologar consiste en la publicación o adopción de un documento normativo, basado en una norma internacional.

Desde el 2018 y hasta el 2020, INTECO ocupa uno de los 20 puestos en el Consejo Directivo de la ISO, lo que representa un beneficio para Costa Rica, ya que cuanto más fuerte sea su ente nacional de normalización, mayores serán las oportunidades y herramientas que las diferentes partes interesadas (consumidor, Estado, empresas, sociedad) pueden aprovechar. (INTECO, 2022).

3.7.1.5. Órgano de Reglamentación Técnica

El ORT, tiene la función de recomendar la adopción, actualización, modificación o derogación de los reglamentos técnicos emitidos por el Poder Ejecutivo, así como emitir criterio técnico durante el levantamiento de anteproyectos. Está conformado por representantes del Ministerio de Economía, Industria y Comercio, los cuáles serán nombrados por el Poder Ejecutivo.

3.8. Sistema de Calidad del LanammeUCR bajo las normas INTE ISO/EIC 17025 e INTE ISO/IEC 17020

A continuación, se muestra un resumen relacionado con la trayectoria del sistema de gestión de calidad del LanammeUCR desde su inicio hasta la actualidad. En el año 2001 el LanammeUCR inicia el proceso para la acreditación de un sistema de gestión de calidad basado en la norma INTE-ISO/IEC 17025, denominada “Requisitos Generales para la competencia de laboratorios de ensayo y calibración”. En el año 2002 acreditó ante el ECA un primer grupo de 8 ensayos.

Actualmente, el Laboratorio cuenta con más de 80 ensayos de materiales de construcción acreditados.

Conscientes de nuestra responsabilidad de garantizar la validez técnica de los resultados de ensayos que se emiten, el LanammeUCR adquirió desde 1987 patrones de fuerza, con el fin de realizar las comprobaciones de los equipos de fuerza (máquinas universales, máquinas para ensayos de suelos y mezclas asfálticas, entre otros,) con las que se contaba en ese momento. En el país no existían, o al menos no se tenía conocimiento de otros patrones de fuerza. (LanammeUCR, 2022).

Dado lo anterior, en el año 2003, el Laboratorio Costarricense de Metrología (LCM), le propone al LanammeUCR hacerse cargo de la magnitud fuerza. En el año 2007 se establece oficialmente el Laboratorio de Fuerza, el cual funciona bajo un Sistema de Gestión de Calidad basado en la norma INTE ISO/IEC 17025:2005. (LanammeUCR, 2022).

En julio de 2010 se acreditan ante el Ente Costarricense de Acreditación (ECA) dos procedimientos para calibración de máquinas e instrumentos de fuerza. En noviembre de 2011, el Laboratorio Costarricense de Metrología (LCM), designa al Laboratorio de Fuerza del LanammeUCR como Laboratorio Nacional de Referencia en Metrología. (LanammeUCR, 2022).

Por otra parte, en el año 2020 se recibe la noticia de que la Unidad de puentes, acredita su procedimiento de inspección de puentes bajo la norma INTE ISO/IEC 17020:2012, lo cual genera una mayor confiabilidad en los trabajos de inspección que se realizan para el Gobierno central y diferentes instituciones alrededor del país. Dicha acreditación, es el resultado, de trabajo y esfuerzo, que tomó varios años desarrollar. La mejora en la calidad de procesos continúa con el fin de lograr que todo el Laboratorio trabaje bajo altos estándares de calidad.

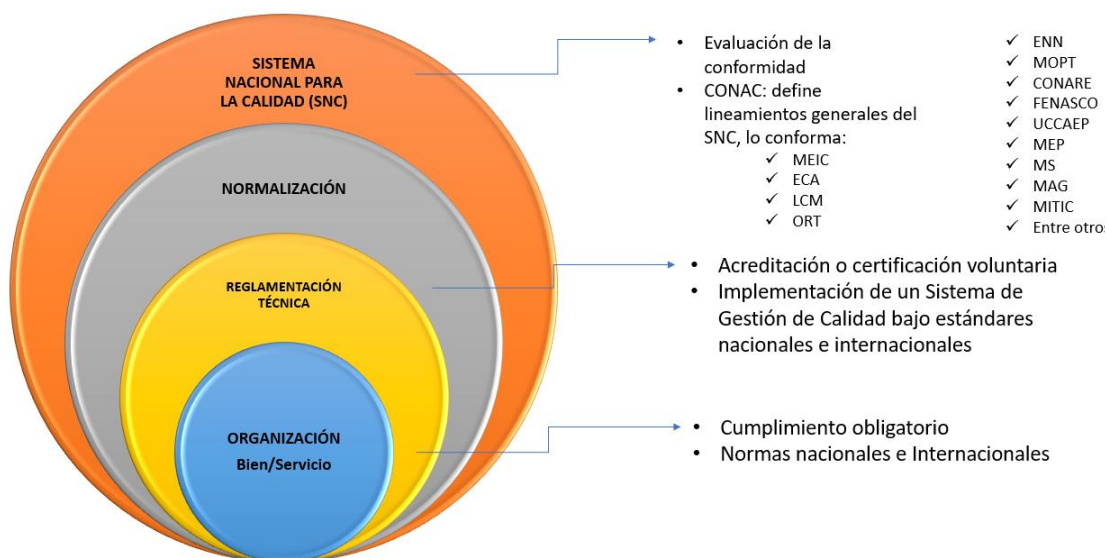
3.9. Resumen: Marco analítico de la investigación

Haber elaborado el marco teórico anterior, permite entender la normativa que enmarca la aplicación de la gestión para la calidad en una organización. A su vez, existen aspectos básicos teóricos, como la Teoría Administrativa de Procesos, que a pesar de no ser novedoso, abarcan principios básicos de la gestión administrativa basada en procesos.

Con relación al concepto de trazabilidad, no se puede hablar de la calidad, sin que se encuentre implícito este concepto en el proceso para la generación de un bien o servicio y la aplicación en organizaciones internacionales, de sistemas trazables, son claros ejemplos de su alcance.

Posteriormente es importante entender la estructura del Sistema para la Calidad de nuestro país, y como sus componentes tienen una función específica, ya sea de acreditación, certificación, reglamentación o metrología. En la figura No.10, se puede comprender mejor, como se sitúa una organización como parte del Sistema Nacional para la Calidad en nuestro país y, como se engloba su quehacer a partir de la normalización de sus procesos.

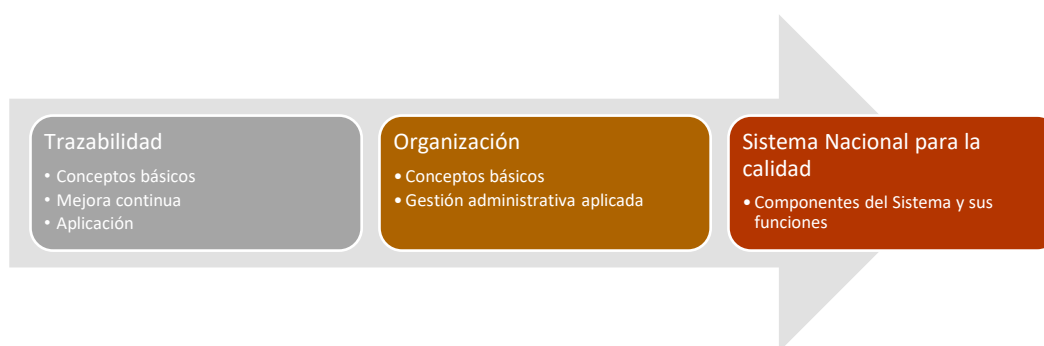
Figura 10: Estructura para la gestión de la calidad a nivel nacional



Fuente: elaboración propia

La ruta de análisis de este marco teórico se puede observar de forma resumida en la figura No. 11, donde nos desplazamos de los conceptos macro de la gestión de la calidad, al nivel más específico, el cual se enmarca a través de la Ley para el Sistema Nacional para la Calidad.

Figura 11: Resumen de marco teórico



Fuente: elaboración propia

4. Capítulo 4

4.1. Metodología

La presente investigación aplicada consiste en realizar una serie de pruebas a los métodos de ensayo seleccionados para determinar aspectos clave y oportunidades de mejora que, posteriormente, se podrían utilizar, para diseñar el mecanismo automatizado que permita garantizar la trazabilidad de las muestras de dichos ensayos en todo momento y que sea compatible con el sistema de Control de Trabajos de Laboratorio (CTL) que tiene implementado el LanammeUCR.

4.1.1. Técnicas de investigación utilizadas.

- a) Recopilación de información: se revisa el sistema de gestión de calidad actual, gestión de la calidad a nivel internacional y la trazabilidad de las muestras, tanto para los Laboratorio como para el resto de las unidades del LanammeUCR.

- b) Análisis y revisión de documentos provenientes de fuentes primarias y secundarias.

- c) Observación: durante una visita a los laboratorios se contrasta la información recopilada con respecto a la ejecución del procedimiento oficial. Para ello, se procede con una testificación¹³ del procedimiento PT-10 denominado “Procedimiento para seguimiento de muestras”, IT-CN-01 *Resistencia a la compresión uniaxial de especímenes de cilindros de concreto* y el IT-AC-01 *Procedimiento para ensayar barras de acero de refuerzo para concreto a tensión*.
- d) Entrevistas: se recaba información a través de una serie de entrevistas al personal involucrado, para conocer su accionar y conocimiento con respecto a la aplicación del procedimiento PT-10 actual.

4.1.2. Métodos aplicados para el análisis de la información:

- a) **Análisis del contenido:** para la revisión bibliográfica se realiza una recopilación de la documentación emitida por el LanammeUCR,

¹³ **Técnica de evaluación:** método usado por un organismo de acreditación para desempeñar una evaluación.

Evaluación: proceso realizado por un organismo de acreditación para determinar la competencia de un organismo de evaluación de la conformidad, basado en normas y/u otros documentos normativos, y para un alcance de acreditación definido.

Testificación: consiste en la revisión de la ejecución de un ensayo, calibración o inspección por parte de un ente acreditador, para determinar la conformidad de requisitos basados en una norma.

procedimientos instructivos, registros, normas internacionales aplicable ISO y normativa nacional. Ver tabla No. 3. Posteriormente se analiza comparativa, la aplicación de cada procedimiento en el Laboratorio, lo que nos lleva al siguiente punto b) consultas con expertos. Se visitan los Laboratorios según el alcance, y se verifica la aplicación de los procedimientos.

Tabla 3: Fuentes de consulta para metodología de investigación aplicada.

Fuentes consultadas	Contenido de interés
Leyes	Marco jurídico y legal del LanammeUCR y de los componentes del Sistema Nacional para la Calidad de Costa Rica.
Normas INTE-IISO/IEC	Requisitos de cumplimientos
Procedimientos de ensayo	Estructura y actividades de ensayo
Presentación resumen: Informe de auditoría OCU-R-185-H-2019	Hallazgos de auditoría

Fuente: Elaboración propia.

- b) **Consulta con expertos:** para determinar la situación actual de cómo se llevan a cabo los procedimientos de ensayo, se consulta a ambos jefes de Laboratorio, así como al personal que conforma la Unidad de Tecnologías de Información (UTI).

Tabla 4: Personal de expertos consultados en el LanammeUCR

Nombre	Puesto
Ing. Francisco Villalobos	Jefe del Laboratorio de Estructuras
Ing. Nelson Acuña	Jefe del Laboratorio de Concretos
Ing. Wilson Arguello	Jefe de la Unidad de Tecnología de Información
Ing. Leonardo Carrion	Programador de la Unidad de Tecnología de Información

Fuente: Elaboración propia

5. Capítulo 5: Investigación Aplicada

5.1. Descripción de los procedimientos seleccionados

A continuación, se hará una descripción de los procedimientos del sistema de gestión de calidad del LanammeUCR para seguimiento de muestras, así como los correspondientes a los ensayos seleccionados para esta investigación aplicada.

5.1.1. IT-AC-01 Procedimiento para ensayar barras de acero de refuerzo para concreto a tensión

El procedimiento tiene como fecha de entrada en vigor desde el 17 de febrero del 2021 y fue preparado por el jefe del Laboratorio de Estructuras, el cual pertenece a los Laboratorios del Área de Construcción del LanammeUCR. El mismo se encuentra en su versión 01 debido a que tiene menos de dos años de estar en vigor. Los nombres de las áreas y los laboratorios de ensayo fueron modificados; por ende, los procedimientos de ensayo también han sufrido cambios en su nomenclatura. También se debe destacar que no se requieren condiciones ambientales especiales para el almacenamiento, traslado o realización de la prueba.

El procedimiento IT-AC-01 tiene como referencia la norma internacional ASTM A 370 (secciones 9 y 14, excepto 14.5) y el anexo 9. A continuación, un resumen de cada una de las fases del procedimiento de ensayo:

Tabla 5: Fases del procedimiento de ensayo del procedimiento IT-AC-01

Fase	Descripción
Preparación de la muestra	<p>Se debe cortar la varilla de acero según las longitudes mínimas establecidas por la norma. Registrar la descripción del espécimen, su designación y determinar la masa (g) y la longitud en (mm). Marcar la longitud de control (longitud de medición) de 200 mm.</p>
Montaje de la prueba y falla del espécimen	<p>Colocar la varilla en el sistema de carga. El esfuerzo de fluencia o punto de fluencia se deberá determinar por alguno de los siguientes métodos:</p> <ul style="list-style-type: none"> i. Método de diagrama autográfico o un extensómetro ii. Por el método de la caída de la viga o el indicador constante, donde el acero ensayado tiene un punto de fluencia bien definido. <p>Anotar el valor obtenido para el esfuerzo de fluencia. Aplicar carga hasta falla de la varilla de acero. Registrar valor de carga máxima aplicada. Tomar medidas de elongación de la varilla. (IT-AC-01, v01).</p>
Registro y expresión de resultados	<p>a) Esfuerzo de Fluencia – El esfuerzo de fluencia se debe calcular como sigue (cuando se utiliza el método del indicador constante).</p> <p style="text-align: center;">Ecuación</p> $F_Y = \frac{P_Y}{A_n}$ <p>Donde:</p> <p>F_Y: Esfuerzo de fluencia, MPa.</p> <p>P_Y: Carga de Fluencia, N.</p> <p>A_n: Área nominal, mm² (ver normas ASTM A 615 y A 706)</p>

	<p>b) Esfuerzo máximo: se debe calcular así:</p> $F_{\max} = \frac{P_{\max}}{A_n}$ <p>F_{\max}: Esfuerzo máximo, MPa.</p> <p>P_{\max}: Carga máxima, N.</p> <p>A_n: Área nominal, mm² (ver normas ASTM A 615 y A 706)</p> <p>c) Porcentaje de elongación máximo:</p> $\varepsilon_{\max} = \frac{L_f - L_o}{L_o} 100$ <p>ε_{\max}: Porcentaje de elongación máximo, %.</p> <p>L_f: Longitud final, mm.</p> <p>L_o: Longitud Inicial, mm.</p> <p>d) Masa obtenida (MO) – La masa obtenida se calcula dividiendo la masa del espécimen entre su longitud total y se expresa en kg/m.</p>
Valores por reportar	<p>a. La identificación del espécimen</p> <p>b. La designación de la varilla</p> <p>c. La masa medida (MO) en kg/m</p> <p>d. Se debe reportar la relación (MO/MN) x 100 en %, donde MN (kg/m) es la masa nominal de la varilla de acuerdo con la norma ASTM A615 o A706.</p> <p>e. La carga de fluencia y la carga máxima en kN</p> <p>f. El esfuerzo de fluencia y el esfuerzo máximo en MPA y en sistema inglés (psi)</p> <p>g. El porcentaje de elongación máximo de la varilla</p> <p>h. Todos los resultados deben ser anotados en el registro. "Toma de datos- Procedimiento para</p>

	ensayar barras de acero de refuerzo para concreto a tensión". V. (Laboratorio Estructuras, IT-AC-01, v01)
Fuente: elaboración propia.	

5.1.2. IT-CN-01 Resistencia a la compresión uniaxial de especímenes cilíndricos de concreto

El procedimiento se encuentra en su versión 01 y tiene como fecha de entrada en vigor desde el 21 de junio del 2021 y fue preparado por el jefe del Laboratorio de Concretos, el cual pertenece a los Laboratorios del Área de Construcción del LanammeUCR.

El procedimiento IT-CN-01 tiene como referencia la norma internacional ASTM 39 o la INTE C39 en su versión en español homologada por INTECO, ente normalizador de Costa Rica. En la tabla 6 se muestra de forma resumida las fases del ensayo para determinar la resistencia de los cilindros de concreto IT-CN-01.

Tabla 6: Fases del ensayo del procedimiento IT-CN-01

Fase	Descripción
Acondicionamiento	El espécimen se recibe por parte del encargado de recepción de muestras, quien lo codifica y lo almacena en la cámara húmeda el periodo de tiempo que corresponda (INTE C39). Normalmente se manejan 28 días. Removido el espécimen de la cámara húmeda, debe ser ensayado lo antes posible.
Especímenes	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Los especímenes no deben ser ensayados si cualquier diámetro individual de un mismo cilindro difiere de cualquier otro diámetro por más de 2 %.</i>

	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Antes del ensayo, ningún extremo de los especímenes debe salirse de la perpendicularidad al eje por más de 0, 5° (equivale aproximadamente a 1 mm en 100 mm.</i> • <i>El cliente o quien especifique los ensayos requiere la medida de la densidad de los especímenes, por lo que se debe determinar su densidad antes de ser coronados.</i>
Colocación del espécimen	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Se debe colocar el bloque de carga inferior con su superficie endurecida hacia arriba, sobre el plato o la mesa de la máquina de ensayo. Se deben limpiar las caras de aplicación de carga de los bloques de carga superior e inferior, de los espaciadores si se utilizaran, y del espécimen. Si se utilizan almohadillas no adheridas, se deben limpiar las caras de aplicación de carga de los anillos de retención y se deben centrar las almohadillas no adheridas en el espécimen. Colocar el espécimen sobre el plato de carga inferior y alinear con el eje del espécimen con el centro del bloque de carga superior (INTE C39, 2020).</i>
En resumen:	<ul style="list-style-type: none"> → Medir densidad → Medir longitud (solo para densidad) → Medir masa sumergida → Verificación de espécimen <ul style="list-style-type: none"> • Planicidad • Cortar, pulir y coronar • Perpendicularidad • Diferencia de diámetros
Valores reportar: por	<ol style="list-style-type: none"> Identificación Diámetro (y longitud, si está fuera del rango de 1,8 D a 2,2 D) en milímetros Área de la sección transversal en milímetros cuadrados Carga máxima en kilonewton Resistencia a la compresión calculada al 0,1 MPa más cercano Cuando se reporte el promedio de dos o más especímenes compañeros, calcular el promedio de la resistencia a la compresión utilizando los resultados individuales sin redondear, luego reportar la resistencia a la compresión promedio calculada al 0,1 MPa más cercano Tipo de fractura Defectos del espécimen o de las coronas

	<ul style="list-style-type: none">i. Edad del espécimen al momento del ensayo. Reportar la edad en días, para edades de 3 o más días. Reportar la edad en horas para edades menores a 3 días.j. Cuando se determine, la densidad debe reportarse a los 10 kg/m³ más cercanos.
Fuente: elaboración propia.	

5.2. Ausencia de la aplicación de criterios de trazabilidad en los procedimientos seleccionados

Para el análisis de esta investigación aplicada, se toma como referencia los conceptos discutidos en los capítulos anteriores (ver figura No. 4: Tipos de trazabilidad) y se ha indicado cuales criterios mínimos cumple el LanammeUCR, basado en la revisión de los métodos de ensayo seleccionados. A continuación, en la tabla 7 se presenta un análisis comparativo del proceso actual de seguimiento de muestras, con respecto a los términos conceptuales analizados en los capítulos anteriores.

Tabla 7: Cumplimiento de los procedimientos IT-CN-01 e IT-AC-01, según criterios de trazabilidad automatizada:

Trazabilidad hacia atrás	Se cumple	Trazabilidad del proceso	Se cumple	Trazabilidad hacia delante	Se cumple
¿De parte de quien se reciben los ítems?	Si	Cuando los ítems se procesan o se reprograman	Parcial*	¿A quién se entrega?	No
¿Qué se ha recibido?	Si	¿Qué es lo que se ensaya?	Parcial*	Bitácora digital	No
¿Qué se hizo con los ítems?	No	¿A partir de qué se ensaya?	No aplica	¿Cuándo se finaliza el ensayo?	Parcial*
¿Cuándo se recibieron?	Si	¿Cómo y cuándo se ensaya?	No aplica	¿Se desecha el ítem?	No
		Identificación del producto final	Si	¿Cuándo se entrega el informe?	Si

Fuente: elaboración propia a partir del criterio de trazabilidad.

*Se cumple de forma parcial, porque se anota en la bitácora, la cuál es física no digital.

Una vez identificados los criterios en los que no está presente la trazabilidad, se procede a realizar el análisis con respecto a la gestión de la trazabilidad para los métodos seleccionados, como se muestra en la tabla No. 8.

Tabla 8: Análisis de la aplicación de criterios

Aspecto	Descripción	Criterio ausente	Importancia de ser trazable
<p>1. Sobre la Identificación del ítem</p>	<p>1.1.La identificación debe colocarse a cada muestra de una forma fácilmente visible y se debe mantener hasta su disposición final.</p> <p>Actualmente este paso se realiza para los procedimientos de ensayo seleccionados de forma manual con un marcador permanente.</p> <p>1.2.En algunos casos se utilizan etiquetas adhesivas, escribiendo de forma manual el código, con marcador permanente.</p>	<p>1.1.1.Debido a la codificación manual, no es posible trazar la muestra durante sus fases de ensayo.</p> <p>De igual forma, no es posible una captura de código de barras o código QR. Solamente se registra a su ingreso en el sistema CTL.</p> <p>1.2.2. Debido a la codificación manual, no es posible trazar la muestra durante su fase de ensayo. Solamente se registra a su ingreso en el sistema CTL.</p> <p>Si bien es cierto se utiliza una etiqueta adhesiva, en esta se escribe el código asignado de forma manual.</p> <p>Ausencia: Trazabilidad hacia atrás.</p>	<p>La codificación puede ser alterada fácilmente; sin embargo, el registro de la muestra a través de un código, QR, por ejemplo, puede ser revisado en cualquier momento del proceso.</p>

Aspecto	Descripción	Criterio ausente	Importancia de ser trazable
2. Información del cliente	<p>2.1. Información del cliente: El ERM se encarga de colocar la identificación y de remover o eliminar del empaque del ítem la información que ponga en peligro la confidencialidad del cliente. En los casos en que no se puede remover la identificación dada por el cliente, se anota este detalle en el CTL. (LanammeUCR. PT-10, v15).</p>	<p>2.1.1. Este mecanismo pone en riesgo la información del cliente.</p> <p>Si bien es cierto, la muestra llega con dicho problema de codificación al Laboratorio; se debe tomar en cuenta que, si el cliente desea preservar su información de forma confidencial, el tratamiento a este tipo de muestras se debe realizar de una forma diferenciada.</p> <p>Si por el volumen o cantidad de este tipo de muestras no es posible, debe quedar en conocimiento del cliente que su información se tratará de la manera más confidencial posible, pero que existe un riesgo.</p> <p>Ausencia: trazabilidad hacia atrás y durante el proceso.</p>	<p>Conservar la confidencialidad de la información del cliente.</p> <p>Existen análisis de ensayo que solicitan algunos clientes, debido a demandas, investigaciones y otros.</p>

Aspecto	Descripción	Criterio ausente	Importancia de ser trazable
3. Sobre el traslado del ítem	3.1.Las muestras se reciben y se trasladan para su almacenamiento previo al ensayo o de forma directa al Laboratorio.	3.1.1.Durante el traslado, no se puede determinar de forma automatizada, por medio de un sistema o mediante el software CTL, dónde se encuentra el ítem de ensayo en todo momento, así como tampoco se puede asegurar la integridad de la codificación hasta su desecho. Ausencia: trazabilidad de proceso.	Es importante que las autoridades del Laboratorio tengan acceso a la información en las diferentes fases del proceso que se encuentra el ítem de ensayo, no solo en caso de consultas por parte de los clientes, sino también para agilizar el proceso de supervisión y control interno. Con respecto a la integridad de la muestra durante el traslado, es importante que el tipo de codificación que se utilice sea resistente a las condiciones de uso o manipulación que la muestra pueda sufrir durante sus traslados.
4.Sobre el traslado de ítem	4.1.Posterior a su codificación se debe notificar al jefe de Laboratorio donde fue ubicada la muestra.	4.1.1.El procedimiento actual no permite alimentar el software CTL para que este envíe notificaciones a los jefes de Laboratorio informando sobre la ubicación de la muestra. Ausencia: trazabilidad de proceso.	Cuando se traslada la muestra, es importante que el jefe del Laboratorio pueda conocer en tiempo real dónde se encuentra ubicado el ítem.

Aspecto	Descripción	Criterio ausente	Importancia de ser trazable
5. Almacenamiento del ítem	<p>5.1. Si la muestra se almacena, la única forma en que el jefe de laboratorio conozca esta información, es si es notificado por el ERM, normalmente por medio de un correo electrónico. A través del sistema de control de trabajos, solo es posible ver que este ítem ha ingresado a las instalaciones, pero no se puede saber si ha sido trasladado para ser almacenado o ensayado ni cuándo ni dónde se dio lo anterior.</p>	<p>5.1.1. Si por alguna razón, el ERM no puede notificar al jefe de laboratorio, este último debe estar atento y realizar la consulta para saber si el ítem ingresó o no al Laboratorio. La responsabilidad de realizar la notificación es exclusiva del ERM.</p> <p>Ausencia: trazabilidad en el proceso.</p>	<p>Si se cuenta con un sistema automatizado y por alguna razón el ERM no realiza la notificación, cuando el técnico reciba la muestra, este podría revisar y alimentar el sistema y así en el CTL se contaría con la información en tiempo real.</p> <p>Los roles deben estar debidamente definidos para que se tenga claro quién podría alimentar el sistema. Lo importante, es que la información se encuentre cuando se requiera y se mitiguen los riesgos.</p>

Aspecto	Descripción	Criterio ausente	Importancia de ser trazable
6. Programación de las pruebas de ensayo	<p>6.1. Para conocer la programación de ensayo de los ítems, solo las personas con acceso a Google calendar pueden conocer dichas fechas.</p> <p>6.2. El técnico de laboratorio tiene acceso y permisos para la modificación de la programación del trabajo de ensayos de laboratorio.</p>	<p>6.1.1. Si se habla en términos prácticos de consulta para autoridades del Laboratorio, o en caso de ausencia de los titulares, el CTL no contiene una programación de calendario similar o al menos una que se adapte a las prácticas actuales.</p> <p>6.2.2. No necesariamente el jefe de laboratorio se dará por enterado de forma sistemática, ni tampoco se dará por enterado si la muestra es desalmacenada antes o posterior a la fecha de programación, a menos que el propio técnico le notifique. Es posible enviarle un correo electrónico, pero no es lo usual.</p> <p>Ausencia: trazabilidad en el proceso.</p>	<p>El desconocimiento de los cambios en la programación, pueden provocar un desfase con respecto a las condiciones ambientales que podría requerir el ítem. Actualmente, el riesgo por error humano es alto. El riesgo debe ser mitigado y la calendarización debe ser realizada en tiempo real con roles definidos y para consulta ágil de las autoridades.</p> <p>La importancia en este caso radica en que las autoridades del Laboratorio puedan acceder a información en tiempo real.</p> <p>En este caso, el personal técnico puede alimentar a través de una tableta electrónica la información del sistema, para que así la programación siempre se encuentre actualizada y no se tenga que recurrir a consultas vía telefónica o por correo electrónico. En algunos casos se dan cambios que nunca son reflejados en el sistema actual.</p>

Aspecto	Descripción	Criterio ausente	Importancia de ser trazable
7.Desecho del ítem	7.1.Posterior a la realización del ensayo, la muestra normalmente debe ser desechada, de lo contrario, debe ser almacenada para lo que se requiera.	7.1.1.La información del desecho de la muestra usualmente no es registrada en el software CTL. El jefe del Laboratorio conoce lo que se debe hacer con los restos del ítem, pero no puede asegurar, de forma sistemática, cómo, cuándo y dónde fue desechada o almacenada y, forzosamente, debe preguntarle al técnico que realizó el ensayo. Ausencia: trazabilidad hacia delante.	La información del desecho casi nunca es ingresada al software CTL, debido a que la interfase es poco amigable para el personal que ejecuta ensayos diariamente. Un sistema de códigos QR permitiría ingresar de forma ágil la información en el momento del desecho y daría solución a la problemática actual.
Fuente: elaboración propia			

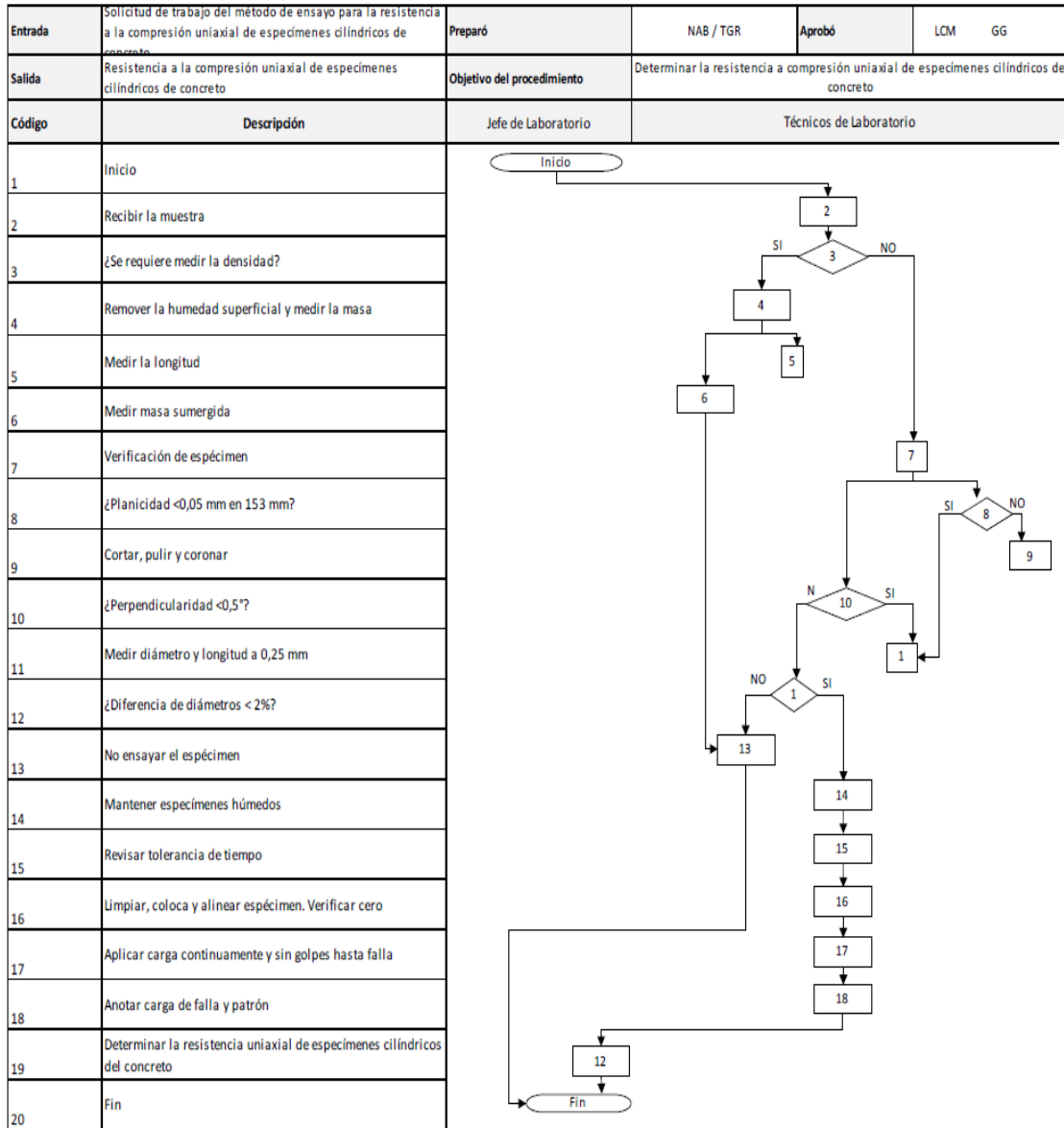
En las siguientes figuras No.12 y No. 13, se puede observar las etapas de los dos procedimientos de ensayo seleccionados en las cuales hay ausencia de trazabilidad.

Figura 12: Secuencia trazable actual: IT-AC-01: Procedimiento para ensayar barras de acero de refuerzo para concreto a tensión.



Fuente: elaboración propia.

Figura 13: Secuencia trazable actual, IT-CN-01: Resistencia a la compresión uniaxial de especímenes cilíndricos de concreto



Actualmente solo el ingreso del ítem, es trazable a través del Software Control de trabajo

El desalmacenamiento del ítem, la ejecución del ensayo y el desecho de los restos del ítem, son actividades del proceso que actualmente no son trazables través del software.

miro

Fuente: Elaboración propia sobre diagrama de flujo del IT-CN-01, versión 01.

5.3. Mecanismo de trazabilidad

En este capítulo se describen las diferentes pruebas que se desarrollaron como parte de la propuesta de un mecanismo que pueda asegurar la gestión de la trazabilidad de los ítems de ensayo que se reciben en el LanammeUCR, por medio de un sistema automatizado que se pueda incluir como parte del software actual denominado Control de Trabajos de Laboratorio (CTL).

En el LanammeUCR se realizan más de 100 tipos de procedimientos de ensayo para múltiples materiales que se utilizan en los procesos constructivos, geotécnicos y otros relacionados con la Ingeniería Civil. La selección de los procedimientos de ensayo para el desarrollo de este mecanismo se justifica a partir del volumen (cantidad) de ensayos que se realizan anualmente. Para poder hacer extensivo este mecanismo a todos los ensayos, se debe realizar los pasos que se describen a continuación para cada uno de tipos de ítems de ensayo, y así determinar cuál será el mejor método de codificación, dependiendo del material o sus componentes, método de almacenamiento o acondicionamiento, según aplique.

5.3.1. Paso 1: Identificación de la codificación de la muestra de ensayo

Para cada uno de los ítems de ensayo, posterior a su recepción en el laboratorio, se debe identificar la forma en la cual son codificados. Para este caso, se ha seleccionado el ítem para el método de ensayo IT-AC-01. En la figura No.14 se puede apreciar que la muestra que aplica al ensayo para determinar la resistencia

de cilindros de concreto se codifica de forma manual, escribiendo sobre él con un marcador permanente.

Figura 14: Muestra de ítem de ensayo seleccionada para la prueba del mecanismo



Fuente: fotografía tomada en el LanammeUCR. Año 2021. Muestra de ítem desechada, fue tomada como ejemplo para el caso en estudio.

5.3.2. Paso 2: Identificar posibles métodos de codificación de la muestra

Con el personal del LanammeUCR, se analizan los posibles materiales que se pueden utilizar para una etiqueta y sobre los cuales se pueda imprimir un código de barras (método digital trazable); es decir, que no se tenga que recurrir al uso de una etiqueta sobre la cual se escribe de forma manual, sino por el contrario,

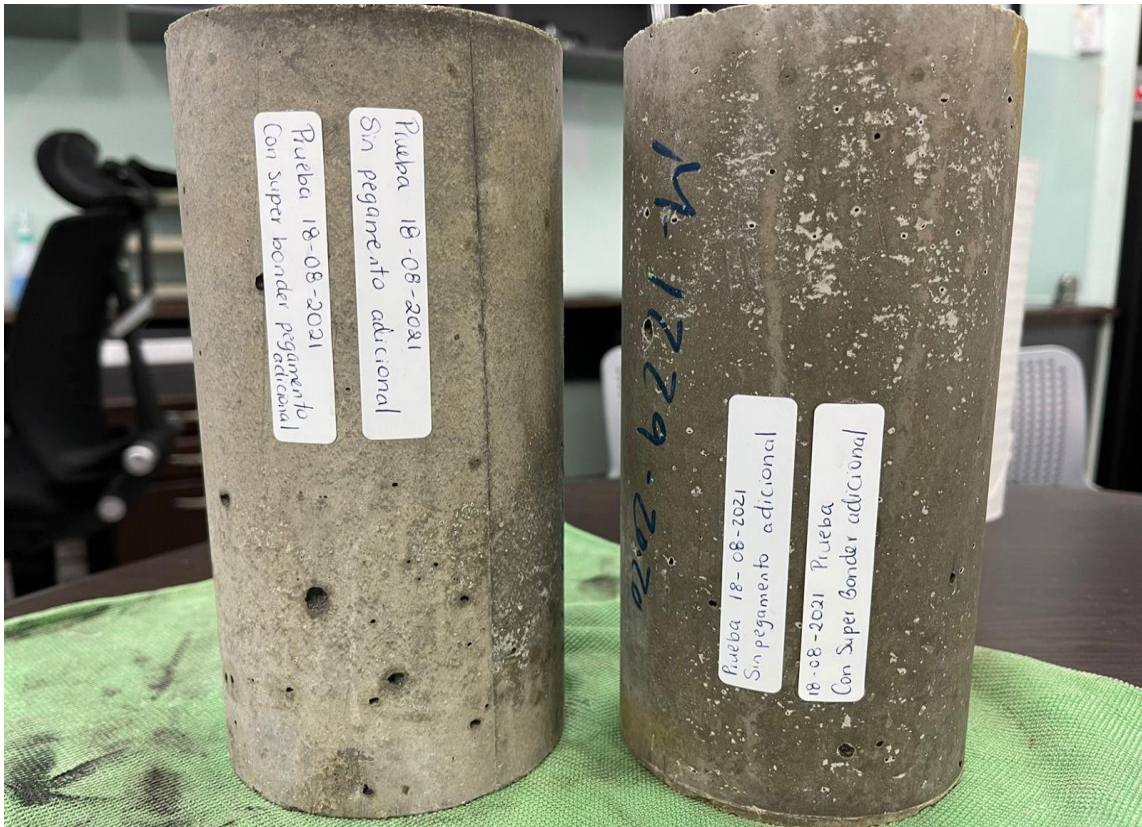
que se utilice un sistema automático de codificación que se pueda imprimir, por ejemplo, un código QR.

Se determinó que las etiquetas adecuadas para realizar la prueba son las que actualmente se utilizan para codificación de bienes institucionales. Estas etiquetas se han utilizado por muchos años para la codificación manual de los ítems de ensayo y son de buena calidad; es decir, la resistencia del papel y su confiabilidad del resultado.

Los ítems fueron dos cilindros de concreto, los cuales deben ser almacenados por 28 días en la cámara húmeda, la cual provee condiciones específicas de humedad y temperatura, previo a ser ensayados. Sobre cada ítem se colocaron dos etiquetas, una con pegamento adicional al que contiene y la otra sin él, para comprobar si era necesario un reforzamiento para el adhesivo.

Las muestras ingresaron a la cámara húmeda el 18 de agosto del 2021. Se realizó la primera prueba escribiendo el código de forma manual sobre el papel, para comprobar si la tinta es resistencia al agua.

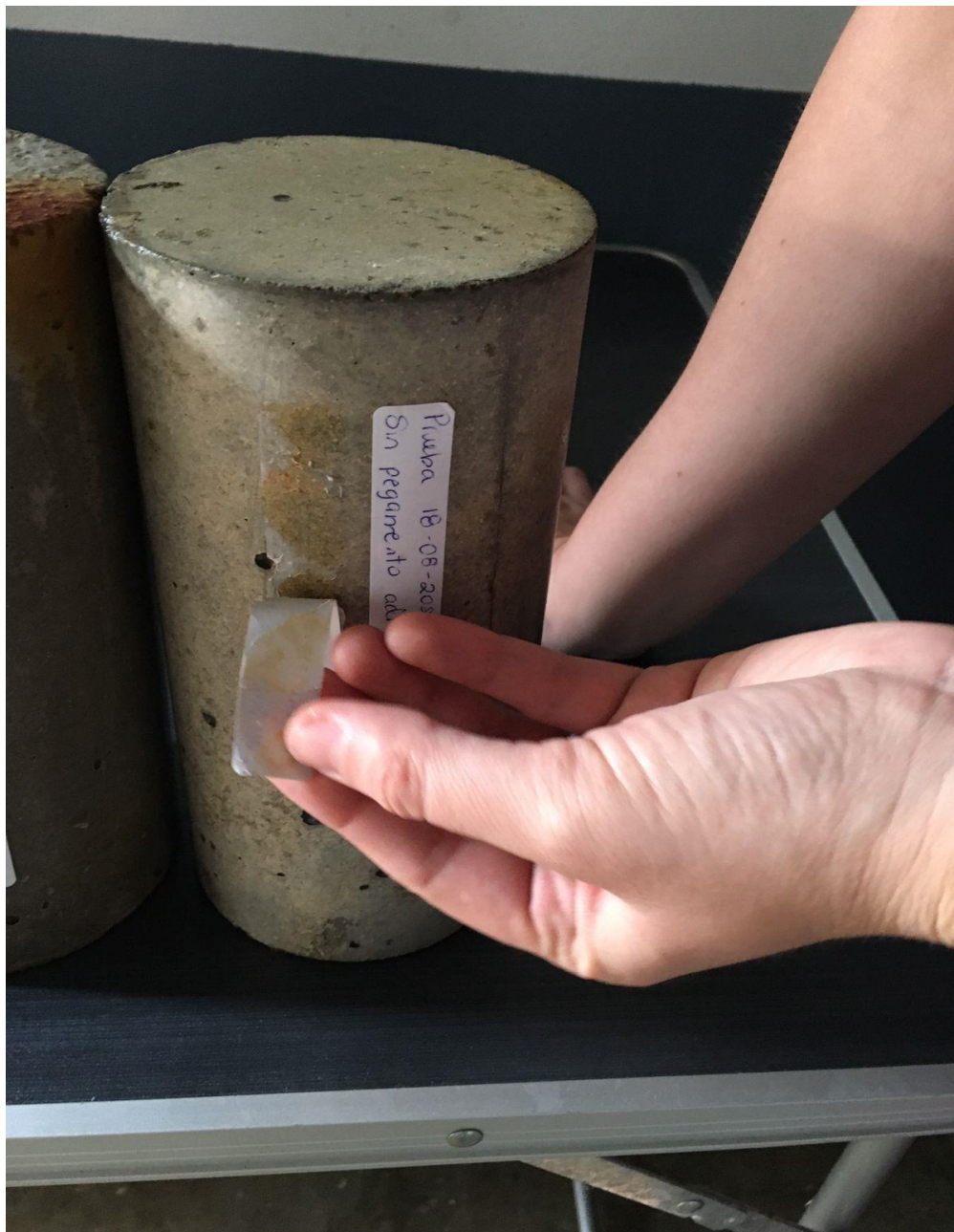
Figura 15: Prueba de etiquetas



Fuente: Fotografía tomada para efectos de la investigación aplicada.

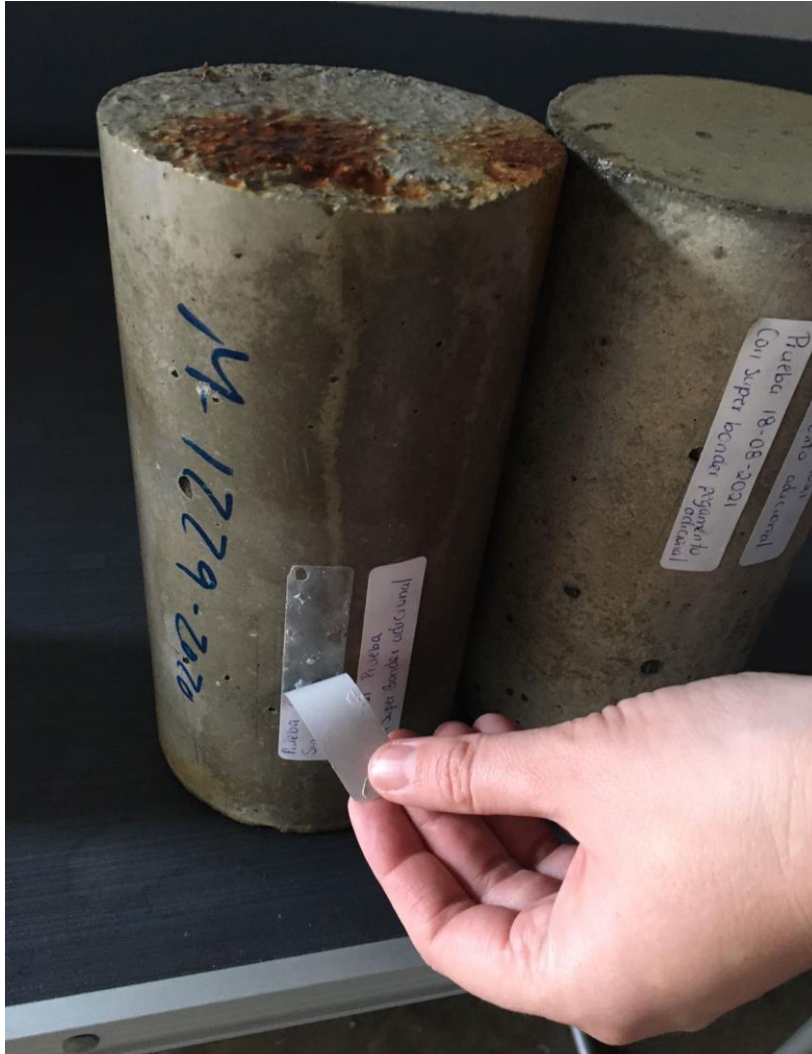
Posterior a los 28 días, los ítems fueron desalmacenados, específicamente el día 21 de setiembre del 2021. Después de examinar las etiquetas, se observó de forma general que ambas resistieron el proceso. Al tratar de extraer las etiquetas, se observa que a la que se le agregó pegamento adicional fue la menos resistente. En las figuras No. 16 y No. 17 se ilustra el comportamiento de ambas etiquetas, posterior a su acondicionamiento de 28 días en la cámara húmeda.

Figura 16: Primera prueba de resistencia de la etiqueta de papel CON pegamento adicional



Fuente: elaboración propia

Figura 17: Primera prueba de resistencia de papel SIN pegamento adicional. Se observa que se adhiere mejor al material, por lo tanto, es más difícil su deterioro durante la manipulación.



Fuente: elaboración propia

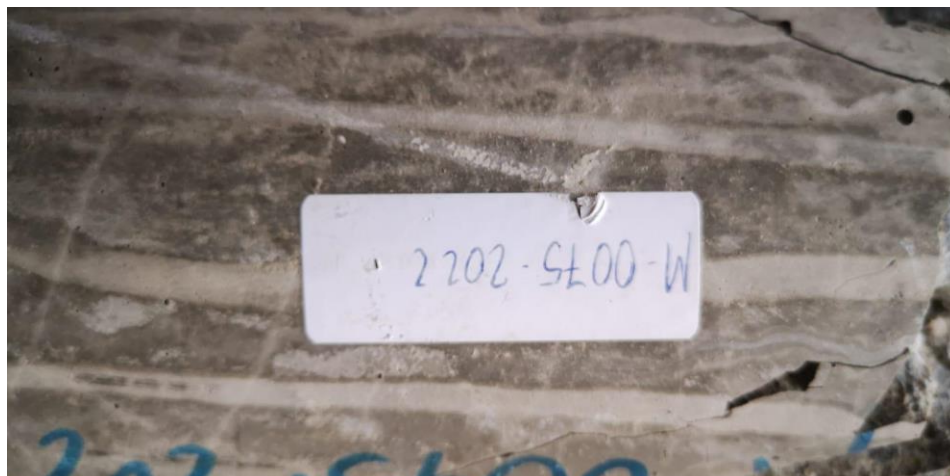
5.3.3. Paso 3: Prueba en ítems previa al ensayo

En coordinación con el personal del LanammeUCR, se decide realizar una prueba con ítems previos a su ensayo. A partir de ese momento, todo ítem que ingresó relacionado con los instructivos seleccionados, se codificó por duplicado,

de forma manual, sin alterar el procedimiento actual, pero adicionalmente se le colocó una etiqueta con el código (aún sin codificación QR). Lo anterior con el fin de comprobar que, durante la manipulación normal del ítem, esta codificación no fuera alterada de forma significativa.

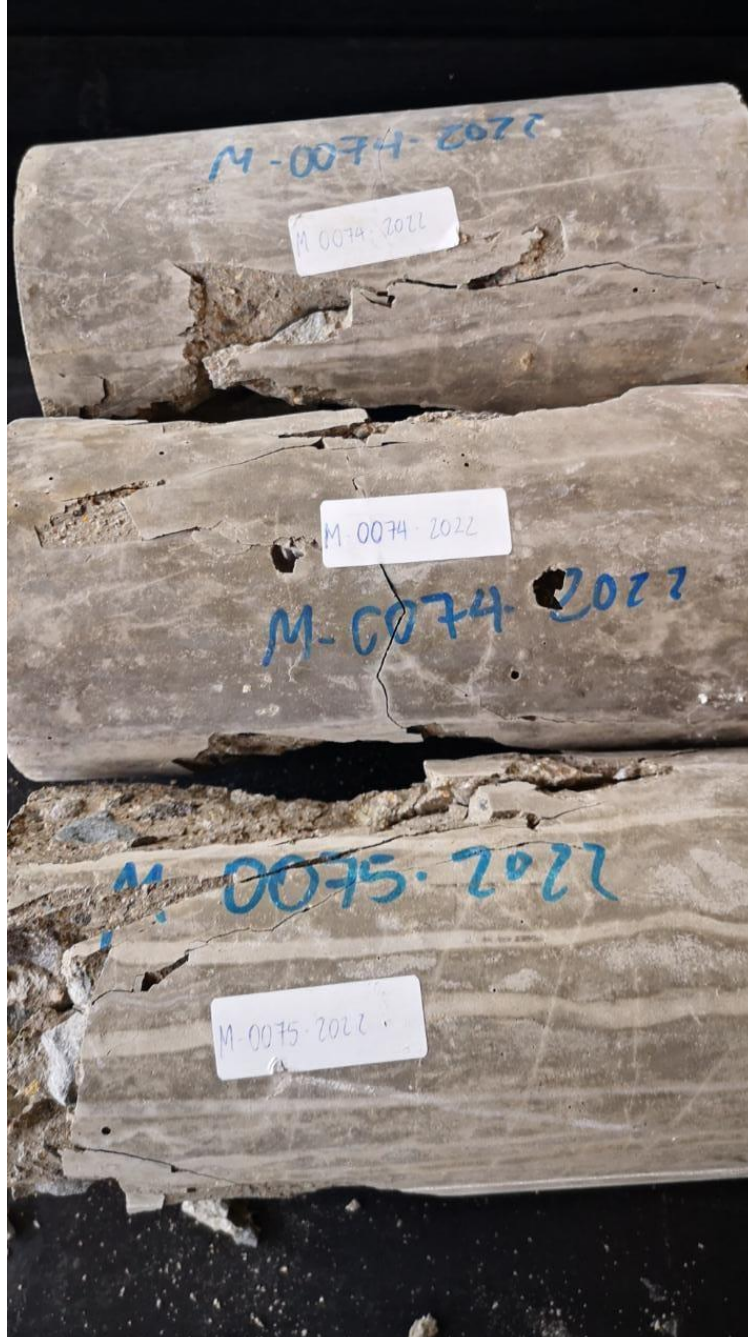
No se tomaron fotografías a cada ítem de ensayo y se tuvo constante comunicación con el encargado de recepción de muestras para verificar que todo marchara adecuadamente y no se hubiese presentado algún problema. A continuación, se muestran fotografías de la etiqueta al final del proceso de ensayo, específicamente cuando la muestra fue desechada, con lo que se puede apreciar que la etiqueta se mantuvo durante todo el proceso.

Figura 18: Muestra de cilindro de concreto posterior a su desecho



Fuente: elaboración propia. Febrero del 2022

Figura 19: Muestras de cilindros de concreto posterior a su desecho



Fuente: elaboración propia. Febrero del 2022

5.3.4. Paso 4: Revisión de los módulos actuales del software Control de Trabajos de Laboratorio (CTL).

Al contar con las pruebas necesarias para validar el material y tipo de método de codificación a utilizar con los ítems de ensayo en estudio, se procede a revisar el software de Control de Trabajos de Laboratorio (CTL) y analizar cuáles módulos deben ser programados para la implementación del mecanismo automatizado.

Para esta investigación aplicada, se muestran las posibles pantallas (apartados del 5.3.4.1. al 5.3.4.5) requeridas en el programa CTL. Es importante indicar que, por el momento, no es posible hacer una programación real de esos módulos, porque el LanammeUCR cuenta con un solo programador con trabajos designados según prioridad y sentido de urgencia, y hasta que este trabajo final de graduación no sea aprobado por las autoridades correspondientes, no es posible destinar recursos a su implementación. Cada una de las propuestas que se presentan a continuación fueron revisadas por el jefe de la Unidad de Tecnologías de Información y el programador.

5.3.4.1. Módulo 1: Visualización de la pantalla de ingreso, se muestra el menú posible de edición.

Figura 20: Módulo 1

LanammeUCR

Cerrar sesión

Ingreso de muestra Ubicación Ensayo Despacho



Fuente: elaboración propia

5.3.4.2. Módulo 2: El ERM ingresa la información con respecto al ítem que ha ingresado.

Figura 21: Módulo 2

LanammeUCR Cerrar sesión

Ingreso de muestra Ubicación Ensayo Despacho

(Visualización de la información que suministra el CTL con respecto al ingreso de la muestra:

Se visualiza el Área:

- Construcción
- Transportes y Pavimentos
- Fuerza

El Laboratorio según el área (ejemplo):

- Laboratorio Estructuras
- Laboratorio de concreto

Fecha de ingreso: dd / mm / aaaa

(Información que se debe completar)

Persona a quien se asigna la custodia del ítem

- Jefe de laboratorio
- Técnico de laboratorio
- Tesisista
- Recepción de muestras

La muestra debe ser almacenada (o será ensayada de inmediato):

Si No (pasa al ensayo)

▶ Siguiete pantalla

Fuente: elaboración propia

5.3.4.3. Módulo 3: La opción “Ubicación”, es la primera que el usuario debe seleccionar. Aquí podrá ingresar los datos del ítem. Es posible que el ERM ya haya ingresado cierta información y que se encuentre incompleta, por tanto, el técnico puede acceder y completar la información faltante.

Figura 22: Modulo 3

LanammeUCR Cerrar sesión

Ingreso de muestra **Ubicación** Ensayo Despacho

Seleccionar donde será ubicado el ítem:

- Patios
- Bodega A
- Bodega B
- Laboratorio de Pavimentos
- Laboratorio de Estructuras

Por cuanto tiempo se debe almacenar el ítem: _____ días

Fecha de posible desalmacenaje del ítem: dd / mm / aaaa

Responsable del desalmacenaje: _____

Almacenaje continuo Tiempo:

- Mensual
- Bimensual
- Trimestral
- Semestral
- Anual

GUARDAR **LIMPIAR**



Fuente: elaboración propia

5.3.4.4. Módulo 4: El personal responsable de la realización del ensayo, ingresa los datos con respecto al procedimiento que ha ejecutado.

Figura 23: Módulo 4

LanammeUCR Cerrar sesión

Ingreso de muestra Ubicación **Ensayo** Despacho

Tipo de ensayo (Ejemplo) *(Visualización desde el STL del tipo de ensayo a realizar)*

Ensayo a realizar: IT-AC-01 Procedimiento para ensayar barras de acero de refuerzo para concreto a tensión

Fecha de ensayo: dd / mm / aaaa

Método de registro de los cálculos: *(Manual)* o *(Digital)* Bitácora física Bitácora digital

El ítem debe ser desechado posterior al ensayo: Si No

▶ Siguiete pantalla

Fuente: elaboración propia

5.3.4.5. Módulo 5: Posterior a la ejecución del ensayo, el personal responsable debe completar que hará con los restos del ítem.

Figura 24: Módulo 5



Fuente: Elaboración propia

5.3.5. Propuesta para la fase de utilización del Código QR:

Existen múltiples formas para establecer un código QR. En conversaciones sostenidas con el encargado de Tecnologías de Información del LanammeUCR, la mejor opción es programar un módulo para solicitar codificación QR incorporado al mismo programa de CTL. Este código se generará de forma automática y al solicitarlo, solo se mostrará el código a colocar en el ítem. Las etiquetas serán configuradas de forma que desde el CTL se puedan enviar para impresión. Ver figura No. 25. Fase 1.

La siguiente fase consiste en la modificación de los correspondientes instructivos de trabajo del sistema de gestión de calidad para incluir este nuevo mecanismo para la trazabilidad de los ítems de ensayo en las etapas del proceso involucradas. Para la lectura de los códigos QR y el ingreso de la información, lo ideal es que se haga por medio de un dispositivo móvil; por ejemplo, una tableta, la cual será asignada de forma individual, no por área o Laboratorio. De igual forma, se podrá realizar desde un dispositivo celular, más esto último no implica la obligación para el funcionario de utilizar su dispositivo personal.

El sistema será programado para que la confidencialidad de la información siempre sea resguardada, independientemente de si el acceso al sistema se hace desde un dispositivo institucional o uno personal.

En la siguiente figura No. 25, se encuentra un modelo para el mecanismo propuesto, se basa en un resumen de las futuras fases en que se conformará el proceso. La primera fase, consistirá en la sistematización del ingreso del ítem, a cargo del encargado de recepción de muestras, la segunda fase, consistirá en que el personal técnico ingrese la información con respecto a la ejecución del método de ensayo y posteriormente la tercera y última fase, la cual deberá indicarse el destino final del ítem.

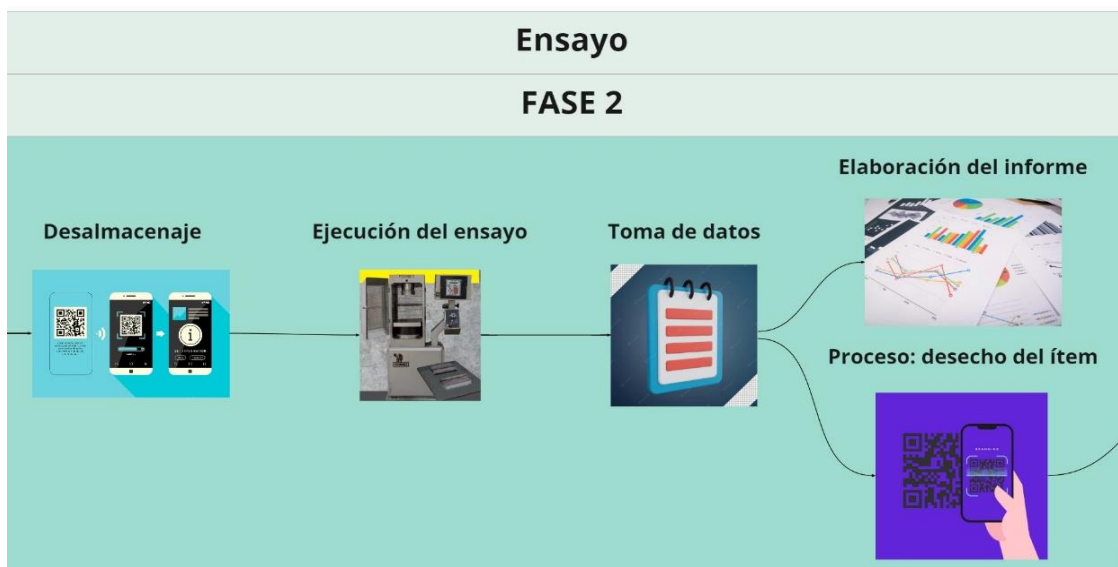
Figura 25: Propuesta de mecanismo en ejecución FASE 1



Para el ingreso del ítem se cuenta actualmente con el software Control de Trabajos, por tanto, la nueva adicción al sistema, deberá ser el módulo que albergará la información sobre el almacenamiento del ítem. Esta información con respecto al almacenamiento, puede ser una función designada al personal técnico, quien ejecutará posteriormente el método de ensayo. La propuesta consiste, en entregar para uso personal una tableta al Técnico de Laboratorio, quien accederá de manera sencilla al sistema.

Fuente: elaboración propia.

Figura 26: Propuesta de mecanismo en ejecución FASE 2



El personal técnico responsable de la ejecución del método de ensayo, desalmacena el ítem, y podría hacer el ingreso de la información a través del sistema, por medio del código de barras, con el que se ha marcado el ítem. Podrá completar, además, la información necesaria durante la ejecución del ensayo. Deberá incluir si finalizó o no la prueba. Posterior a la finalización, con la toma de datos realizará procederá con la redacción del informe, si corresponde o dicha función será trasladada al Jefe de Laboratorio, esta información podrá indicarla en el sistema.

Fuente: elaboración propia.

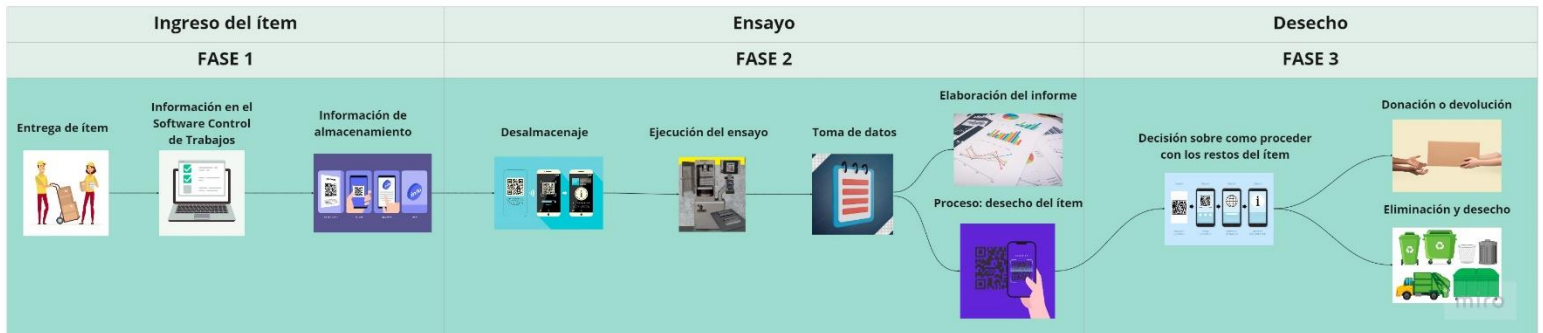
Figura 27: Propuesta de mecanismo en ejecución FASE 3



Actualmente la información con respecto al desecho de los restos del ítem, no se completa por el persona técnico responsable o jefe de laboratorio, una vez finalizado el ensayo, se puede conocer el final del ítem , por tanto puede indicarlo en el sistema, para así registrar la forma en que se procederá. Esta inclusión puede realizarse de previo a la elaboración del informe, si corresponde.

Fuente: elaboración propia.

Figura 28: Propuesta de mecanismo trazable, visualización completa



Fuente: elaboración propia.

5.3.6. Recursos necesarios:

Después de analizar el mecanismo propuesto para la codificación automatizada, se evidencia la necesidad de contar con los recursos necesarios para implementarla. A continuación, se presenta una lista con estos recursos:

- Al menos dos impresoras etiquetadoras.
- Un año de programación, se podrían contratar 40 horas semanales ya sea de un estudiante de cuarto año u otra modalidad, si se quiere en menos tiempo, una persona que se dedique media jornada.
- Para el inicio del proyecto, al menos 3 tabletas para uso del personal técnico y de asignación individual, bajo su responsabilidad y de acuerdo a los términos institucionales, del uso de activos.
- Establecer cuál servidor será utilizado para el resguardo de los datos.
- Reuniones para la planificación, mínimo 10 con el equipo por asignar.
- Que exista una red wifi robusta y estable.

Vale destacar que todas las pruebas se hicieron bajo la supervisión del personal involucrado en el proceso correspondiente con cada instructivo de trabajo analizado. Los recursos necesarios fueron discutidos con la Unidad de Tecnologías de Información, en vista de que son las personas que deben realizar la inversión inicial, adicional a todo el trabajo de programación que necesita este proyecto.

Por el momento y hasta que se pueda invertir en adquirir las impresoras necesarias y en la programación del código QR dentro del programa CTL, las pruebas se continuarán procesando de forma manual al momento de ingresar y se escribió en cada etiqueta para no afectar las labores cotidianas del encargado de recepción de muestras.

6. Conclusiones

- a) El LanammeUCR no puede asegurar la trazabilidad de los ítems de ensayo desde su ingreso hasta su desecho (donación o devolución). Actualmente, se debe consultar al personal involucrado para conocer el estado de cada ítem. No existe forma de darse cuenta de su estado en tiempo real por medio de un sistema automatizado.

- b) El LanammeUCR no puede asegurar que, para cada ingreso de los ítems de ensayo, se notifica al jefe de laboratorio que corresponde, en vista de que esta información se encuentra en el correo electrónico del ERM.

- c) El seguimiento de los ítems de ensayo a través del software Control de Trabajos (CTL) se encuentra automatizado de forma parcial, porque no se puede asegurar que la totalidad de la información que se genera en cada una de las etapas del proceso se encuentra alimentada en el CTL.

- d) El software CTL contempla al personal técnico y sus jefaturas, pero no todas las personas con roles asignados hacen uso de este sistema cuando corresponde.

- e) No se puede asegurar que posterior a su procedimiento de ensayo, las muestras han sido desechadas, devueltas al cliente o donadas, porque el

software CTL no cuenta con la información relacionada a esta etapa final del proceso.

- f) La programación de los ítems de ensayo no se encuentra dentro del sistema CTL.

- g) El LanammeUCR cuenta con un inventario permanente de las etiquetas utilizadas para las pruebas realizadas para esta investigación; por lo tanto, no se incurrió en gastos extras y dichas etiquetas podrán ser utilizadas para los cambios que sean necesarios.

- h) No fue posible visualizar en primera instancia en el software CTL un reporte de la cantidad de ensayos por año, debido a que se nombran de manera diferente dentro de una misma cotización y se incluyen otros tipos de ensayo. Se tuvo que recurrir al programador, para que por dentro de la base de datos se pudiera obtener la información requerida.

7. Recomendaciones y limitaciones

7.1.Recomendaciones

- Implementar esta investigación aplicada como un proyecto piloto para las pruebas analizadas y, posteriormente, hacerlo extensivo para todas las pruebas del Laboratorio.
- Actualizar el procedimiento PT-10: Seguimiento de muestras de acuerdo con los requerimientos de la norma INTE ISO 17025:2017 y, en caso de ser aprobado el mecanismo de trazabilidad propuesto, este podrá ser incluido en la nueva versión.
- Los insumos necesarios para la realización de este proyecto requieren al menos un año, pero significa un ahorro significativo en la mitigación del riesgo, trazabilidad de los ítems y aseguramiento de la información, por tanto, se recomienda realizar la siguiente inversión:
 - 20 horas semanales dedicadas al proyecto por un estudiante o programador.
 - 2 impresoras etiquetadoras
 - 3 tabletas
 - Incluir al menos dos tipos de pruebas más, principalmente aquellas donde la muestra debe permanecer en agua.

- Para el logro de esta investigación, es recomendable un período de capacitación y sensibilización al personal con respecto a la importancia de este trabajo.
- Posterior a la implementación de la práctica, se debe realizar la modificación del procedimiento de seguimiento de muestras PT-10, para que se asegure su adecuada aplicación, así como su normalización.
- Se recomienda implementar una programación de ensayos automatizada dentro del software CTL, para lo cual se sugiere algún tipo de calendario, programador o planificador similar a la aplicación de Google Calendar.
- Se recomienda agregar un módulo de reportes, donde se facilite el acceso para poder extraer información como: cantidad de ensayos realizados por laboratorio, por tipo de muestra, por tipo de clientes, entre otros. Esta recomendación está respaldada por los jefes de laboratorio involucrados en el proceso, en vista de que es una información muy útil para tomar decisiones y realizar mejoras durante el proceso, así como para generar planes operativos para el cumplimiento de objetivos. Pero no solo eso, sino que la información es de vital importancia para la labor que realiza este laboratorio, y que es la esencia de esta práctica: conocer en todo

momento, dónde, cuándo y cómo se encuentran los ítems de ensayo para la toma de decisiones.

7.2. Limitaciones

- No fue posible para esta investigación realizar pruebas con códigos QR, porque no se pudo realizar la programación de un módulo específico para el software CTL. Por tanto, las pruebas realizadas se hicieron con programas gratuitos obtenidos por internet, con la limitante de estos no aseguran la confidencialidad de los datos, la cual es fundamental en este tipo de procesos.
- De las 120 pruebas aproximadamente que se encuentran acreditadas en el LanammeUCR, no fue posible realizar un análisis para todas, con lo que se seleccionaron las dos pruebas más rutinarias y con el mayor volumen de solicitudes; además, los ítems son de materiales sólidos y que no están expuestos al agua, como otros. Existen ítems que por su condición y tratamiento, se deben remojar en agua y, por tanto, necesitan un análisis especial para determinar una posible codificación, de acuerdo a la propuesta de esta investigación.

8. Bibliografía

- Agencia Española de Seguridad Alimentaria. (2004). “Guía para la Aplicación del Sistema de Trazabilidad en la empresa Agroalimentaria”. Recuperado de https://www.aragon.es/documents/20127/674325/Guia_Trazabilidad1.pdf/60989746-00a4-7d6a-56a8-301092cf2401
- CLAD. (2008). Carta Iberoamericana de la calidad en la Gestión Pública. X Conferencia Iberoamericana de Ministros de Administración Pública y Reforma del Estado. San Salvador, El Salvador, 26 y 27 de junio de 2008
- Cillero, Manuel. (2022). Diagrama de flujo de datos (DFD). Recuperado de: <https://manuel.cillero.es/doc/metodologia/metrica-3/tecnicas/diagrama-de-flujo-de-datos/>
- Cortés, M. (2014). Propuesta de un diseño de un sistema de gestión de la calidad bajo la Norma INTE - ISO– 9001: 2008 para el Área Regulación, Sistematización, Diagnóstico y Tratamiento - Odontología, de la Caja Costarricense del Seguro Social. Proyecto final de graduación de la Escuela de Administración Pública de la Universidad de Costa Rica. Costa Rica

- Diplomado a distancia “Informática médica”. ¿Qué es la calidad? (2015).
 Recuperado de:
www.facmed.unam.mx/emc/computo/infomedic/presentac/modulos/ftp/documentos/calidad.pdf

- Echandi, M. (2018). SISTEMA NACIONAL PARA LA CALIDAD DE COSTA RICA. Recuperado de:
<https://www.globalstandardca.com/sistema-nacional-para-la-calidad-de-costa-rica/>

- ERP. (2020). Tipos de trazabilidad. Recuperado de:
<https://www.evaluandoerp.com/tipos-de-trazabilidad/>

- Faria, Daniela. (2021). La importancia de los códigos de barras. Recuperado de: <https://www.opuspac.com/es/articulos/la-importancia-de-los-codigos-de-barras/#>

- Gelado, Jose Antonio. (2007). QR, la evolución del código de barras. Recuperado de: <https://www.consumer.es/tecnologia/software/qr-la-evolucion-del-codigo-de-barras.html>

- IEC. (2015). Concepto de trazabilidad. Recuperado de: <http://www.electropedia.org/iev/iev.nsf/display?openform&ievref=311-01-15>

- Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (2022). Misión, visión y política. Recuperado de: https://www.inteco.org/page/inteco.about_us

- Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica. (2015). INTE/ISO-9001:2015, Sistema de Gestión de la Calidad-Requisitos. Costa Rica. INTECO

- ISO (2021). Concepto de mejora. Recuperado de: <https://www.iso.org/obp/ui/es/#iso:std:iso:9000:ed-4:v1:es>

- ISO (2022). ISO/IEC 17011:2017(es). Evaluación de la conformidad – Requisitos para los organismos de acreditación que realizan la acreditación de organismos de evaluación de la conformidad. *Concepto de certificación*. Recuperado de: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso-iec:17011:ed-2:v1:es:term:3.25>

- LanammeUCR. (2022). Gestión de calidad. Recuperado de: <https://www.lanamme.ucr.ac.cr/lanammeucr/gestion-de-calidad>

- Martínez, J. (2018). Mejoramiento Continuo. Recuperado de: <https://liderazgoymercadeo.co/mejoramiento-continuo/>
- Mecalux. (2020). La trazabilidad interna acredita calidad y seguridad en el almacén. Recuperado de: <https://www.mecalux.es/blog/trazabilidad-interna>
- Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura -FAO. (2016). La trazabilidad, una herramienta de gestión para las empresas y los gobiernos. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-i6134s.pdf>
- Perazo, Cintia. (2014). La evolución del código QR. Recuperado de: <https://www.cronista.com/itbusiness/La-evolucion-del-codigo-QR-20140114-0013.html>
- RAE. 2022. Concepto código de barras. Recuperado de: <https://dle.rae.es/c%C3%B3digo>
- Rosario, Peiró. (2020). Código de barras. Recuperado de: <https://economipedia.com/definiciones/codigo-de-barras.html>

- Sosa, C. (2017). Propuesta de un sistema de trazabilidad de productos para la cadena de suministro agroalimentaria. Universidad Politécnica de Valencia. Recuperado de: https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/91067/TFM%20Cesar%20Sosa_15061120189977037895954151712872.pdf?sequence=1