

Artículo de Investigación

Codificación Numérica Jerárquica para la Organización de Archivos en SolidWorks: Enfoque Basado en Estructuras de Producto, Estándares de Dibujo Técnico y Verificación con un Caso de Estudio

Hierarchical Numerical Coding for File Organization in SolidWorks: Product Structure and Technical-Drawing Standards Approach, Verified with a Case Study

Pascual Maldonado López^{1,*}, Melisa Maldonado Nogales², Ricardo Grageda Altamirano³

- ¹ Universidad Mayor de San Simón, Facultad de Ciencias y Tecnología, Cochabamba, Bolivia; ORCID: 0000-0002-7133-2438
² Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Tecnología, La Paz, Bolivia; melisamaldonadonogales@gmail.com; ORCID: 0000-0002-1519-1175
³ Universidad Católica Boliviana San Pablo, Cochabamba, Bolivia; mgrageda@ucb.edu.bo; ORCID: 0009-0001-0936-9205
* Correspondencia: pascualmaldonado.l@fcyt.umss.edu.bo

Resumen

La gestión estructurada de archivos de Diseño Asistido por Computadora (CAD, Computer-Aided Design) es fundamental para conservar la integridad de las referencias paramétricas, mantener la correspondencia entre modelos, planos y Lista de Materiales (BOM, Bill of Materials), y facilitar la transición del diseño a la manufactura. Este trabajo propone una metodología de codificación numérica jerárquica de tres dígitos para proyectos en SolidWorks, articulada con la Estructura de Desglose del Producto (PBS, Product Breakdown Structure), el Diseño para Manufactura y Ensamblaje (DFMA, Design for Manufacture and Assembly) y principios de documentación técnica. La metodología se verificó mediante el árbol final de una peladora de maíz modelada en SolidWorks 2022. El inventario contiene un ensamblaje maestro, seis módulos X00, diecisiete subensamblajes XY0 y cincuenta y seis archivos de pieza XYZ. La verificación confirmó la unicidad de los identificadores numéricos y la coherencia de las relaciones padre-hijo del inventario final. Asimismo, se distingue entre un archivo y sus múltiples instancias dentro de un ensamblaje, evitando interpretar la cantidad de ocurrencias como duplicidad de código. La propuesta se plantea como herramienta pedagógica y organizativa; sus beneficios no constituyen evidencia de superioridad frente a otros sistemas de gestión documental.

Palabras clave: codificación jerárquica; gestión de archivos CAD; SolidWorks; estructura de desglose de producto (PBS); DFMA; Lista de Materiales (BOM); PDM; normas de dibujo técnico.

Abstract

Structured computer-aided design (CAD) file management is essential for preserving parametric-reference integrity, maintaining correspondence among models, drawings, and

Editor Académico: Carlos Baeza Torres

Recibido: 25 de julio de 2026
Revisado: 18 de septiembre de 2026
Aceptado: 30 de septiembre de 2026
Publicado: 7 de octubre de 2026

Cita: P. Maldonado López, M. Maldonado Nogales, and R. Grageda Altamirano, "Codificación Numérica Jerárquica para la Organización de Archivos en SolidWorks: Enfoque Basado en Estructuras de Producto, Estándares de Dibujo Técnico y Verificación con un Caso de Estudio," *Andean Journal of Engineering Sciences*, vol. 1, no. 1, 4, 2026.

Derechos de autor: © 2026 por los autores. Enviado para posible publicación de acceso abierto bajo los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Attribution (CC BY) (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

the Bill of Materials (BOM), and supporting the design-to-manufacturing transition. This paper proposes a three-digit hierarchical numerical coding methodology for SolidWorks projects, articulated with the Product Breakdown Structure (PBS), Design for Manufacture and Assembly (DFMA), and technical-documentation principles. The methodology was verified using the final file tree of a corn-peeling machine modeled in SolidWorks 2022. The inventory contains one master assembly, six X00 modules, seventeen XY0 subassemblies, and fifty-six XYZ part files. The verification confirmed the uniqueness of numerical identifiers and the consistency of parent-child relationships in the final inventory. The method also distinguishes a file from its multiple instances within an assembly, preventing occurrence counts from being interpreted as code duplication. The proposal is presented as a pedagogical and organizational tool; its benefits do not constitute evidence of superiority over other document-management approaches.

Keywords: hierarchical coding; CAD file management; SolidWorks; Product Breakdown Structure (PBS); DFMA; Bill of Materials (BOM); PDM; technical-drawing standards.

1. Introducción

1.1. Problema de Gestión de Información en Proyectos CAD

En el diseño mecánico contemporáneo, los modelos de Diseño Asistido por Computadora (CAD, Computer-Aided Design) tridimensionales no operan como entidades aisladas, sino como una red de relaciones topológicas y referencias externas entre archivos de pieza (.SLDPRT), ensamblaje (.SLDASM) y plano de SolidWorks (.SLDDRW) [1]. Cuando la nomenclatura se basa en descripciones improvisadas (p. ej., "Soporte_final" o "Ensamblaje_V2"), aumenta el riesgo de referencias rotas, dependencias circulares y ambigüedad en la identificación de componentes. Este déficit organizativo es especialmente relevante en etapas de prototipado y en equipos que carecen de un sistema de Gestión de Datos de Producto (PDM, Product Data Management) [2].

La inconsistencia en la estructura documental CAD trasciende lo estético: puede provocar duplicidad de modelado, discrepancias en la Lista de Materiales (BOM, Bill of Materials) y cuellos de botella durante la transición a manufactura [3]. La propuesta adoptada evita saturar el nombre del archivo con especificaciones técnicas y separa la identificación unívoca del componente de sus metadatos evolutivos, como el material, el estado de revisión o el proveedor; este principio es consistente con la Gestión del Ciclo de Vida del Producto (PLM, Product Lifecycle Management) [2].

1.2. Fundamentos Conceptuales: PBS y DFMA

Una codificación robusta se apoya en la Estructura de Desglose del Producto (PBS, Product Breakdown Structure) [4]. La propuesta distingue cuatro pilares de información:

- **Identidad:** código estable mientras el componente conserve su posición en la PBS que define unívocamente al componente a lo largo de su ciclo de vida y que puede integrarse con prácticas de PLM [2].
- **Clasificación:** agrupación lógica basada en la arquitectura modular del producto.
- **Descripción:** nomenclatura funcional estandarizada.
- **Metadatos:** atributos paramétricos (Custom Properties) gestionados internamente, como el material (vinculado a la base de datos de SolidWorks), masa, tratamiento térmico y nivel de revisión.

Desde la perspectiva del Diseño para Manufactura y Ensamblaje (DFMA, Design for Manufacture and Assembly), la estructuración del árbol de diseño debe favorecer la modularidad [5]. Un árbol de ensamblaje CAD bien codificado facilita la creación de

subensamblajes lógicos que pueden ser probados, fabricados y montados de forma independiente [6]. Sin embargo, el árbol CAD prioriza las relaciones geométricas, cinemáticas y espaciales; por tanto, no debe confundirse con la hoja de ruta de fabricación (routing), que describe la secuencia del proceso [7].

1.3. Antecedentes en la Organización de Dibujos y Documentación Técnica

La organización de la documentación mecánica no es un problema exclusivo del entorno CAD paramétrico: la industria dispone de normas de larga data orientadas a la identificación y presentación de dibujos técnicos. La norma ASME Y14.100-2017, Engineering Drawing Practices, establece criterios para asignar números de dibujo únicos y trazables a lo largo del ciclo de vida del producto [8]. De manera complementaria, la serie ISO 128, particularmente ISO 128-1:2020, fija principios generales de presentación de dibujos técnicos con el fin de favorecer su uniformidad e intercambio [9]. Textos de referencia en dibujo de ingeniería, como el de Madsen y Madsen, documentan además convenciones prácticas de numeración de planos, cajetines (title blocks) y listas de piezas que anteceden y complementan los sistemas de codificación de archivos CAD [10].

Cabe señalar que normas de gestión de información de otros dominios, como la serie ISO 19650, concebida para proyectos de construcción y Modelado de Información de Edificios (BIM, Building Information Modeling), comparten principios de identificación única y trazabilidad de metadatos con el sistema aquí propuesto [11], [12]. Sin embargo, su aplicación directa a entornos de ingeniería mecánica requiere adaptación, ya que fue diseñada para la coordinación multidisciplinaria de activos de construcción y no para árboles de ensamblaje paramétrico.

Estos antecedentes son relevantes por dos razones. Primero, confirman que la necesidad de identificación única y trazable no es una particularidad de SolidWorks, sino un requisito reconocido en la práctica del dibujo mecánico normalizado [8]. Segundo, evidencian una brecha que este trabajo busca abordar: las normas regulan la identificación y presentación del plano como documento, pero no prescriben una estructura jerárquica específica para el árbol de ensamblaje CAD del cual ese plano deriva. El sistema propuesto se plantea como un puente didáctico y organizativo entre la lógica de numeración de dibujos normalizada [8] y la arquitectura de datos de un modelo paramétrico gestionado bajo principios PDM/PLM [2].

1.4. Objetivo y Alcance

El objetivo de este trabajo es formular y verificar conceptualmente un sistema numérico jerárquico de tres dígitos para la organización de archivos de SolidWorks, integrando criterios de diseño mecánico, PBS, DFMA y normalización documental. La verificación se realiza sobre el inventario jerárquico completo del caso de estudio, de modo que la estructura 000/X00/XY0/XYZ pueda contrastarse con los archivos realmente presentes en el árbol, su pertenencia padre-hijo y la unicidad de sus identificadores. El propósito no es optimizar un sistema PDM ni reemplazarlo, sino establecer una convención manual, legible y verificable para proyectos cuyo tamaño permita mantener dicha jerarquía por regla.

El alcance es principalmente pedagógico y organizativo: se busca que el diseñador interprete la máquina como una estructura de producto formada por sistemas, subensamblajes y piezas vinculados con la fabricación y el ensamblaje. El caso de estudio permite verificar coherencia documental, pero no constituye una validación comparativa de desempeño frente a otros métodos de codificación. Por ello, cualquier afirmación de reducción de errores, ahorro de tiempo o superioridad operativa requiere estudios controlados adicionales.

2. Materiales y Métodos

2.1. Diseño Metodológico

La investigación se estructuró como un desarrollo metodológico aplicado a un estudio de caso mecánico: el rediseño documental de una máquina peladora de maíz modelada paramétricamente en SolidWorks 2022 (Dassault Systèmes SolidWorks Corp., Waltham, Massachusetts, EE. UU.) [1]. Se trabajó con los formatos nativos de pieza (.SLDPRT), ensamblaje (.SLDASM) y plano (.SLDDRW). Los requisitos técnicos de identificación y trazabilidad se contrastaron con los criterios de ASME Y14.100 e ISO 128-1 [8], [9], y a partir de ellos se formuló una normativa de codificación aplicable al caso de estudio y a entornos de diseño concurrente de alcance comparable.

2.2. Requisitos de Diseño del Sistema

Los requisitos funcionales y documentales adoptados para evaluar la coherencia del esquema se resumen en la Tabla 1.

Tabla 1. Requisitos funcionales y documentales de la codificación propuesta.

Requisito Mecánico	Criterio de Cumplimiento CAD	Riesgo Mitigado
Unicidad de Componente	Cada archivo recibe un código irrepetible en el ecosistema del proyecto.	Referencias cruzadas erróneas y colisión de nombres en el árbol de SolidWorks.
Modularidad (PBS)	El código refleja la pertenencia del componente a un módulo funcional específico.	Árboles de ensamblaje planos (flat trees) que dificultan el análisis de interferencias.
Estabilidad del Enlace	El nombre del archivo excluye revisiones y materiales.	Pérdida de referencias externas al actualizar versiones de piezas.
Integración BOM	Propiedades físicas y de manufactura se vinculan mediante Custom Properties.	Listas de materiales desincronizadas con los planos de fabricación.
Trazabilidad del Plano	El código del modelo 3D se traslada íntegramente al plano (SLDDRW) que lo documenta.	Planos huérfanos o con numeración inconsistente respecto al modelo [8].

Fuente: elaboración propia.

2.3. Arquitectura del Código Jerárquico

El esquema emplea un identificador numérico de tres dígitos para representar la jerarquía documental de la Estructura de Desglose del Producto (PBS). La lectura es posicional: 000 identifica el ensamblaje maestro; X00, un módulo funcional principal; XY0, un subensamblaje perteneciente al módulo X00; y XYZ, una pieza perteneciente al subensamblaje XY0. El código constituye la identidad jerárquica del archivo, mientras que la descripción funcional facilita su interpretación. El Anexo A contiene el inventario final empleado para verificar estas reglas.

- Nivel Maestro (000): reservado al ensamblaje principal. En el caso de estudio corresponde a 000_PELADOR_DE_MAIZ.SLDASM. El identificador 000 no se asigna a piezas ni a subensamblajes.
- Nivel Primario (X00): identifica los seis módulos funcionales principales del caso de estudio: 100_ESTRUCTURA.SLDASM, 200_COCEDOR.SLDASM, 300_TRANSMISION.SLDASM, 400_SISTEMA_DE_COMBUSTION.SLDASM, 500_AGITADOR.SLDASM y 600_DESCARGA.SLDASM. Esta nomenclatura se utiliza de forma uniforme en el manuscrito.
- Nivel Secundario (XY0): identifica subensamblajes dentro de un único módulo principal. El primer dígito coincide con el módulo padre y la segunda diferencia subensamblajes hermanos. Por ejemplo, 110_SOPORTE, 120_ESCALERA, 130_BARANDAL, 140_SOPORTE_MOTOR y 150_PLATAFORMA_INSPECCION pertenecen al módulo 100_ESTRUCTURA.

- Nivel de Componente (XYZ): identifica archivos de pieza (.SLDPRT). Los dos primeros dígitos coinciden con el subensamblaje padre y el tercer dígito diferencia las piezas dentro de esa rama. Un mismo archivo puede aparecer varias veces como instancia en el ensamblaje; dichas ocurrencias conservan el mismo código y no constituyen archivos duplicados. Los planos (.SLDDRW) deben conservar el identificador base del modelo que documentan.

2.4. Gestión de Metadatos y DFMA

El principio de diseño adoptado puede resumirse como "el código identifica; la descripción funcional aclara; las propiedades caracterizan". En SolidWorks, el material, masa, tratamiento, proveedor y estado de revisión se gestionan mediante Propiedades Personalizadas (Custom Properties) y pueden vincularse con la Lista de Materiales (BOM) y con el cajetín del plano [1], [8]. Las piezas comerciales pueden gestionarse mediante Toolbox o bibliotecas externas; sin embargo, si una pieza comercial se mantiene dentro del árbol del proyecto y participa en la BOM del caso de estudio, debe conservar un identificador único del proyecto para evitar colisiones. La exclusión de la codificación solo es admisible cuando el componente se controla íntegramente mediante una biblioteca o sistema PDM/PLM externo y esa decisión está documentada.

2.5. Verificación del Árbol CAD y Criterios de Consistencia

Para contrastar la metodología con el diseño real se utilizó el inventario completo del árbol final de SolidWorks 2022 incluido en el Anexo A. La verificación se realizó en cinco pasos: i) identificación del ensamblaje maestro 000 y de las seis ramas X00; ii) enumeración de los subensamblajes XY0 y de los archivos de pieza XYZ; iii) comprobación de unicidad de cada identificador numérico entre archivos distintos; iv) comprobación de que cada XY0 pertenece al X00 definido por su primer dígito y que cada XYZ pertenece al XY0 definido por sus dos primeros dígitos; y v) diferenciación entre identidad de archivo y multiplicidad de instancias dentro del ensamblaje. La cantidad de ocurrencias de una pieza se gestiona en el ensamblaje y en la BOM y no exige crear un nuevo código.

El árbol final contiene un ensamblaje maestro, seis módulos X00, diecisiete subensamblajes XY0 y cincuenta y seis archivos de pieza XYZ. En este inventario no se identificaron dos archivos de pieza distintos con el mismo código numérico, y las relaciones padre-hijo respetan la lógica 000/X00/XY0/XYZ. Esta verificación constituye una comprobación de coherencia documental del caso de estudio; no equivale a demostrar una reducción estadística de errores de fabricación o de tiempos de búsqueda.

3. Resultados

3.1. Aplicación a una Peladora de Maíz

El sistema se aplicó a una máquina peladora de maíz cuyo ensamblaje maestro es 000_PELADOR_DE_MAIZ.SLDASM. El árbol final se organiza en seis módulos de primer nivel: 100_ESTRUCTURA.SLDASM, 200_COCEDOR.SLDASM, 300_TRANSMISION.SLDASM, 400_SISTEMA_DE_COMBUSTION.SLDASM, 500_AGITADOR.SLDASM y 600_DESCARGA.SLDASM. Funcionalmente, la máquina consta de una estructura con escalera, barandal y plataforma de inspección (100); una olla cocedora con compuerta y tapa (200); una transmisión por motorreductor y correa (300); un sistema de combustión con quemador y ducto (400); un agitador helicoidal (500); y una boca de descarga (600). La Figura 1 muestra el modelo tridimensional y el árbol de ensamblaje utilizado en el caso de estudio. Las repeticiones visibles de una misma pieza en el árbol corresponden a instancias del mismo archivo dentro del ensamblaje y no a códigos diferentes. El Anexo A presenta el inventario único de archivos empleado para la verificación.

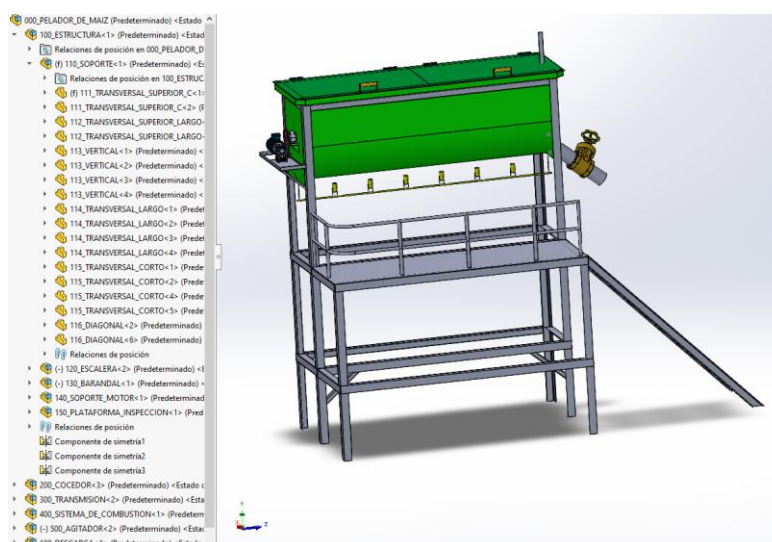


Figura 1. Árbol de ensamblaje en SolidWorks y modelo tridimensional de la peladora de maíz utilizados como caso de estudio. Las repeticiones de una misma pieza corresponden a instancias del mismo archivo dentro del ensamblaje. Fuente: elaboración propia.

3.2. Inventario Jerárquico Completo y Nomenclatura del Caso de Estudio

El inventario final confirmó una estructura compuesta por un ensamblaje maestro, seis módulos X00, diecisiete subensamblajes XY0 y cincuenta y seis archivos de pieza XYZ. La Tabla 2 resume la totalidad de las ramas principales y sus cantidades de subensamblajes y piezas. Los nombres de los módulos se toman de los archivos .SLDASM indicados en el Anexo A, con lo cual se mantiene una única denominación entre metodología, resultados y discusión.

Tabla 2. Resumen del inventario jerárquico final utilizado para verificar la metodología.

Código	Ensamblaje X00	Subensamblajes XY0	Piezas XYZ	Resultado de verificación
100	100_ESTRUCTURA.SLDASM	110, 120, 130, 140, 150	20	Cinco XY0; todos los XYZ conservan el prefijo del subensamblaje padre.
200	200_COCEDOR.SLDASM	210, 220, 230	14	Tres XY0; códigos de pieza únicos dentro del inventario final.
300	300_TRANSMISION.SLDASM	310, 320	5	Dos XY0; relaciones padre-hijo coherentes.
400	400_SISTEMA_DE_COMBUSTION.SLDASM	410, 420	5	Dos XY0; relaciones padre-hijo coherentes.
500	500_AGITADOR.SLDASM	510, 520, 530, 540	7	Cuatro XY0; piezas 511–542 organizadas según su rama correspondiente.
600	600_DESCARGA.SLDASM	610	5	Un XY0; cinco piezas vinculadas al subensamblaje 610.

Fuente: elaboración propia.

3.3. Verificación Técnica, Unicidad y Trazabilidad

La verificación se realizó sobre el inventario completo del Anexo A y no sobre un extracto parcial. Se comprobó que los códigos X00, XY0 y XYZ son únicos para archivos distintos dentro del árbol final y que los prefijos numéricos conservan la relación padre-hijo. Esta comprobación requiere distinguir entre identidad de archivo y número de instancias: una pieza utilizada varias veces en el ensamblaje puede aparecer repetida en el árbol gráfico de SolidWorks, pero todas esas ocurrencias remiten al mismo archivo .SLDPRT y, por tanto, conservan un único código. La cantidad utilizada corresponde a una propiedad de ensamblaje/BOM, no a una nueva identidad documental.

La trazabilidad modelo-plano se establece utilizando el mismo identificador base para el archivo de pieza (.SLDPRT) y su plano (.SLDDRW). Por ejemplo, 111_TRANSVERSAL_SUPERIOR_C.SLDPRT debe documentarse mediante 111_TRANSVERSAL_SUPERIOR_C.SLDDRW. Así, el código visible en el árbol CAD, la BOM y la documentación de fabricación remite al mismo ítem. Esta regla se plantea como criterio de consistencia documental: el inventario del Anexo A comprende archivos de pieza y de ensamblaje, por lo que la existencia de los planos correspondientes no fue verificada en este estudio, y tampoco se mide una tasa de reducción de errores en el piso de taller. Del mismo modo, los requisitos de estabilidad del enlace y de integración con la BOM (Tabla 1) se adoptan como reglas de diseño del método y no se comprobaron mediante pruebas de integridad de referencias ni con una BOM completa.

El árbol PBS/CAD y los diagramas de precedencia de fabricación o ensamblaje representan dimensiones distintas y complementarias. El árbol de producto responde qué elemento existe y a qué conjunto pertenece; la planificación del proceso responde cómo, en qué orden y con qué recursos se fabrica o ensambla. Por ello, el código 140 identifica un subensamblaje de soporte de motor y 141–144 sus piezas, pero la numeración no prescribe la secuencia de corte, soldadura, mecanizado, pintura o montaje. La codificación puede alimentar una hoja de ruta, pero no la sustituye [7].

4. Discusión

Los resultados deben interpretarse como una comprobación de coherencia documental del caso de estudio. La jerarquización propuesta resulta útil para la enseñanza del diseño mecánico, el modelado CAD, los procesos de manufactura y la gestión de proyectos; sin embargo, no se plantea como una solución universal, y sus ventajas deberán validarse mediante estudios comparativos frente a otras prácticas de codificación y gestión documental. Las subsecciones siguientes desarrollan, en ese orden, el aporte al diseño mecánico y la gestión PDM, el valor pedagógico y organizativo de la propuesta, y sus limitaciones técnicas de escalabilidad.

4.1. Aporte al Diseño Mecánico y PDM

El valor central de esta metodología radica en introducir una disciplina organizativa compatible con principios PDM en entornos que todavía no disponen de software especializado [2]. Al exigir una clasificación funcional previa, se favorece un enfoque de diseño descendente (top-down) en el que las interfaces entre módulos X00 pueden definirse tempranamente mediante modelos maestros o esquemas de croquis (skeletal modeling), en concordancia con prácticas de diseño sistemático [13].

El árbol de diseño CAD define relaciones geométricas y de ensamblaje, como coincidencia, concentricidad o paralelismo (mates), pero no define por sí mismo la secuencia física de montaje. La codificación basada en PBS puede facilitar la preparación posterior de instrucciones de trabajo y la correspondencia con planos numerados, sin reemplazar la planificación del proceso [7], [8].

4.2. Valor Pedagógico y Organizativo de la Codificación

El valor principal de la propuesta no reside únicamente en el uso de los códigos 000–100–110–111, sino en enseñar al diseñador a comprender la máquina como una estructura de producto formada por sistemas, subconjuntos y piezas, vinculada con la fabricación y el ensamblaje. Esta perspectiva es particularmente relevante en la formación de ingenieros diseñadores.

Muchos estudiantes aprenden SolidWorks concentrándose en comandos como extruir, cortar, redondear o ensamblar, sin plantearse previamente preguntas de arquitectura de producto. El sistema propuesto obliga a responder, antes de modelar: ¿cuál es el sistema principal?, ¿qué función cumple cada subconjunto?, ¿qué piezas deben fabricarse?,

¿qué componentes son comerciales? y ¿qué material corresponde a cada pieza? De esta manera, la metodología busca favorecer el tránsito desde "dibujar piezas" hacia "estructurar un producto industrial".

La jerarquía numérica hace visible la arquitectura del producto. Una ruta representativa del inventario final se lee como 000_PELADOR_DE_MAIZ → 100_ESTRUCTURA → 110_SOPORTE → 111_TRANSVERSAL_SUPERIOR_C. La misma regla de pertenencia se aplica a las seis ramas principales, y el Anexo A permite comprobarla para los diecisiete subensamblajes y las cincuenta y seis piezas.

Esta representación conecta función → subensamblaje → pieza → archivo → fabricación → ensamblaje. El Anexo A cumple además una función de trazabilidad: permite verificar que cada identificador aparezca una sola vez para cada archivo distinto y que el prefijo de cada pieza sea coherente con su subensamblaje padre.

En proyectos desarrollados por varios estudiantes o diseñadores, la codificación permite distribuir responsabilidades por módulo usando una nomenclatura común: 100 Estructura, 200 Cocedor, 300 Transmisión, 400 Sistema de Combustión, 500 Agitador y 600 Descarga. La asignación por rama reduce la dependencia de nombres improvisados como Pieza1.SLDPRT o Pieza_final_corregida.SLDPRT y facilita identificar el subsistema responsable de cada interfaz.

Estos beneficios son especialmente relevantes en contextos donde no existe un sistema PDM formal, como universidades, talleres pequeños y equipos de diseño sin una plataforma de gestión de datos de producto, en los que una codificación manual disciplinada puede aportar orden documental y trazabilidad básica sin requerir inicialmente una infraestructura especializada [2]. Estos beneficios se documentan aquí de forma cualitativa y no equivalen a una demostración empírica de superioridad frente a otras convenciones de codificación.

Para posicionar la contribución frente a prácticas alternativas, la Tabla 3 presenta una comparación cualitativa entre nombres descriptivos libres, el esquema jerárquico propuesto y los identificadores secuenciales administrados mediante PDM/PLM. La comparación describe diferencias de lógica y alcance; no constituye una prueba experimental de desempeño.

Tabla 3. Comparación cualitativa de enfoques de identificación y organización documental CAD.

Identificadores secuenciales PDM/PLM	Esquema 000/X00/XY0/XYZ	Nombres descriptivos libres	Criterio
Identificador único gestionado por base de datos.	Código único visible y ligado a la PBS.	Depende de la disciplina de nomenclatura.	Identidad
La jerarquía se gestiona mediante relaciones y metadatos.	La pertenencia a módulo/subensamblaje es visible en el código.	Puede quedar implícita en la descripción.	Lectura de la jerarquía
Se gestionan como atributos y flujos de trabajo.	Se separan del ID y se almacenan en propiedades/BOM.	Pueden incorporarse al nombre del archivo.	Metadatos evolutivos
Orientada a estructuras extensas gestionadas por base de datos.	Limitada por la capacidad de tres dígitos.	Variable; depende de reglas manuales.	Escalabilidad
El ID puede mantenerse independiente de la posición en el producto.	Necesita reglas adicionales para reutilización entre ramas.	Requiere control manual para evitar duplicidades.	Reutilización
Requiere plataforma y administración PDM/PLM. Gestión del ciclo de vida, revisiones, permisos y reutilización.	No requiere PDM dentro del alcance definido. Organización pedagógica y documental de proyectos acotados.	No requiere software adicional. Identificación legible por descripción.	Infraestructura Finalidad

Fuente: elaboración propia a partir del marco conceptual discutido en [2], [4]–[6], [11]–[13]. La comparación es cualitativa y no implica superioridad empírica de un enfoque sobre otro.

4.3. Limitaciones Técnicas y de Escalabilidad

El esquema de tres dígitos admite, como máximo, nueve módulos principales bajo el ensamblaje maestro (100 a 900), nueve subensamblajes numerados por decenas dentro de cada módulo (X10, X20, ..., X90) y hasta nueve identificadores de pieza por cada rama XY0 (XY1–XY9). El caso estudiado utiliza seis módulos, diecisiete subensamblajes y cincuenta y seis piezas, por lo que permanece dentro de la capacidad formal del esquema. Además, el esquema contempla solo tres niveles bajo el ensamblaje maestro: no prevé subensamblajes anidados dentro de otros subensamblajes ni piezas ubicadas directamente bajo un módulo. Al ser posicional, el código obliga a renombrar el archivo (preferentemente con las herramientas de SolidWorks, para no romper las referencias) cuando una pieza cambia de rama, por lo que la estabilidad de la identidad depende de que la PBS se mantenga. La disponibilidad de posiciones numéricas, sin embargo, no reemplaza el control de unicidad: antes de liberar documentación debe verificarse que un código no haya sido asignado a dos archivos distintos.

La extensión a otros proyectos solo es válida mientras la PBS pueda representarse dentro de esos límites y la reutilización de componentes pueda gestionarse sin ambigüedad. Por ello, el caso de estudio no permite inferir que todo proyecto de "complejidad moderada" pueda utilizar el esquema sin adaptación. Maquinaria con un mayor número de ramas, componentes reutilizados entre productos, configuraciones extensas o necesidades avanzadas de control de cambios puede requerir otra estrategia de identificación.

Cuando se superan estos límites, puede ser conveniente migrar a identificadores administrados por base de datos mediante PDM/PLM, donde el ID puede mantenerse independiente de la posición del componente en la jerarquía y la estructura del producto se gestiona mediante relaciones y metadatos [2]. Esto no contradice la utilidad del método en entornos sin PDM: el esquema 000/X00/XY0/XYZ se propone como una solución manual, pedagógica y de transición para proyectos cuyo tamaño permite conservar la unicidad por convención. PDM/PLM constituye una ruta de escalamiento, no un requisito previo para aplicar el método dentro de su alcance.

5. Conclusiones

Resultados derivados del caso de estudio:

- En la peladora de maíz analizada, el inventario final quedó representado por un ensamblaje maestro, seis módulos X00, diecisiete subensamblajes XY0 y cincuenta y seis archivos de pieza XYZ. La verificación del Anexo A no identificó códigos numéricos repetidos entre archivos distintos y confirmó la correspondencia de prefijos entre cada pieza y su subensamblaje padre. Las repeticiones visibles de una misma pieza en el árbol de ensamblaje corresponden a instancias del mismo archivo y no a nuevas identidades documentales.
- El método propone un identificador base común para modelo, plano y registro de BOM como regla explícita de trazabilidad. Esta regla es un criterio de consistencia documental del método, cuya aplicación a planos y BOM no fue verificada en este estudio; no debe interpretarse como evidencia de una reducción cuantificada de errores de fabricación o de tiempos de búsqueda.

Principios conceptuales y alcance:

- Como principio de gestión documental, la información evolutiva, como el material, la revisión o el tratamiento superficial, debe mantenerse separada del identificador y gestionarse mediante propiedades del archivo y la BOM, de acuerdo con prácticas PLM/PDM [1], [2].

- La codificación jerárquica CAD describe qué es cada elemento y a qué sistema pertenece; no sustituye la hoja de ruta de manufactura ni los diagramas de precedencia, que describen cómo y en qué secuencia se fabrica o ensambla [7].
- Las normas de dibujo técnico confirman la importancia de la identificación única y trazable de la documentación [8], [9]. La propuesta extiende ese principio al árbol de ensamblaje CAD como una convención organizativa; esta extensión constituye un criterio conceptual del método y no un hallazgo experimental.
- El esquema de tres dígitos dispone de hasta nueve módulos, nueve subensamblajes por módulo y nueve identificadores de pieza por subensamblaje. Dentro de ese alcance puede emplearse sin PDM; cuando la estructura del producto, la reutilización o el control de revisiones exceden esa capacidad, la migración a identificadores administrados por PDM/PLM constituye una alternativa de escalamiento [2].

Limitación de la evidencia y trabajo futuro:

- Las ventajas descritas no constituyen evidencia de superioridad científica frente a otras prácticas de codificación. La validación comparativa mediante estudios controlados, por ejemplo, mediante tiempos de búsqueda, tasa de errores de identificación, consistencia de la BOM y desempeño en equipos multiusuario, queda planteada como trabajo futuro.

Materiales Suplementarios: no se reportan materiales suplementarios asociados a este manuscrito.

Contribuciones de Autores: Conceptualización, P.M.L. y M.M.N.; metodología, P.M.L.; validación, P.M.L., R.G.A. y M.M.N.; investigación, P.M.L. y M.M.N.; curación de datos, M.M.N.; redacción borrador original, P.M.L.; redacción, revisión y edición, R.G.A. y M.M.N.; supervisión, R.G.A. Todos los autores han leído y aprobado la versión publicada del manuscrito.

Financiamiento: esta investigación no recibió financiamiento externo.

Declaración de Disponibilidad de Datos: el inventario completo del árbol jerárquico utilizado en el caso de estudio y los criterios empleados para verificar su consistencia se incluyen en el Anexo A del manuscrito. El modelo CAD completo de la peladora de maíz está disponible por parte de los autores correspondientes bajo solicitud razonable.

Agradecimientos: los autores agradecen a la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Mayor de San Simón por el apoyo institucional brindado durante el desarrollo de este trabajo.

Conflictos de Interés: los autores declaran no tener conflictos de interés.

Abreviaturas

Las siguientes abreviaturas se utilizan en este manuscrito:

ASME	American Society of Mechanical Engineers
BIM	Building Information Modeling (Modelado de Información de Edificios)
BOM	Bill of Materials (Lista de Materiales)
CAD	Computer-Aided Design (Diseño Asistido por Computadora)
DFMA	Design for Manufacture and Assembly (Diseño para Manufactura y Ensamblaje)
ISO	International Organization for Standardization
PBS	Product Breakdown Structure (Estructura de Desglose de Producto)
PDM	Product Data Management (Gestión de Datos de Producto)
PLM	Product Lifecycle Management (Gestión del Ciclo de Vida del Producto)
SLDPRT	Extensión nativa de archivo de pieza de SolidWorks
SLDASM	Extensión nativa de archivo de ensamblaje de SolidWorks
SLDDRW	Extensión nativa de archivo de plano/dibujo de SolidWorks

Referencias

- [1] Dassault Systèmes, "SOLIDWORKS Design Help 2022," 2022. [Online]. Available: <https://help.solidworks.com/2022/English/>. [Accessed: Sep. 16, 2026].
- [2] A. Sääksvuori and A. Immonen, *Product Lifecycle Management*, 3rd ed. Berlin, Germany: Springer, 2008, doi: 10.1007/978-3-540-78172-1.
- [3] S. K. Chandrasegaran, K. Ramani, R. D. Sriram, I. Horváth, A. Bernard, R. F. Harik, and W. Gao, "The evolution, challenges, and future of knowledge representation in product design systems," *Computer-Aided Design*, vol. 45, no. 2, pp. 204–228, 2013, doi: 10.1016/j.cad.2012.08.006.
- [4] K. T. Ulrich and S. D. Eppinger, *Product Design and Development*, 6th ed. New York, NY, USA: McGraw-Hill Education, 2016.
- [5] G. Boothroyd, P. Dewhurst, and W. A. Knight, *Product Design for Manufacture and Assembly*, 3rd ed. Boca Raton, FL, USA: CRC Press, 2011, doi: 10.1201/9781420089288.
- [6] G. Pahl, W. Beitz, J. Feldhusen, and K.-H. Grote, *Engineering Design: A Systematic Approach*, 3rd ed. London, U.K.: Springer, 2007, doi: 10.1007/978-1-84628-319-2.
- [7] M. P. Groover, *Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems*, 7th ed. Hoboken, NJ, USA: Wiley, 2020.
- [8] American Society of Mechanical Engineers, *Engineering Drawing Practices*, ASME Y14.100-2017, New York, NY, USA, 2017.
- [9] International Organization for Standardization, *Technical Product Documentation (TPD)—General Principles of Representation—Part 1: Introduction and Fundamental Requirements*, ISO 128-1:2020, Geneva, Switzerland, 2020.
- [10] D. A. Madsen and D. P. Madsen, *Engineering Drawing and Design*, 6th ed. Boston, MA, USA: Cengage Learning, 2016.
- [11] International Organization for Standardization, *Organization and Digitization of Information about Buildings and Civil Engineering Works, Including Building Information Modelling (BIM)—Information Management Using BIM—Part 1: Concepts and Principles*, ISO 19650-1:2018, Geneva, Switzerland, 2018.
- [12] International Organization for Standardization, *Organization and Digitization of Information about Buildings and Civil Engineering Works, Including Building Information Modelling (BIM)—Information Management Using BIM—Part 2: Delivery Phase of the Assets*, ISO 19650-2:2018, Geneva, Switzerland, 2018.
- [13] D. G. Ullman, *The Mechanical Design Process*, 4th ed. New York, NY, USA: McGraw-Hill, 2010.

Nota del Editor: Las declaraciones, opiniones y datos contenidos en todas las publicaciones son exclusivamente responsabilidad de los autores y colaboradores individuales, y no de Andean Journals ni de los editores. Andean Journals y/o los editores no se responsabilizan por daños a personas o bienes derivados de ideas, métodos, instrucciones o productos mencionados en el contenido.

Anexo A. Verificación y Jerarquía Final del Árbol de SolidWorks

Este anexo forma parte de la verificación metodológica y contiene el inventario jerárquico final utilizado en el caso de estudio. La estructura comprende un ensamblaje maestro, seis módulos X00, diecisiete subensamblajes XY0 y cincuenta y seis archivos de pieza XYZ. La comprobación se centra en la unicidad de los identificadores numéricos y en la correspondencia padre-hijo. Las múltiples instancias de una misma pieza dentro del ensamblaje no se consideran archivos distintos.

A.1. Verificación de Consistencia del Árbol Final

Criterio	Evidencia en el árbol final	Resultado
Unicidad de módulos X00	100, 200, 300, 400, 500 y 600.	Cumple: seis identificadores X00 diferentes.
Unicidad de subensamblajes XY0	17 subensamblajes distribuidos en las seis ramas.	Cumple: no se repite un código XY0 para subensamblajes distintos.
Unicidad de piezas XYZ	56 archivos .SLDPRT en el inventario final.	Cumple: no se asigna el mismo código XYZ a dos archivos de pieza distintos.
Correspondencia XYZ → XY0	Cada pieza conserva los dos primeros dígitos de su subensamblaje padre.	Cumple en las 56 piezas listadas.
Correspondencia XY0 → X00	Cada subensamblaje conserva como primer dígito el código de su módulo.	Cumple en los 17 subensamblajes.
Instancias repetidas	Una misma pieza puede aparecer varias veces en el árbol gráfico por su cantidad de uso.	No constituye duplicidad: las instancias remiten al mismo archivo y código.

A.2. Jerarquía Final Verificada

En la lista siguiente se reproduce el inventario final del árbol de SolidWorks. Los nombres de archivo se transcriben tal como aparecen en el árbol final de SolidWorks. La verificación metodológica se realiza sobre los identificadores numéricos, las extensiones de archivo y las relaciones padre-hijo.

```

000_PELADOR_DE_MAIZ.SLDASM
+---100_ESTRUCTURA.SLDASM
|   +---110_SOPORTE.SLDASM
|   |   111_TRANSVERSAL_SUPERIOR_C.SLDPRT
|   |   112_TRANSVERSAL_SUPERIOR_LARGO.SLDPRT
|   |   113_VERTICAL.SLDPRT
|   |   114_TRANSVERSAL_LARGO.SLDPRT
|   |   115_TRANSVERSAL_CORTO.SLDPRT
|   |   116_DIAGONAL.SLDPRT
|   +---120_ESCALERA.SLDASM
|   |   121_LARGUERO.SLDPRT
|   |   122_PELDANO.SLDPRT
|   +---130_BARANDAL.SLDASM
|   |   131_VERTICAL.SLDPRT
|   |   132_CURVADO.SLDPRT
|   |   133_VERTICAL_2.SLDPRT
|   +---140_SOPORTE_MOTOR.SLDASM
|   |   141_PERFIL_ANCHO_MOTOR.SLDPRT
|   |   142_PERFIL_LARGO_MOTOR.SLDPRT
|   |   143_SOPORTE_CAJA_REDUCTORA.SLDPRT
|   |   144_APOYO_MOTOR.SLDPRT
|   +---150_PLATAFORMA_INSPECCION.SLDASM
|   |   151_TRANSVERSAL_CORTO.SLDPRT
|   |   152_VERTICAL.SLDPRT
|   |   153_TRANSVERSAL_LARGO.SLDPRT
|   |   154_PLANCHA_PLATAFORMA.SLDPRT
|   |   155_SOPORTE_ANCHO.SLDPRT
+---200_COCEDOR.SLDASM

```

```

| +---210_OLLA.SLDASM
| | 211_CUERPO.SLDPRT
| | 212_LATERAL.SLDPRT
| | 213_LATERAL_2.SLDPRT
| | 214_ESQUINERO.SLDPRT
| | 215_ESQUINERO_2.SLDPRT
| | 216_SOPORTE_CHUMACERA.SLDPRT
| | 217_PLACA_BASE.SLDPRT
| +---220_COMPUERTA.SLDASM
| | 221_MARCO.SLDPRT
| | 222_BRAZO.SLDPRT
| | 223_CORTINA.SLDPRT
| | 224_SUJETADOR.SLDPRT
| +---230_TAPA.SLDASM
| | 231_PLACA.SLDPRT
| | 232_BISAGRA.SLDPRT
| | 233_AGARRADOR_TAPA.SLDPRT
+---300_TRANSMISION.SLDASM
| +---310_MOTOREDUCTOR.SLDASM
| | 311_MOTOR_90S_L_LEFT1.SLDPRT
| | 312_REDUCTOR_PMRV063_90_B14.SLDPRT
| | 313_EJE.SLDPRT
| +---320_TREN.SLDASM
| | 321_POLEA_2.SLDPRT
| | 322_CORREA_1_1000_COCEDOR.SLDPRT
+---400_SISTEMA_DE_COMBUSTION.SLDASM
| +---410_QUEMADOR.SLDASM
| | 411_TUBO_QUEMADOR.SLDPRT
| | 412_SOPORTE.SLDPRT
| +---420_DUCTO.SLDASM
| | 421_TUBERIA.SLDPRT
| | 422_AGARRE.SLDPRT
| | 423_TAPA_TUBERIA.SLDPRT
+---500_AGITADOR.SLDASM
| +---510_EJE.SLDASM
| | 511_EJE_AGITADOR.SLDPRT
| | 512_SUJECION_HELICE.SLDPRT
| +---520_HELICE_HELICOIDAL.SLDASM
| | 521_HELICE.SLDPRT
| +---530_CHUMACERA.SLDASM
| | 531_RODAMIENTO_UCP-212.SLDPRT
| | 532_TORNILLO.SLDPRT
| +---540_POLEA.SLDASM
| | 541_CHAVETA.SLDPRT
| | 542_POLEA_1.SLDPRT
+---600_DESCARGA.SLDASM
| +---610_BOCA_DE_DESCARGA.SLDASM
| | 611_TUBO_DE_DESCARGA_1.SLDPRT
| | 612_ARANDELA_DE_ACOPLAMIENTO.SLDPRT
| | 613_TUBO_DE_DESCARGA_2.SLDPRT
| | 614_ARANDELA_DE_ACOPLAMIENTO_2.SLDPRT
| | 615_REGISTRO_GAVETA_ABNT_4_PULG.SLDPRT

```

A.3. Regla Operativa de Cierre

Antes de liberar una revisión del proyecto, el árbol debe superar cuatro controles: (1) ningún código numérico puede identificar dos archivos distintos; (2) cada pieza XYZ debe pertenecer a un ensamblaje XY0 con los mismos dos primeros dígitos; (3) cada ensamblaje XY0 debe pertenecer al módulo X00 con el mismo primer dígito; y (4) el mismo código base debe conservarse entre modelo, plano y registro de BOM. La aparición repetida de una misma pieza como instancia del ensamblaje no constituye un incumplimiento, siempre que todas las ocurrencias referencien el mismo archivo. El incumplimiento de cualquiera de estas reglas exige corregir la nomenclatura antes de emitir documentación de fabricación.