

Un Sistema para Codificar Archivos de Diseño Mecánico

Guillermo O. Marclé¹, Elver J. Delmastro^{1y2} y Julio C. Massa^{1y3}

¹ *Departamento de Mecánica. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Río Cuarto. Campus Universitario. Ruta 36 - Km. 601 (5800). Río Cuarto. Argentina.*

² *ED Ingeniería. Belgrano 1040 (5850) Río Tercero. Provincia de Córdoba. Argentina.*

³ *Departamento de Estructuras. Facultad de C. E. F y N. Universidad Nacional de Córdoba. Tel.: 0351-4334145. Casilla de Correo 916 (5000) Córdoba. Argentina.*

e-mail: gmarcle@ing.unrc.edu.ar elverdelmastro@itc.com.ar jmassa@efn.uncor.edu

Resumen – En este trabajo se presenta un Sistema de Codificación que fue desarrollado para facilitar el ordenamiento de los archivos de un proyecto mecánico. La codificación propuesta ordena letras y números con ciertos criterios que tienen por finalidad identificar de una manera unívoca a las diferentes componentes de un sistema. El código asignado a cada plano está organizado en tres campos, de la siguiente manera: YXX–AABBCCDD–Z, los campos YXX y Z están compuestos por caracteres alfanuméricos, mientras que el campo restante está compuesto sólo por números. El sistema facilita la copia directa de archivos de sistemas de CAD para diseñar elementos similares a otros ya existentes, para ello basta cambiar la designación del primer campo del código. El sistema propuesto abarca a todas las partes que componen la máquina que se está desarrollando. Se asigna a las piezas o ensambles una denominación que provee información sobre las mismas que facilita las tareas posteriores al diseño: fabricación, compras, etc.; y se establece además, una correlación entre el elemento a diseñar y el plano correspondiente, de tal manera cualquier modificación en un entorno se traslada automáticamente al otro. A modo de ejemplo se presenta la codificación de los planos de un Puente Grúa de tres toneladas.

Palabras Clave – *Codificación de archivos. Proyecto de máquinas. Diseño mecánico.*

I. INTRODUCCIÓN

El avance de la tecnología, hizo que se pasara de los sistemas de diseño tradicionales (tablero, reglas tee, tecnígrafos, etc.), a sistemas de diseño asistidos por computadora (CAD: Computer Aided Design) [1]. La integración de estos sistemas con programas de cálculo por elementos finitos hizo posible el análisis, verificación y optimización de estructuras (CAE). Además, la integración de los programas de diseño con máquinas herramientas, dio por resultado la programación rápida y eficiente de las mismas (CAM). Estos tres sistemas integrados (CAD-CAE-CAM), son una ayuda fundamental para el ingeniero de diseño [2], que necesariamente se ve involucrado en las tres áreas mencionadas.

Hasta hace veinte años atrás, las tareas del diseñador, del calculista–analista de estructuras, y del programador de máquinas herramientas, estaban perfectamente delimitadas, de tal manera que rara vez eran realizadas por la misma persona. El diseñador se encargaba de dar forma a la estructura en base a su experiencia, sentido común, y cálculos simples [3]. El calculista–analista era el encargado de hacer los cálculos y la verificación de la estructura, para luego recomendar el rediseño o no de la misma. Una vez diseñada la estructura, los ingenieros de proceso tomaban el diseño y se encargaban de la programación de las máquinas herramientas de control numérico [4] [5].

Actualmente las tres tareas pueden ser realizadas por una misma persona (o un mismo equipo), gracias a la aparición de software y hardware cada vez más potentes. El software incluso está

concebido para poder realizar las tres tareas. Para facilitar las tareas resulta conveniente contar con un sistema de codificación que permita tratar en forma ordenada y prolija a los archivos pertenecientes a los planos de una máquina cuando el número de piezas es muy grande, posibilitando identificar con rapidez las distintas piezas que componen una máquina.

En este trabajo se presenta un sistema de Codificación de archivos que facilita el ordenamiento de los archivos correspondientes a un proyecto mecánico. Esta codificación se desarrolló inicialmente para ser utilizada dentro de la cátedra de Cálculo y Proyecto de Máquinas que es una materia del último año de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Río Cuarto. En la actualidad alumnos y egresados están transfiriendo este sistema a empresas de medio lo que provee la retroalimentación necesaria para mejorar el sistema.

El objetivo de la asignatura Cálculo y Proyecto de Máquinas es integrar los conocimientos adquiridos por parte de los alumnos durante su carrera. Para tal fin los alumnos realizan un proyecto mecánico donde se relacionan muchos de los contenidos de las materias de la carrera. Entre la variada gama de trabajos realizados se pueden mencionar: retro-escavadoras, grúas, elevadores hidráulicos, palas frontales, etc.

El tema del proyecto se entrega a los alumnos al comenzar el cursado de la materia. A lo largo de los años, los trabajos organizados por la cátedra han sido muy variados y organizados de diferentes maneras. El interés en realizar trabajos más integrales y completos por parte de los alumnos ha motivado a los docentes a buscar distintas alternativas: a) Trabajos individuales acotados a ciertas partes de una máquina, debido a que el diseño completo requeriría un tiempo excesivo comparado con la carga horaria de la asignatura y b) Trabajos Grupales, donde el número de alumnos depende del tamaño del proyecto.

En la realización de esos trabajos integradores, se pone de manifiesto una variada gama de dificultades entre las que se destaca la falta de organización y metodología para la realización del proyecto (inadecuada gestión del tiempo). Para tratar de reducir el tiempo para la concreción de los proyectos se desarrolló un sistema de gestión que incorpora códigos en la planimetría y en los archivos que contienen los planos del proyecto.

A continuación se describen las características principales del método de análisis basado en el método de elementos finitos y los sistemas CAD-CAE-CAM. El lector familiarizado con estos temas puede pasar directamente a la sección III donde se describe el sistema de codificación propuesto en este trabajo.

II. CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS CAD CAE Y CAM

Cuando se habla de un sistema CAD-CAE-CAM, debe interpretarse como una herramienta (como lo fue en la década de los 70' la calculadora personal, ó antes la regla de cálculo), que permite hacer más eficiente el trabajo del ingeniero, pero de ninguna manera debe pensarse que esa herramienta puede reemplazar el trabajo del ingeniero. Inclusive la utilización del mismo no garantiza que un proyecto pueda ser realizado en un tiempo menor. Aún con la utilización de estos sistemas computarizados, la realización, la verificación y el análisis de un diseño adecuado a los requerimientos del cliente siempre dependerá de la habilidad y los conocimientos del ingeniero. Lógicamente, la productividad (realización de un trabajo en el menor tiempo posible) que se pueda alcanzar, dependerá de la elección y utilización adecuada del sistema CAD-CAE-CAM [6].

1) Sistema CAD

La elección del sistema de CAD adecuado, puede ser una tarea compleja, ya que debe adecuarse a la empresa tanto desde el punto de vista técnico como económico [7]. Siempre debe tenerse en cuenta que un excelente sistema de CAD, puede ser totalmente improductivo si no se cuenta con el hardware adecuado. Además el hardware adecuado generalmente es superior al mínimo recomendado por la empresa que produce el sistema de diseño. Por lo tanto debe establecerse una correcta correlación entre el software, el hardware y las necesidades de la empresa.

Una vez elegido el sistema de diseño deben disponerse los recursos necesarios tanto para la compra del software como del hardware. Como premisa fundamental, el software debe ser tal, que sea posible:

- Realizar un diseño paramétrico.
- Trabajar en lo posible en tres dimensiones.
- Representar correctamente a la pieza o ensamble.
- Asignar a las piezas o ensambles una denominación que provea información de las mismas que sea de ayuda en las tareas posteriores al diseño como ser fabricación, compras, etc.
- Establecer una correlación biunívoca entre el elemento diseñado y el plano correspondiente, de manera que cualquier modificación en un entorno se traslade automáticamente al otro y viceversa.

El sistema de codificación propuesto en este trabajo está orientado a satisfacer estas dos últimas premisas. En una primera instancia tiene como objetivo facilitar el ordenamiento de los archivos correspondientes a un proyecto mecánico, pero además, está pensado para acompañar y facilitar las etapas posteriores al diseño.

2) Análisis por Elementos Finitos (FEM)

Existen dos términos que son sinónimos en la práctica de ingeniería: (1) Análisis por Elementos Finitos (FEA), y (2) Método de Elementos Finitos (FEM). Un análisis por elementos finitos, comúnmente llamado FEA, es una herramienta de análisis del producto que se está diseñando. Es conveniente tener en claro qué es un análisis del diseño y cómo se relaciona con FEA. El análisis del diseño es un proceso de investigación de ciertas propiedades de partes, ensambles o estructuras que puede ser realizado sobre objetos reales o sobre modelos que representen ciertos aspectos de la pieza real.

Si en lugar de objetos reales se utilizan modelos, el análisis puede ser realizado tempranamente en el proceso de diseño, antes que el producto final o aún el prototipo sean construidos. Esos modelos pueden ser modelos físicos (modelo a escala, maquetas, modelos foto elásticos) ó modelos matemáticos donde el comportamiento de una parte o estructura es estudiado y descrito matemáticamente. El análisis del diseño realizado mediante el uso de modelos matemáticos puede ser más profundo, dependiendo de los modelos usados para obtener la solución [8]. Los modelos matemáticos simples pueden ser resueltos analíticamente, pero los modelos más complejos requieren el uso de métodos numéricos.

El análisis por elementos finitos es uno de los métodos numéricos utilizado para resolver modelos matemáticos complejos [9][10][11]. Tiene numerosos usos en ciencia e ingeniería, pero en este trabajo

nos concentramos en aplicaciones de análisis estructural utilizadas en ingeniería mecánica. El FEM es una herramienta de análisis de ingeniería poderosa pero muy exigente [12]. La habilidad esperada de sus usuarios depende de la extensión y complejidad del análisis realizado pero siempre requiere familiaridad con la mecánica de materiales, diseño de ingeniería, y otros tópicos relacionados que aparecen en una currícula de ingeniería mecánica.

Características del FEM para los Ingenieros de Diseño

Hay importantes características que distinguen al FEM de otros tipos de aplicaciones:

- Es solamente otra herramienta de diseño. Para los Ingenieros de Diseño, FEM es una de las muchas herramientas de diseño [13] y es utilizada como un suplemento a un sistema de Diseño Asistido por Computadora (CAD), hojas de cálculo, catálogos, bases de datos, calculadoras manuales, libros de texto, etc.
- Está basado en modelos de CAD. El diseño es llevado a cabo utilizando herramientas de CAD [14], cuyos modelos son el punto de partida para la utilización del FEM.
- Se utiliza concurrentemente con el proceso de diseño. Siendo el FEM una herramienta de diseño, debería ser utilizado concurrentemente con el proceso de diseño. Los Análisis iterativos pueden ser realizados rápidamente, y como los resultados son utilizados para tomar decisiones en el diseño, ellos deben ser confiables aún cuando se disponga de una insuficiente cantidad de datos de entrada, situación habitual cuando se está en la primera etapa del diseño.

Limitaciones del FEM para los Ingenieros de Diseño

Como es de esperar, el FEM utilizado en un ambiente de diseño debe satisfacer requerimientos importantes. Debe ser ejecutado rápidamente y con suficiente aproximación, aunque esté en manos de ingenieros de diseño en lugar de especialistas del FEM. Una pregunta obvia es: ¿Sería mejor tener un especialista dedicado a realizar el FEM, y permitir a los ingenieros de diseño hacer mejores productos? La respuesta depende del tipo y del tamaño de la organización, los tipos de productos y la filosofía de la empresa y muchos otros factores, tangibles e intangibles. El consenso general es que el ingeniero de diseño debería manejar análisis relativamente simples para acompañar el proceso de diseño. Los análisis que son demasiado complejos y que consumen más tiempo para ser ejecutados concurrentemente con el proceso de diseño, son usualmente encargados a especialistas.

Objetivos del FEM para los Ingenieros de Diseño

El objetivo último de utilizar el FEM como una herramienta de diseño es cambiar el proceso de diseño desde un ciclo iterativo DISEÑO-PROTOTIPO-ENSAYO a un proceso donde los prototipos sean utilizados solamente para verificaciones de diseño finales.

Con el uso del FEM, las iteraciones de diseño cambian desde un espacio físico de prototipos y ensayos a un espacio virtual de simulaciones auxiliadas por computadora. El análisis por elementos finitos no es, por supuesto, la única herramienta de simulación computarizada usada en el proceso de diseño. Hay otras, tales como análisis computacional de dinámica de fluidos ó análisis de movimiento que conforman las herramientas de ingeniería ayudada por computadora (CAE).

III. SISTEMA DE CODIFICACIÓN DE ARCHIVOS

Codificar es ordenar letras y números con ciertos criterios, para un fin determinado. El sistema de codificación propuesto en este trabajo trata de satisfacer dos objetivos. En una primera instancia está orientado a facilitar el ordenamiento de los archivos correspondientes a un proyecto mecánico, pero además está pensado de manera de acompañar y facilitar las etapas posteriores del diseño.

En el diseño mecánico los campos del código pueden asumir diferentes significados dependiendo de qué se quiera detallar. Lo que a continuación se propone es una forma, entre las muchas posibles, de encarar la codificación. Cada empresa, diseñador o proyectista podrá adoptar el esquema propuesto, adaptarlo a su situación particular, o crear un esquema diferente.

A. Campos del Código

Los campos del código permiten identificar de manera unívoca cada componente de un sistema. El código propuesto en este trabajo está compuesto por tres campos:

YXX–AABBCCDD–Z

El primer campo (**YXX**) y el último (**Z**) están compuestos por caracteres alfanuméricos, mientras que el campo central (**AABBCCDD**) está constituido sólo por números.

Esta codificación se aplica a todas las partes que componen una máquina que se está diseñando. El significado de los campos del código depende de las letras y números que se le asignen. A continuación se muestra el significado que pueden tomar los valores de cada uno de los tres campos del código.

1) Campo YXX

Por la posición en que está ubicado este campo, tiene por objeto mostrar en líneas generales y a simple vista de qué se trata. Se pueden distinguir tres casos:

a) Piezas Estándares

Son piezas de uso general o corriente, que están ubicadas en distintas partes de una máquina y en distintas máquinas que se están fabricando dentro de la Empresa. Como ejemplo se pueden mencionar ciertas partes comunes como bujes, pernos, etc., que eventualmente son usadas en distintos modelos de máquinas fabricadas por la Empresa.

En estos casos es recomendable que el primer carácter asuma la letra E (Y = E, indicando Estándar), mientras que XX estará formado por números. El valor asignado a XX dependerá de la organización que se plantea para estas piezas. El usuario puede asignar valores con su propio criterio, pero una vez definidos los valores que asume YXX todas las personas que trabajen en forma conjunta deberán respetar el mismo criterio.

b) Piezas Comerciales

El tratamiento de estas piezas es similar al caso anterior referido a piezas estándares. Por razones de lógica y para ser consistente se recomienda asignar a Y la letra C (Y = C, indicando Comercial). El valor de XX dependerá, al igual que para las piezas estándares, de la organización que se decida para cada caso particular. Ejemplos de elementos comerciales son tuercas, tornillos, sellos, etc.

c) Máquinas

En casos más generales que los anteriores, cuando se está diseñando un nuevo modelo de máquina o se trata del pedido de un cliente referido a un diseño en particular, queda a criterio del diseñador o de la Empresa las letras y números que asignará al campo YXX. Con el objeto de diferenciar rápidamente las piezas comerciales y estándares de las máquinas, el caracter Y no debe ser igual ni a E ni a C.

El sistema facilita la copia de archivos de sistemas de CAD, para diseñar elementos o máquinas similares a otras ya existentes se pueden copiar los archivos que no sean piezas comerciales ni estándares cambiando solamente la designación del campo YXX.

2) Campo AABBCDD

Como se mencionó anteriormente, el campo YXX describe en forma general al componente codificado. Para poder identificar en forma unívoca a las piezas de una máquina, se incorpora otro campo designado en forma genérica como AABBCDD. En el caso particular de las piezas estándares EXX y comerciales CXX, este segundo campo del código está reservado para las medidas dimensionales que las identifican, como también para códigos asociados a un proveedor. Esto se explica más adelante en los ejemplos.

3) Campo Z

Este campo reserva un caracter (letra o número) para identificar una posible variante de un elemento en particular, cuando hay similitud entre dos piezas no es necesario variar los campos 1 y 2. Esta situación se ilustra en la Figura 1 correspondiente al ejemplo de un puente grúa en la sección IV donde se utiliza el tercer campo del código para diferenciar la testera derecha donde Z = B, de la testera izquierda donde Z = A.

B. Ejemplo de Codificación de una Pieza Estándar

Es normal que en una fábrica, existan tipos de piezas que son comunes a varias máquinas. Una de esas piezas típicas son los bujes para soldar en estructuras. Dichos elementos pueden agruparse en familias estándares, donde los diámetros exterior e interior y los largos sean múltiplos de 5.

En ese caso el código para un buje de acero podría ser:

E02-01050807-A

donde:

- E: identifica a una pieza estándar.
- 02: identifica al tipo de pieza. En este caso buje para soldar.
- 01: identifica el material. En este caso Acero SAE 1010.
- 05: identifica el diámetro interior del buje. El diámetro se calcula como $\varnothing_i = 05 \times 5 = 25$ mm.
- 08: identifica el diámetro exterior del buje. El diámetro se calcula como $\varnothing_e = 08 \times 5 = 40$ mm.
- 07: identifica el largo del buje. El largo también se calcula como $L = 07 \times 5 = 35$ mm.

C. Ejemplos de Codificación de Piezas Comerciales

En el caso de piezas comerciales el campo AABBCDD puede variar de acuerdo al tipo de pieza, según las necesidades de cada empresa. Por ejemplo, para identificar a un tornillo de acero cabeza hexagonal Rosca SAE UNC ½"-13 x 2" Grado 5, se puede usar el siguiente código:

C07-01071323-A

donde:

- C : identifica a una pieza Comercial.
- 07: identifica al tornillo cabeza hexagonal rosca SAE.
- 01: identifica la calidad del material. En este caso Acero Grado 5.
- 07: identifica el diámetro nominal del tornillo. Según la Tabla I, 07 indica diámetro = ½".
- 13: identifica la cantidad de hilos por pulgada. En este caso 13 h.p.p.
- 22: identifica el largo del tornillo. Según la Tabla I, 23 indica largo = 2".

Para codificar medidas en pulgadas la empresa adoptó la siguiente equivalencia:

TABLA I
NÚMERO DE CÓDIGO PARA LAS MEDIDAS EN PULGADAS (ABREVIADA)

| Nº código | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 | 07 | 08 | | 22 | 23 | 24 | |
|-----------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|-------|-------|----|-------|-------|
| Pulgadas | 1/8 | 3/16 | 1/4 | 5/16 | 3/8 | 7/16 | 1/2 | 9/16 | | 1 7/8 | 2 | 2 1/4 | |

Tanto en el caso de piezas estándares como comerciales, aquellos caracteres del campo que no se usen tomarán el valor cero. Para identificar a una tuerca de Rosca SAE UNC ½"-13 Grado 5, se puede utilizar el siguiente código:

C08-01071300-A

donde:

- C : identifica a una pieza Comercial.
- 08: identifica a la tuerca rosca SAE.
- 01: identifica la calidad del material. En este caso Acero Grado 5.
- 07: identifica el diámetro nominal de la tuerca. Según la Tabla I, 07 indica diámetro = ½".
- 13: identifica la cantidad de hilos por pulgada. En este caso 13 h.p.p.
- 00: caracteres sin usar.

El campo AABBCDD puede contener números que identifiquen a un fabricante. Por ejemplo, para codificar un aro-sello PARKER de goma Buna N 2-235, puede usarse el siguiente código:

C11-01223700-A

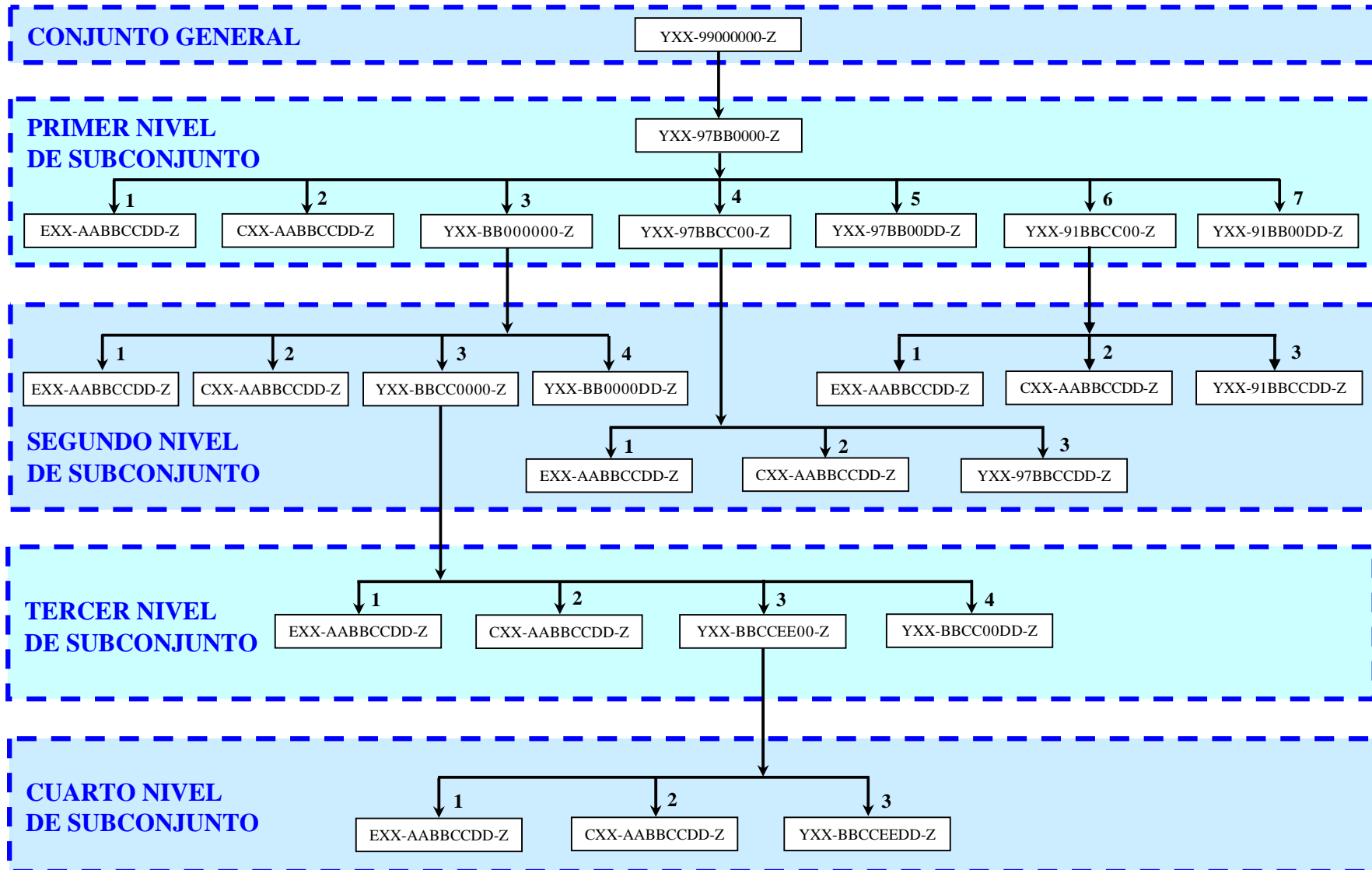
donde:

- C : identifica a una pieza Comercial.
- 11: identifica al aro-sello PARKER.
- 01: identifica la calidad del material. En este caso Buna N.
- 2237: identifica al modelo PARKER 2-237.
- 00: caracteres sin usar.

D. Ejemplo de Codificación de una Máquina - Organigrama

En el caso del proyecto de una máquina, la codificación es algo más complicada que en los casos anteriores referidos a piezas. Para ejemplificar cómo se escalonan los diferentes niveles del esquema de codificación se ha generado un organigrama, que se muestra en la página siguiente.

ORGANIGRAMA DE CODIFICACIÓN DE UNA MÁQUINA CÓDIGO: YXX-AABBCCDD-Z



1) Conjunto General

Como se puede observar en la parte superior del organigrama de la página anterior, se ha designado YXX-99000000-Z al conjunto general de la máquina que se está diseñando. El valor de AA en este ejemplo es 99, pero puede asumir cualquier otro valor, dependiendo del usuario. Lo importante es que haya algún número que identifique al conjunto general.

Como criterio general, se divide a la máquina en subconjuntos base, como podrían ser construcciones soldadas, cilindros hidráulicos, etc., es decir subconjuntos que sean suficientemente representativos de cada parte de la máquina. Estos subconjuntos se designan como YXX-BB000000-Z, donde BB puede asumir valores 01, 02, 03, 04, etc. Esta designación es muy importante, ya que en el caso que se proyecten varias máquinas similares, cada subconjunto similar tendría el mismo valor de BB, lo que facilita la lectura e interpretación del código, como también la copia de archivos. Por ejemplo si se está diseñando una pala cargadora, el valor BB podría tomar los valores:

BB=01: Brazos. BB=03: Cilindro elevación brazos.
BB=02: Balde. BB=04: Cilindro vuelco de balde.

Desde el punto de vista computacional y con el objeto de hacer mas liviano el trabajo sobre cada uno de los subconjuntos conjuntos base (agregarles componentes de ensamble, como pernos, tornillos, tuercas, etc.), y evitar hacer esto en el conjunto general, es necesario crear conjuntos en un nivel superior al anterior que contengan los conjuntos BB y todos aquellos componentes (generalmente de ensamble) asociados a los mismos. Estos conjuntos asociados con cada una de los subconjuntos base se designan con el valor 97 seguidos con el valor BB correspondiente: YXX-97BB0000-Z.

2) Primer nivel de Subconjunto

Los conjuntos YXX-97BB0000-Z pueden estar compuestos por (ver primer nivel de subconjunto):

- 1) Piezas estándares sueltas descriptas en el punto A.1.a (EXX-AABBCCDD-Z).
- 2) Piezas comerciales sueltas descriptas en el punto A.1.b (CXX-AABBCCDD-Z).
- 3) Subconjunto base (YXX-BB000000-Z).
- 4) Subconjunto que se ensambla al subconjunto base (YXX-97BBCC00-Z).
- 5) Pieza única que se ensambla al subconjunto base (YXX-97BB00DD-Z).
- 6) Subconjunto asociado a un subconjunto base que puede ser utilizado en varias partes de la máquina. Es decir un conjunto estándar para esta máquina cuyo código se adopta que empiece con el número 91 (YXX-91BBCC00-Z). En el ejemplo anterior podría adoptarse para BB:

BB=05: Pernos. BB=06: Bujes.

- 7) Pieza asociado a un subconjunto base que puede ser utilizado en varias partes de la máquina. Es decir una pieza estándar para esta máquina cuyo código se adopta que empiece con el número 91 (YXX-91BB00DD-Z).

3) Segundo nivel de Subconjunto

Los subconjuntos base YXX-BB000000-Z pueden estar compuestos por:

- 1) Piezas estándares EXX-AABBCCDD-Z.
- 2) Piezas comerciales CXX-AABBCCDD-Z.
- 3) Subconjuntos YXX-BBCC0000-Z.
- 4) Piezas sueltas YXX-BB0000DD-Z.

Los subconjuntos YXX-97BBCC00-Z pueden estar compuestos por:

- 1) Piezas estándares EXX-AABBCCDD-Z.
- 2) Piezas comerciales CXX-AABBCCDD-Z.
- 3) Piezas sueltas YXX-97BBCCDD-Z.

Los subconjuntos YXX-91BBCC00-Z pueden estar compuestos por:

- 1) Piezas estándares EXX-AABBCCDD-Z.
- 2) Piezas comerciales CXX-AABBCCDD-Z.
- 3) Piezas sueltas YXX-91BBCCDD-Z.

4) Tercer nivel de Subconjunto

Los subconjuntos YXX-BBCC0000-Z pueden estar compuestos por:

- 1) Piezas estándares EXX-AABBCCDD-Z.
- 2) Piezas comerciales CXX-AABBCCDD-Z.
- 3) Subconjuntos YXX-BBCCEE00-Z.
- 4) Piezas sueltas YXX-BBCC00DD-Z.

5) Cuarto nivel de Subconjunto

Los subconjuntos YXX-BBCCEE00-Z pueden estar compuestos por:

- 1) Piezas estándares EXX-AABBCCDD-Z.
- 2) Piezas comerciales CXX-AABBCCDD-Z.
- 3) Piezas sueltas YXX-BBCCEEDD-Z.

IV. EJEMPLO: CODIFICACIÓN DE UN PUENTE GRÚA DE 3 TONELADAS

En esta sección se desarrolla, a modo de ejemplo, la codificación correspondiente a un Puente Grúa de 3 toneladas que se muestra en la Figura 1. Se trata de una grúa “típica” diseñada para ser operada en una nave de una empresa metalúrgica de la ciudad de Río Cuarto.

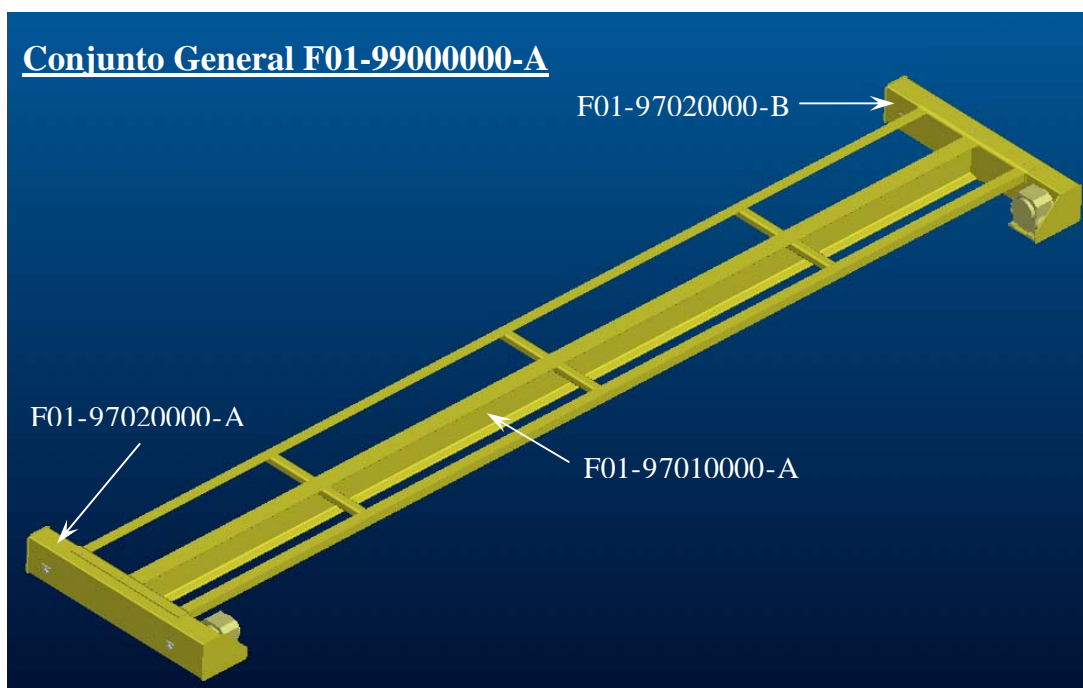


Figura 1: Conjunto general F01-99000000-A (Puente grúa de 3 toneladas).

A. Características del Puente Grúa

La estructura de la grúa es de acero, de construcción monorriel. La viga principal (monorriel) está atornillada en cada extremo a testeras de acero construidas mediante tubos rectangulares.

El desplazamiento longitudinal se realiza mediante dos reductores del tipo corona-sinfín accionados por sendos motores eléctricos de 2 HP, los que se acoplan a reducciones de engranes rectos ensambladas en cada una de las testeras.

Las características más importantes del puente grúa son las siguientes:

Capacidad de Carga: 3 tn.

Luz: 11 mts.

Desplazamiento longitudinal: 15 mts.

Velocidad de desplazamiento longitudinal: 10 mts./min.

Velocidad de desplazamiento transversal: 7 mts./min.

En la Figura 1 se observa que el archivo del conjunto general toma el nombre de F01-99000000-A.

Se consideraron tres subconjuntos base: 01: Viga de Carga, 02: Testeras, y 03: Pernos.

El conjunto general F01-99000000-A tiene ensamblados los ensambles F01-97010000-A (Viga de carga), F01-97020000-A (Testera izquierda) y F01-97020000-B (Testera derecha). Como ambas testeras son simétricas respecto al plano medio del puente grúa, se ha utilizado el tercer campo del código para diferenciar la testera derecha donde Z = B, de la testera izquierda donde Z = A.

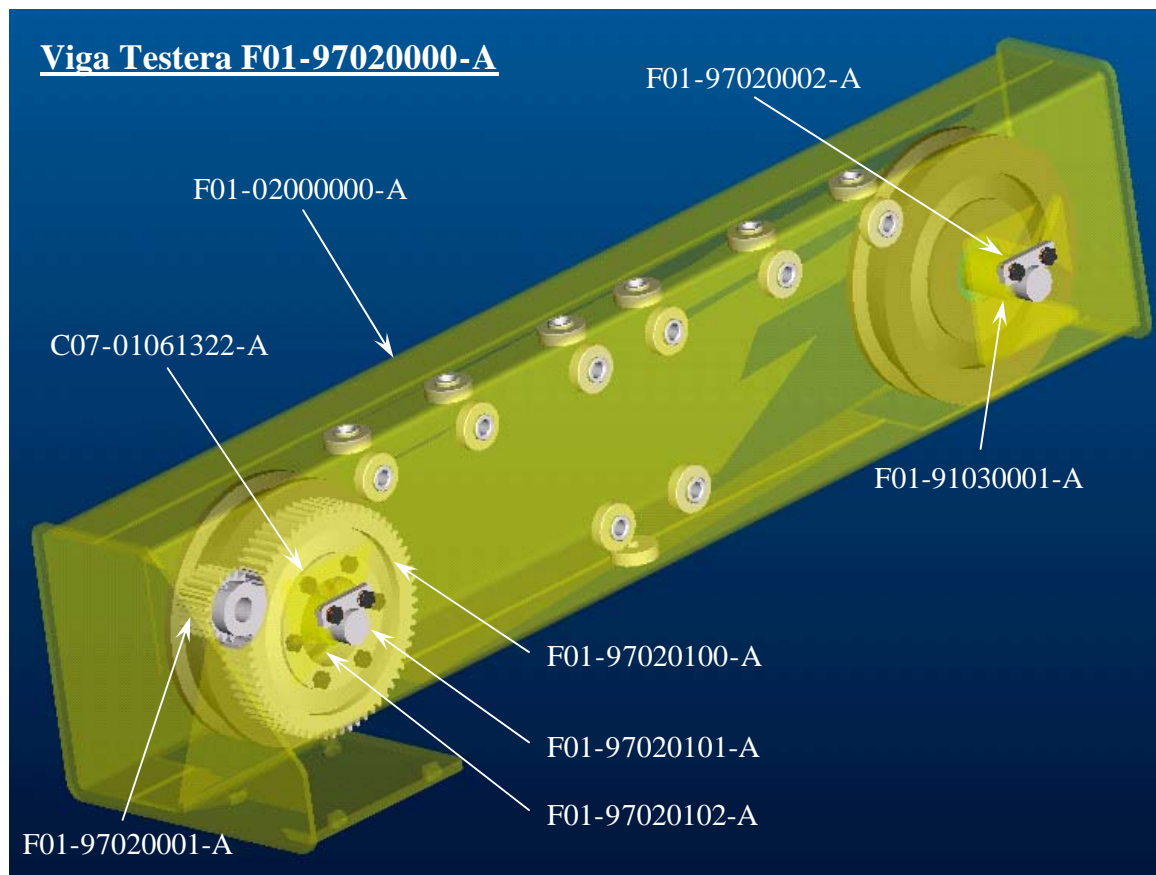


Figura 2: Sub-ensamble F01-97020000-A (Testera izquierda).

B. Elementos de la Viga Testera Izquierda

1) Construcción Soldada Principal

La construcción soldada principal perteneciente al primer nivel de soldadura se denomina: F01-02000000-A. Para entender esta codificación hay que asociarla al proceso de fabricación de la pieza. Nos ayudaremos con el organigrama y la Figura 3. Lógicamente las Figuras 1, 2 y 3 se obtienen utilizando software comercial del tipo [15][16]. La construcción soldada de la viga testera se ha hecho de acuerdo a los siguientes pasos:

- Se suelda la chapa plegada F01-02010001-A con los refuerzos donde se alojan los ejes F01-02010003-A y con las tuercas arandelas F01-02010002-A. Como puede notarse, se trata de un proceso que se realiza antes de soldar la testera longitudinalmente. Entonces la parte derecha de la viga testera F01-02010000-A lleva un número 01 indicando un proceso previo. Luego se realizarán las perforaciones correspondientes. Este último detalle permite que las piezas utilizadas en este proceso sean utilizadas para el armado de la parte izquierda y de la otra viga testera. Por lo tanto una pieza puede ser utilizada en varios lugares pero una vez que se le da un nombre no se puede dar otro nombre.
- Armado de la parte izquierda de la viga testera. El caso de la parte izquierda de la viga testera F01-02020000-A es similar el proceso de construcción de la parte derecha. Compartiendo los refuerzos y la chapa plegada. En la Figura 3 se muestran los códigos empleados.
- Una vez realizadas las operaciones previas, se realizan las soldaduras de las piezas restantes que son la F01-02000001-A, la F01-02000002-A y la F01-02000003-A.

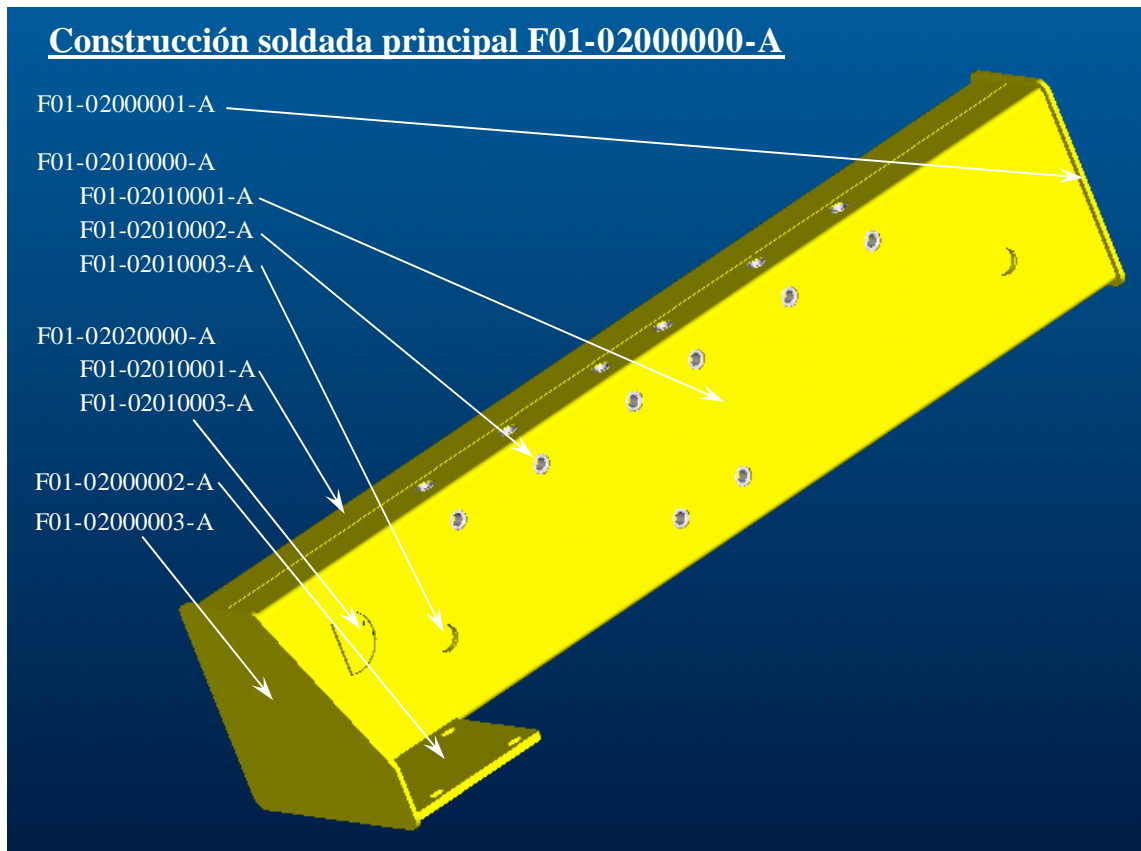


Figura 3: Sub-ensamble F01-02000000-A (Construcción soldada principal).

2) *Elementos Comerciales*

Entre los elementos comerciales se encuentran tornillos, arandelas, rodamientos, etc., que están identificados con la letra C. El resto de los números que acompañan a esta letra, depende de la forma en que la empresa ha decidido organizar su codificación.

3) *Piezas Soldadas*

Existe una pieza soldada que no pertenece a la pieza soldada principal F01-97020100-A. Se trata de la rueda tractora construida en dos partes, una parte que es la rueda propiamente dicha denominada F01-97020101-A y otra la arandela de acero que sirve como elemento para centrar la corona y fijarla a la misma, denominada F01-97020102-A.

4) *Piezas Sueltas*

La corona, el piñón F01-97020001-A y las trabas de los pernos F01-97020002-A.

5) *Elementos de Unión*

Elementos de unión como son los pernos, dentro de la codificación tienen un número que los identifica que es el 91. Para nuestro ejemplo los pernos son iguales y el código de la pieza es F01-91030001-A. Este significa que es un perno que pertenece al subconjunto 03 y es el número 01.

C. *Diseño de Máquinas Similares - Copia de Planos Cambiando el Primer Campo*

Un aspecto muy importante del método de codificación desarrollado es que permite copiar archivos para hacer máquinas similares de una manera muy simple. En los sistemas de CAD tipo Pro-Engineer [15], cuando se abre un conjunto determinado y se quiere hacer una copia mediante la opción “Guardar Como”, el software provee una lista de todos los componentes para que el usuario le coloque el nuevo código, de esta forma copia directamente todos los nuevos archivos de una sola vez. Si los conjuntos que se quieren diseñar son similares, se los designa con el mismo código, variando solamente el campo YXX, en forma mecánica sin tener que estar pensando cual es el componente en cuestión. Por ejemplo, si se quiere diseñar una viga de carga similar a la del puente de la Figura 1, digamos de 5 tn. en lugar de 3 tn., podría designarse a la nueva viga como F02-97010000-A.

V. CONCLUSIONES

Se desarrolló un Sistema de Codificación que facilita el ordenamiento de los archivos correspondientes a proyectos mecánicos, asignando letras y números con criterios que permiten identificar de una manera unívoca a las diferentes componentes de un sistema.

La Codificación abarca a todas las partes que componen una máquina, asignando a las piezas o ensambles una denominación que permite obtener información de las mismas en etapas posteriores al diseño (fabricación, compras, etc.) y establecer una correlación entre el elemento diseñado y el plano correspondiente, de manera tal que la modificación en un entorno se traslada automáticamente al otro.

El sistema facilita la copia de archivos de sistemas de CAD, para diseñar elementos o máquinas similares a otras ya existentes se pueden copiar los archivos que no sean piezas comerciales ni estándares cambiando solamente la designación del primer campo del código.

El método, inicialmente desarrollado dentro de la cátedra de Cálculo y Proyecto de Máquinas que es una materia del último año de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Río Cuarto, está siendo transferido a las empresas del medio por los alumnos y egresados. Esto provee la retroalimentación necesaria para mejorar el sistema.

REFERENCIAS

- [1] W. Hunt, *Formal Methods in Computer-Aided Design*, Third international conference proceedings, Springer-Verlag , ISBN 3-540-41219-0, 2000.
- [2] R. Dukkipati, M. Rao y R. Bhat, *Computer Aided Analysis and Design of Machine Elements*, New Age International (P) Ltd - Publishers, ISBN 81-224-1256-4, 2000.
- [3] J. Shigley y C. Mischke, *Diseño en Ingeniería Mecánica*, 5º Edición, McGraw-Hill, 1990.
- [4] W. Luggen, *Computer Numerical Control: A First Look*, Delmar Publishers & International Thomson Publishing Company, ISBN 0-8273-7245-0, 1997.
- [5] W. Seames, *Computer Numerical Control: Concepts & Programming*, Thomson Learning INC (Delmar Division), ISBN 0-7668-2290-7, 2002.
- [6] S. Meguid, *Integrated Computer-Aided Design of Mechanical Systems*, Elsevier ASP, ISBN 1-85166-021-06, 1987.
- [7] R. Benny and I.F. Smith, *Fundamentals of Computer-Aided Engineering*, John Wiley & Sons, ISBN 0-471-48709-0, 2003.
- [8] J. Massa and C. Prato, *Análisis Estructural–Problemas Estáticos*, Ed. Coop. Dto. Estructuras, U.N.C. 2003.
- [9] O. Zienkiewicz y R. Taylor, *The Finite Element Method: The Basis*, Vol. 1, Butterworth-Heinemann, 5th edition, 2000.
- [10] E. de la Fuente y J. Hernando, *Introducción al Método de los Elementos Finitos*, EUITA, 2000.
- [11] O. Zienkiewicz, *El Método de los Elementos Finitos*, Ed. Reverté, Barcelona, 1979.
- [12] E. Oñate, *Cálculo de Estructuras por el Método de Elementos Finitos*, Centro Internacional de Métodos Numéricos en la Ingeniería, 1992.
- [13] P. Kurowki, *Finite Element Analysis for Design Engineers*, SAE Internacional.
- [14] A. Saxena y B. Sahay, *Computer Aided Engineering Design*, Anhamaya Publishers & Springer-Verlag, ISBN 1-4020-5565-6, 2005.
- [15] *Pro-Engineer® - Sistemas de Desarrollo de Productos*, Parametric Technology Corporation, (CAD).
- [16] *Pro-Mechanica® - Análisis de Estructuras*, Parametric Technology Corporation, (CAE).