

Codificación para designar archivos de diseño mecánico

Elver J. Delmastro⁽¹⁾, Guillermo O. Marclé⁽¹⁾ y Julio C. Massa^(1,2)

⁽¹⁾ *Departamento de Mecánica, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Río Cuarto, Ruta Nacional 36 Km. 601, 5800 Río Cuarto, Argentina. e-mail: gmarcle@ing.unrc.edu.ar*

⁽²⁾ *Departamento de Estructuras, Facultad de C. E. F. y N., Universidad Nacional de Córdoba, Casilla de Correo 916, (5000) Córdoba, Argentina. e-mail: jmassa@efn.uncor.edu*

RESUMEN

Se presenta un sistema de codificación desarrollado inicialmente para ser utilizada en la cátedra de Proyecto de Máquinas de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Nacional de Río Cuarto donde los alumnos realizan una variada gama de proyectos referidos a: retro-escavadoras, grúas, elevadores hidráulicos, palas frontales, etc. En la realización de esos trabajos integradores se observó una falta de metodología y una inadecuada gestión del tiempo. Por ello se desarrolló un sistema de gestión que incorpora códigos en la planimetría. En la actualidad alumnos y egresados están transfiriendo este sistema a empresas de medio lo que provee la retroalimentación necesaria para mejorar el sistema.

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 central 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 Claves: Codificación de archivos. Proyecto de máquinas. Diseño mecánico.

1. INTRODUCCIÓN

El avance de la tecnología, hizo que se pasara de los sistemas de diseño tradicionales (tablero, reglas tee, tecnógrafos, 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. Cuando el número de piezas de una máquina es muy grande resulta conveniente, para facilitar el trabajo, contar con un sistema de codificación que permita tratar en forma ordenada y prolija a los archivos que contienen los planos, posibilitando identificar con rapidez las distintas piezas componentes.

En este trabajo se presenta un sistema de codificación 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.

2. 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.

2.1 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-AABCCDD-Z**

El primer campo (YXX) y el último (Z) están compuestos por caracteres alfanuméricos, mientras que el campo central (AABCCDD) 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 una empresa. Como ejemplo se pueden mencionar ciertas partes comunes como bujes, pernos, etc., que eventualmente son usadas en distintos modelos de máquinas fabricadas por una 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 carácter 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 AABCCDD

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 AABCCDD. 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.

2.2 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.

2.3 Ejemplos de codificación de piezas comerciales

En el caso de piezas comerciales el campo AABCCDD puede variar de acuerdo al tipo de pieza, según las necesidades de cada empresa. Para identificar a un tornillo de acero cabeza hexagonal Rosca SAE UNC $\frac{1}{2}$ "-13 x 2" Grado 5, se puede usar el siguiente código: **C07-01081324-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.
- 08: identifica el diámetro nominal del tornillo. Según la Tabla I, 08 indica diámetro = $\frac{1}{2}$ ".
- 13: identifica la cantidad de hilos por pulgada. En este caso 13 h.p.p.
- 24: identifica el largo del tornillo. Según la Tabla I, 24 indica largo = 2".

Para codificar medidas en pulgadas la empresa adoptó la equivalencia de la Tabla 1.

Tabla 1 Número de código para las medidas en pulgadas (Abreviada)

Nº código	01	02	03	04	05	06	07	08	09	.....	23	24	25	.....
Pulgadas	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{7}{16}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{9}{16}$	.....	$1\frac{7}{8}$	2	$2\frac{1}{4}$	.....

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: **C08-01081300-A**, donde:

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

El campo AABCCDD 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.

2.4 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 Figura 1

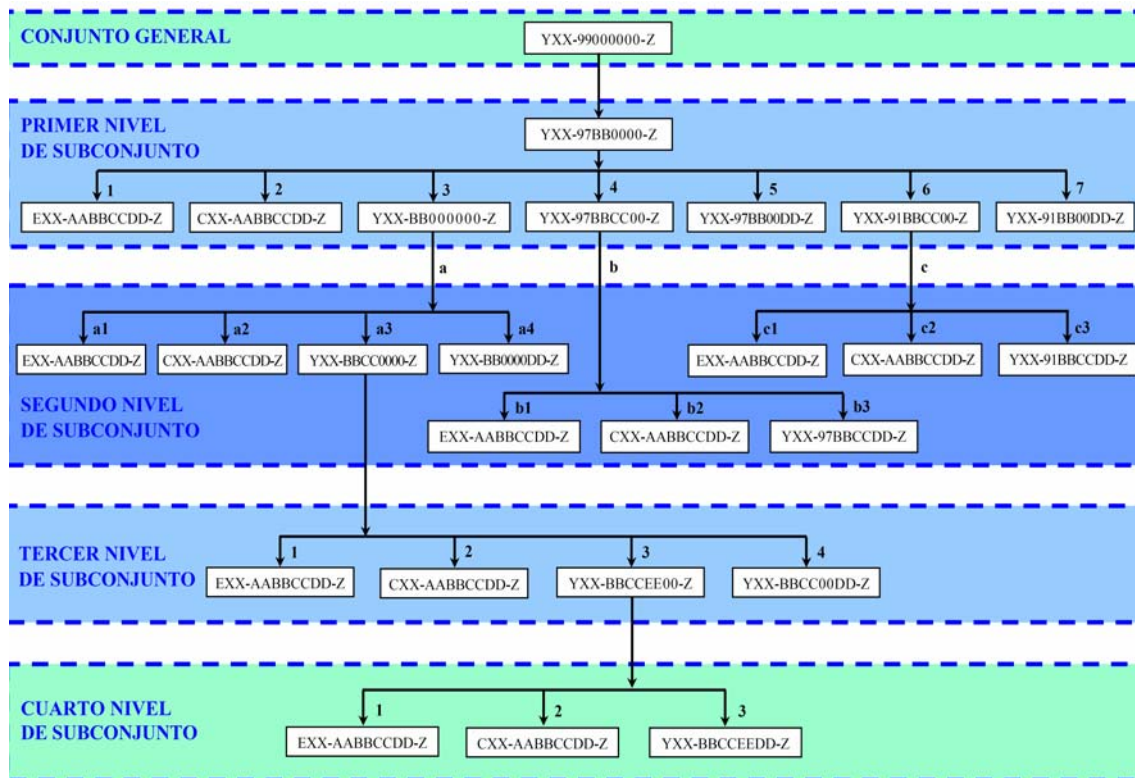


Figura 1: Organigrama de codificación de una máquina. CÓDIGO: YXX-AABCCDD-Z

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 las partes de la máquina. Estos subconjuntos se designan como YXX-BB000000-Z, donde BB puede asumir los 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 tendrá 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:

- 1) Piezas estándares sueltas descritas en el punto A.1.a (EXX-AABBCCDD-Z).
- 2) Piezas comerciales sueltas descritas 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 (línea a del organigrama), pueden estar compuestos por:

- a1) Piezas estándares EXX-AABBCCDD-Z. a2) Piezas comerciales CXX-AABBCCDD-Z.
a3) Subconjuntos YXX-BBCC0000-Z. a4) Piezas sueltas YXX-BB0000DD-Z.

Los subconjuntos YXX-97BBCC00-Z (línea b del organigrama), pueden estar compuestos por:

- b1) Piezas estándares EXX-AABBCCDD-Z. b2) Piezas comerciales CXX-AABBCCDD-Z.
b3) Piezas sueltas YXX-97BBCCDD-Z.

Los subconjuntos YXX-91BBCC00-Z (línea c del organigrama), pueden estar compuestos por:

- c1) Piezas estándares EXX-AABBCCDD-Z. c2) Piezas comerciales CXX-AABBCCDD-Z.
c3) 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.

3. 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 2. Se trata de una grúa "típica" diseñada para ser operada en una nave de una empresa metalúrgica de la ciudad de Río Cuarto.

3.1 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.

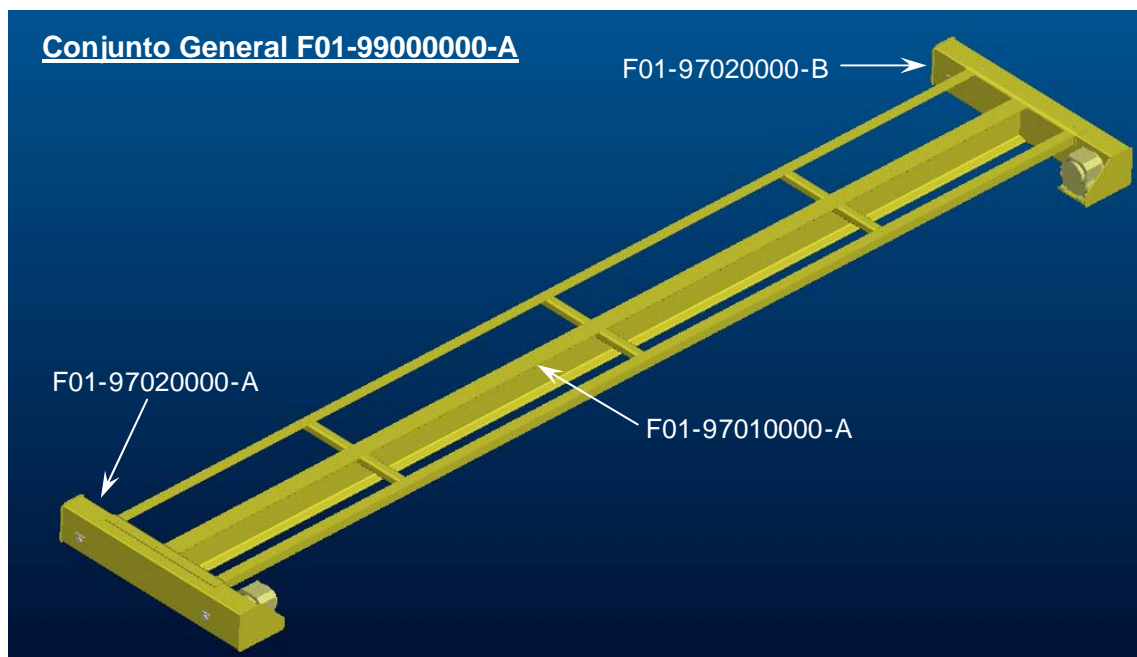


Figura 2: Conjunto general F01-99000000-A (Puente grúa de 3 toneladas).

En la Figura 2 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.

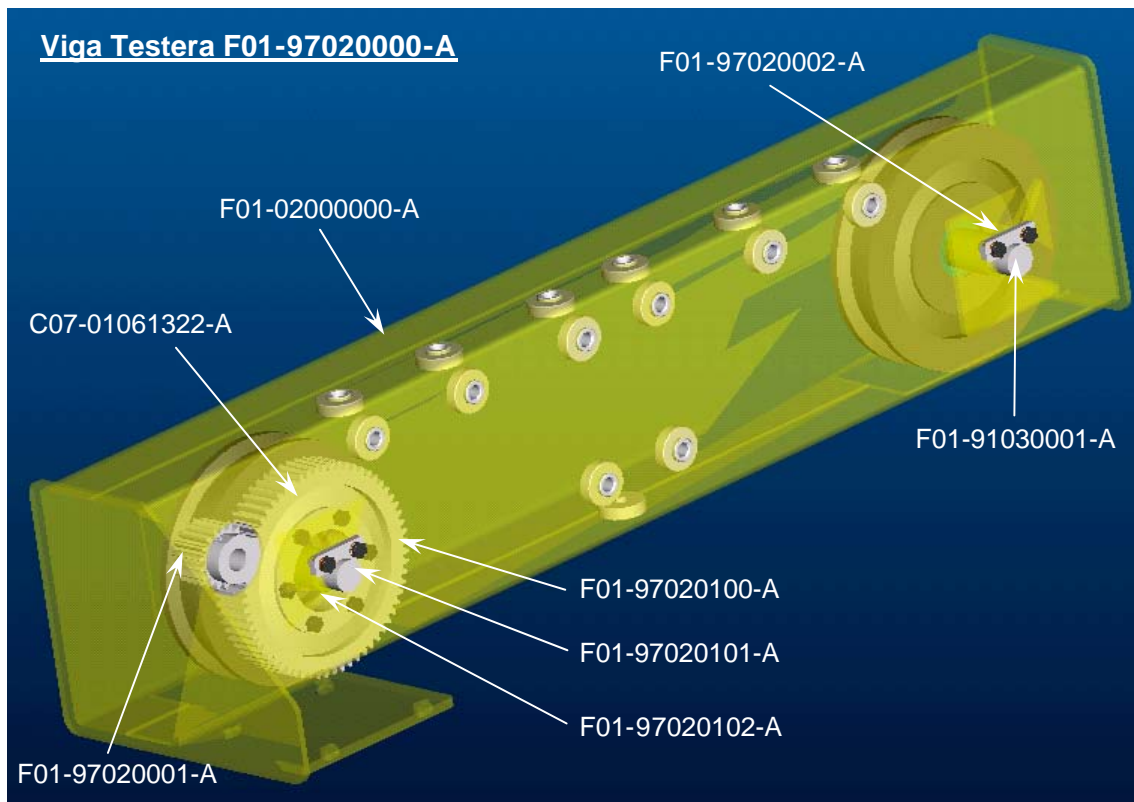


Figura 3: Sub-ensamble F01-97020000-A (Testera izquierda).

3.2 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 4. Lógicamente las Figuras 2, 3 y 4 se obtienen utilizando software comercial del tipo [6] [7]. La construcción soldada de la viga testera se ha hecho de acuerdo a los siguientes pasos:

a) 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.

b) 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.

c) 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.

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. En este ejemplo los pernos son iguales y el código de la pieza es F01-91030001-A. Este significa que es un perno que pertenece el subconjunto 03 y es el número 01.

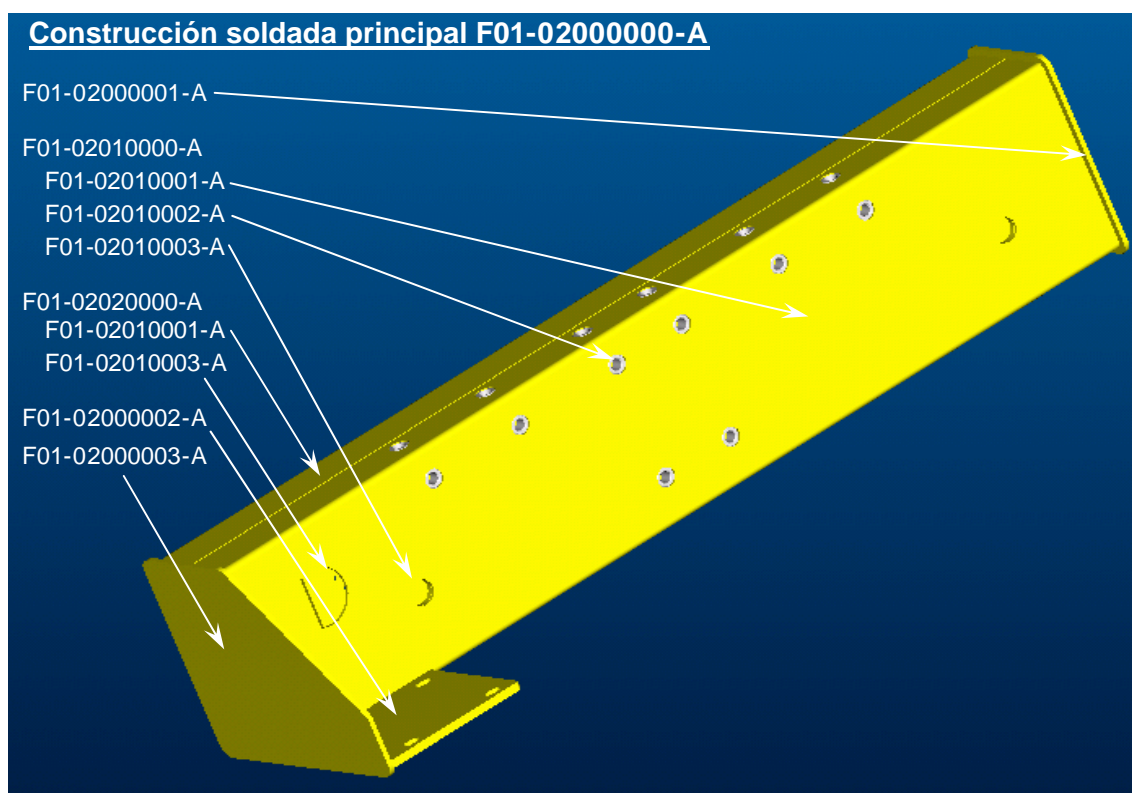


Figura 4: Sub-ensamble F01-02000000-A (Construcción soldada principal).

3.3 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 [6], 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 2, digamos de 5 tn. en lugar de 3 tn., podría designarse a la nueva viga como F02-97010000-A.

4. 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.

5. 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, 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, C. Mischke, *Diseño en Ingeniería Mecánica*, 5ª 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] Pro-Engineer®, *Sistemas de Desarrollo de Productos*, Parametric Technology Corporation, (CAD).
- [7] Pro-Mechanica®, *Análisis de Estructuras*, Parametric Technology Corporation, (CAE).