

# Anexo E: Código de análisis por elementos finitos en software ANSYS Mechanical APDL (Termo mecánico acoplado) para cavidad optimizada.

De igual forma, se presenta el código para generar los resultados de la cavidad optimizada.

El cuadro E.1, al igual que el D.1, presentan la configuración inicial del problema.

**Cuadro E.1:** Selección del tipo de elemento finito y configuración inicial

```
! Thermo-Structural analysis
!
! https://www.padtinc.com/blog/starting-ansys-products-from-the-command-line/
! "C:\Program Files\ANSYS Inc\ANSYS Student\v212\ansys\bin\winx64\ansys2021R2.exe" -b -i ../TherStruc-
ANSYS.mac -o AnsysLog.out
!

!finish
!/clear

/TITLE, Thermo-Structural
/FILNAME,TherStruct,0           ! This sets the jobname to 'Structural'

/UDOC,1,DATE,0                 ! LOGO OFF

! REVERSE VIDEO (White background)
/RGB,INDEX,100,100,100, 0
/RGB,INDEX, 80, 80, 80,13
/RGB,INDEX, 60, 60, 60,14
/RGB,INDEX, 0, 0, 0,15
/REPLOT
```

De igual forma, el cuadro **E.2** presenta todo lo relacionado a las condiciones de preprocesamiento del material.

**Cuadro E.2:** Condiciones de entrada, propiedades de material, tipo de elemento.

```
!*-----
!* Inputs
!*-----

!* Material properties
ct = 130                ! thermal conductivity of aluminum (W/m.K)
alpha = 23.3e-6         ! CET [1/°K]
Tamb = 300              ! Temperatura ambiente [°K]
E = 7.1e10              ! Modulo de Young
nu = 0.33               ! Modulo de Poisson

!*-----
!* Preprocessor
!*-----
/PREP7                  ! Enter preprocessor

!* Element definition: https://www.mm.bme.hu/~gyebro/files/ans_help_v182/ans_elem/Hlp_E_SOLID5.html
ET,1,SOLID5             ! 3-D 8-Node Structural Solid. 3 DOFs per node
KEYOPT,1,1,0            ! Element degrees of freedom: UX, UY, UZ, TEMP, VOLT, MAG
KEYOPT,1,3,1            ! Extra shapes: Do not include extra shapes
KEYOPT,1,5,0            ! Extra element output: Basic element printout

!* Material model (Isotropic)
MP,KXX,1,ct             ! Thermal conductivity
MP,EX,1,E               ! Elastic moduli (also EY, EZ)
MP,PRXY,1,NU            ! Major Poisson's ratios (also PRYZ, PRXZ)
MP,REFT,1,TAMB           ! Reference temperature. Must be defined as a constant;
MP,ALPX,1,ALPHA         ! Secant coefficients of thermal expansion (also ALPY, ALPZ).
```

A su vez, en la importación de datos de malla, hay cambios significativos en la misma. Por ello, en el cuadro **E.3** se presenta resaltado en amarillo las líneas de código, que se modifican respecto al anterior, presentado en el anexo D, donde el nombre del archivo CSV es diferente y corresponde a los datos de la malla optimizada.

**Cuadro E.3:** Configuración de malla e importación de datos en código.

```
!* Mesh setup
TYPE,1                ! TYPE, ITYPE.      Sets the element type attribute pointer.
MAT,1                 ! MAT, MAT.      Sets the element material attribute pointer.
ESYS,                 ! ESYS, KCN.      Sets the element coordinate system
attribute pointer.
SECNUM,               ! SECNUM,SECID. Sets the element section attribute pointer.

SHPP,OFF
! READ MESH DATA
NREAD,nodes_at,csv    ! Read NODAL data.
ERead,elements_at,csv ! Read ELEMENT data

! Plot mesh
NPLOT
EPLOT

! WRITE MESH DATA
!NWRITE
!EWRITE
```

Finalmente, el código comparte la misma sintaxis y estructura que el código presentado en el anexo D. Por ello los cuadros **E4** a **E8**, donde se presentan las condiciones de frontera, las cargas aplicadas térmicas y mecánicas son las mismas que para el código termo estructural. Se realizan los cálculos por medio del comando solver y se obtienen los resultados en materia de temperaturas y desplazamientos para cada nodo de la estructura. Finalmente, son importados para ser analizados, lo cual se aborda en detalle en el capítulo 4.

#### Cuadro E.4 a E.8: Selección del tipo de elemento finito y configuración inicial

```
! BOUNDARY CONDITIONS (BCs)
!NSEL,Type,Item,Comp,VMIN,VMAX,VINC,KABS
! D, Node, Lab, VALUE, VALUE2, NEND, NINC, Lab2, Lab3, Lab4, Lab5, Lab6, MESHFLAG: Defines degree-
of-freedom constraints at nodes.
```

```
! -Z face
NSEL,S,LOC,Z,-0.016          ! Select nodes at Z=-0.016
NPLOT
D,ALL,TEMP,300               ! Restringir todos los nodos seleccionado y todos los GDLs
D,ALL,UX,0                   ! Restringir todos los nodos seleccionados (UX=0)
D,ALL,UY,0                   ! Restringir todos los nodos seleccionados (UY=0)
D,ALL,UZ,0                   ! Restringir todos los nodos seleccionados (UZ=0)
NSEL,ALL                     ! Reselect all nodes
NPLOT
```

```
! +Z face
NSEL,S,LOC,Z,0.05456        ! Select nodes at Z=0.05456
NPLOT
D,ALL,TEMP,300               ! Restringir todos los nodos seleccionado y todos los GDLs
D,ALL,UX,0                   ! Restringir todos los nodos seleccionados (UX=0)
D,ALL,UY,0                   ! Restringir todos los nodos seleccionados (UY=0)
D,ALL,UZ,0                   ! Restringir todos los nodos seleccionados (UZ=0)
NSEL,ALL                     ! Reselect all nodes
NPLOT
```

```
!*-----
!* Solver
!*-----
/SOLU                        ! Enters the solution processor.

!* Solver setup
ANTYPE,STATIC                ! Perform a static analysis.
SOLVE                        ! Solution
FINISH                        ! Exit from /solu
```

```
!*-----
!* POST-PROCESSING
!*-----
/POST1
```

```
!* TEMPERATURES
/EFACET,1
PLNSOL, TEMP,, 0
!

!* DISPLACEMENTS
/EFACET,1
PLNSOL, U,SUM, 0,1.0
```