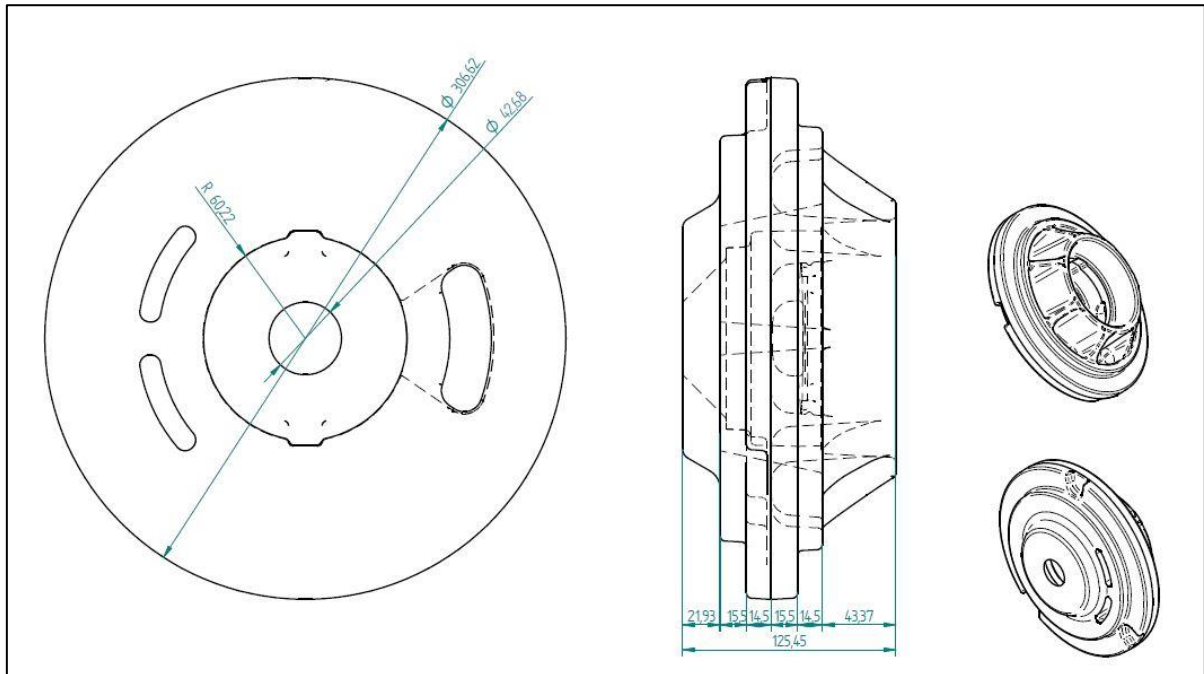


Anexos

Índice de contenidos

ANEXO 1.	1
ANEXO 2.	2
2.1. Creación y gestión de planos	2
2.2. Creación de un nuevo estudio	3
2.3. Creación de la entrada	6
2.4. Creación del molde	7
2.5. Creación de volúmenes	9
2.6. Generar la malla	12
2.7. Imposición de las condiciones de contorno	14
2.7.1. Gravedad	14
2.7.2. Condiciones de contorno	15
2.8. Cálculo de resultados	18
2.9. Resultados	18
ANEXO 3.	21
3.1. Primer modelo	21
3.2. Segundo modelo	31
3.3. Tercer modelo	40

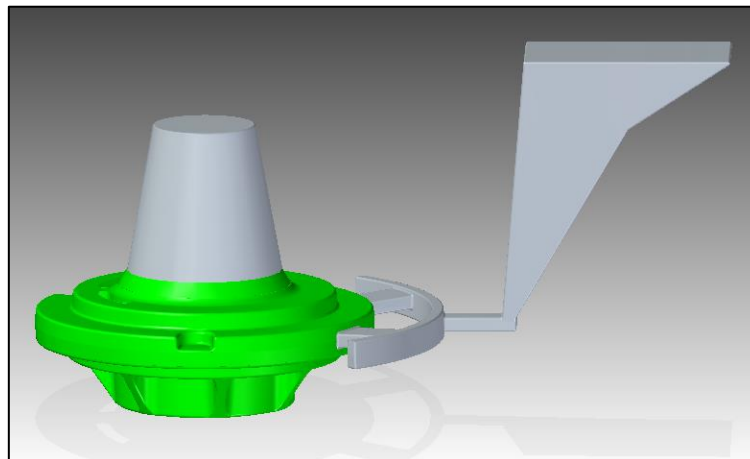
Dimensiones generales de la pieza



Guion sobre el manejo de QuikCAST

2.1. Creación y gestión de planos

Debido a que QuikCAST solo permite dibujar geometrías sencillas, lo más fácil y seguro es realizar el diseño de la pieza en cualquier programa de dibujo, siempre y cuando sea posible guardar el archivo con la extensión ".stl". Para evitar problemas de reconocimiento de volúmenes en fases posteriores, es aconsejable incluir en un único archivo de dibujo todas las partes del producto final que se obtiene: pieza propiamente dicha, sobraderos, bebedero y canal de alimentación.



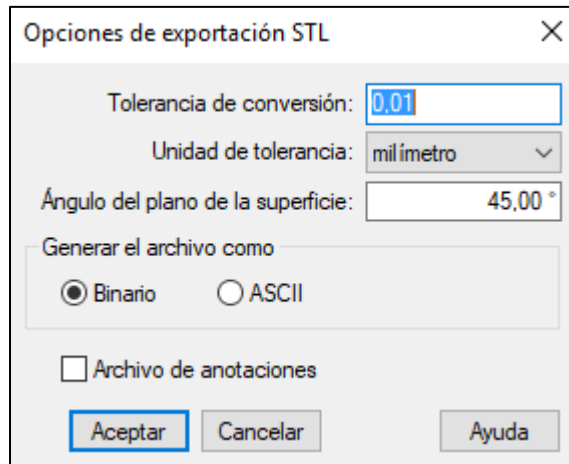
Otra forma de realizar el diseño es dibujar el producto final por partes, pero para ello, hay que ubicar cada parte en el lugar donde se situaría si estuviera la pieza. Esto se debe a que el origen de referencia que asume QuikCAST al importar los archivos, es el mismo origen que tenemos en el programa de dibujo. Por este motivo en nuestro caso, para evitar que el alumno tenga problemas en el momento de realizar la simulación, se elige la primera forma de hacer el diseño.

Respecto al bebedero, QuikCAST sólo permite bebederos de forma cilíndrica o paralelepípeda. Como lo habitual es que tenga forma cónica, es necesario diseñarlo como parte de la pieza. La cuestión es que de esta manera QuikCAST no reconoce el bebedero como entrada, y hay que crear con el programa un volumen de entrada y conectarlo con dicho bebedero. Por ello, cuando se diseñe (dibuje) el bebedero en el programa de CAD resulta necesario recortar su altura original una cantidad (en este caso 5 mm), para que el volumen entrada de forma cilíndrica creado con QuikCAST tenga una altura igual a la que se ha quitado de la original (5 mm) y un diámetro igual o inferior a la sección superior del bebedero dibujado.

Una vez terminado el diseño de la pieza guardamos el archivo con la extensión ". stl".

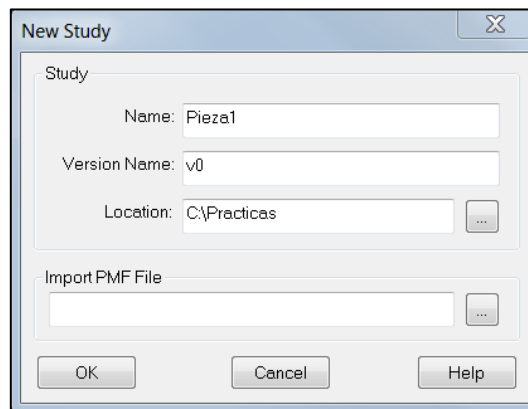
Hay que tener en cuenta que QuikCAST no permite realizar modificaciones en el dibujo una vez cargado, por lo que, si es necesario realizar alguna modificación, hay que hacerlo en el archivo de diseño.

En el momento de guardar el archivo se deben comprobar las opciones de exportación. Para ello iremos a *Opciones* y comprobaremos que la *Unidad de tolerancia* esté en milímetros.



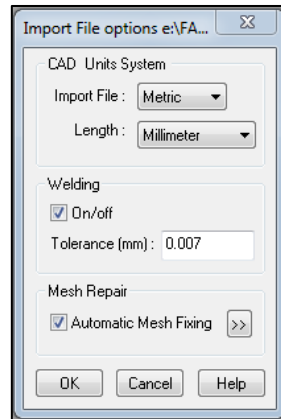
2.2. Creación de un nuevo estudio

A continuación, abrimos el programa QuikCAST y creamos un nuevo estudio. Para ello vamos al menú File -> New o iremos al icono en la barra de herramientas, apareciendo la siguiente ventana:



En el apartado *Name* introducimos el nombre que se quiera dar al estudio. A continuación, vamos al apartado *Location* y hacemos clic en el botón para elegir la ubicación donde se guarda el estudio. Hacemos clic en *Ok*.

A continuación, se abre una ventana donde buscamos el archivo de diseño. Luego hacemos clic en *Open* para abrir la pieza en el área de trabajo, apareciendo ahora otra ventana donde se eligen las opciones de importación del archivo.



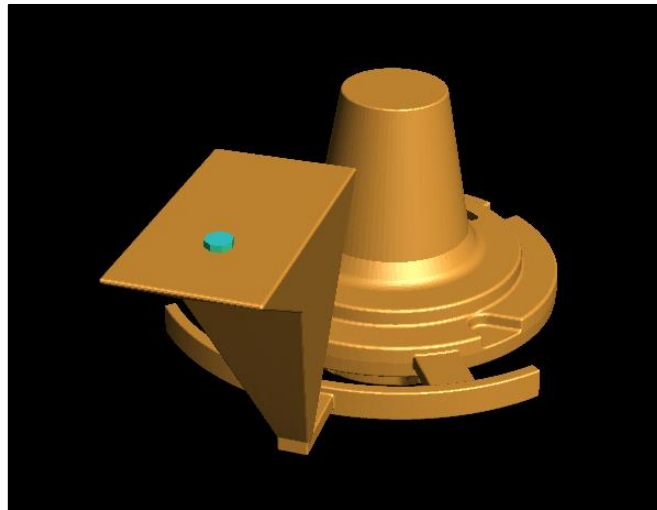
En los apartados *Import File* y *Length* se elige *Metric* y *Millimeter* respectivamente. Es importante que las unidades sean las mismas que las que tiene el archivo “. stl”, ya que, si no es así, variarán las dimensiones de la pieza.

La opción *Welding* sirve para unir los puntos, generalmente perteneciente a dos regiones diferentes, si se encuentran situados con una diferencia inferior a la de tolerancia mostrada. Esta opción se encuentra activa por defecto, y en nuestro caso la dejaremos así. A continuación, activamos la opción *Automatic Mesh Fixing* para que el programa compruebe automáticamente si hay algún error en la geometría que se va a abrir. Para terminar, hacemos clic en *Ok*.

Luego aparece una ventana que indica los errores que se han encontrado en la geometría de la pieza. Para reparar los errores automáticamente hacemos clic en *Yes*.

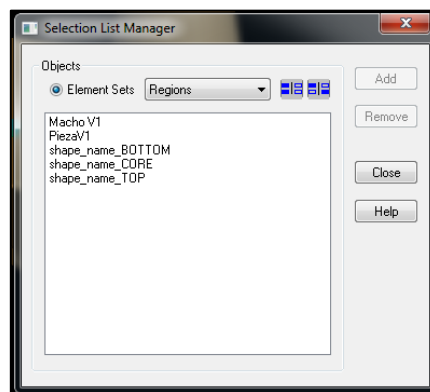


Ahora ya se puede observar que la pieza se ha abierto en el área de trabajo.



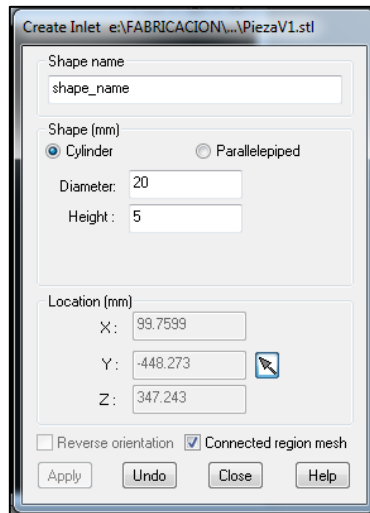
En este caso hace falta añadir un elemento necesario para el moldeo, el macho. Para añadir otra pieza o algún elemento necesario para la realización del moldeo, hay que ir al siguiente menú: *File* -> *Import*. A continuación, aparecerá una ventana donde elegimos el archivo que se quiera abrir. Repetimos el mismo proceso utilizado para abrir un nuevo archivo.

Si vamos al menú *Edit* -> *Selection List* observamos que el programa ha creado las regiones.



2.3. Creación de la entrada

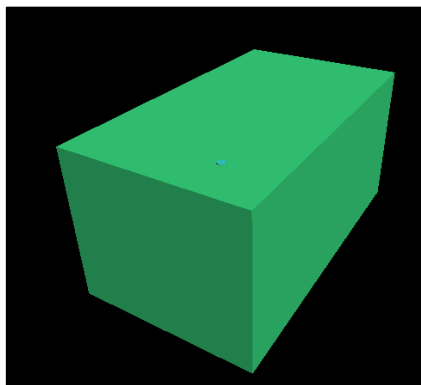
Para crear la entrada hay que ir al menú *2D/3D Mesh* -> *Mesh Basic Shapes* -> *Inlet* o ir directamente al icono. Aparece la siguiente ventana:



En esta ventana tenemos las opciones geométricas y de ubicación de la entrada dividido en los siguientes apartados:

- *Shape name*: permite modificar el nombre que se le asigna a la entrada. En este caso dejamos el nombre que aparece por defecto.
- *Shape*: permite elegir la forma de la entrada que queremos crear y sus dimensiones en mm. Seleccionamos la opción *Cylinder* e introducimos:
 - o Diámetro 20
 - o Altura 5

En este caso escogemos este diámetro porque, en realidad, el fluido no entra por toda la superficie sino solo por una zona. De esta forma podemos realizar una simulación del llenado más cercana a la realidad. La altura del cilindro es porque se ha recortado el bebedero 5 mm. *Location*: permite definir las coordenadas de la ubicación de la entrada. Estas coordenadas hacen referencia al punto central de la base de la entrada. Como muestra el punto azul de la figura.

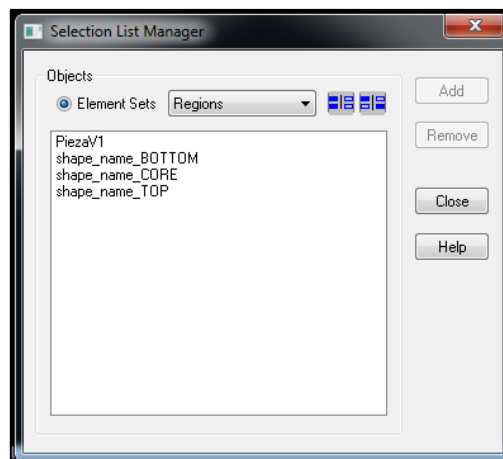


Para colocar la entrada pinchamos en la zona donde se quiera situar la entrada y, a continuación, introducimos las siguientes coordenadas; X=58, Y=50 y Z=65. Estas coordenadas se obtienen desde el origen de referencia de la pieza hasta la parte superior del bebedero. Hemos elegido esas coordenadas para que el fluido caiga primero en la conicidad del bebedero, para evitar que la colada caiga directamente en fondo del canal de alimentación. Se puede elegir cualquier punto, siempre y cuando la entrada este dentro de la parte superior del bebedero.

- *Connected region mesh*: esta opción permite conectar la pieza con la entrada. Tenemos que activar esta opción puesto que queremos unir la entrada con el bebedero.
- *Reverse orientation*: permite cambiar la dirección de la orientación de la entrada. Activamos esta opción si la orientación de la entrada es la opuesta a la que queremos. Esto quiere decir si activa la entrada en vez de hacer la entrada hacia afuera de la pieza, se hace hacia dentro de la pieza.

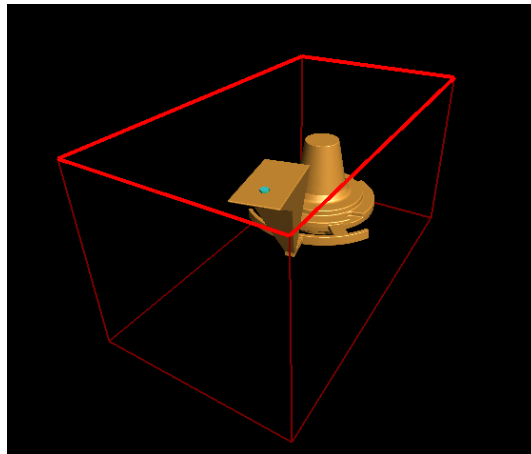
Para crear la entrada haremos clic en el botón *Apply*.

La entrada está formada por tres regiones: Bottom (tapa del cilindro), Core (cara lateral del cilindro) y Top (base del cilindro). Para comprobar que se han creado iremos al menú *Edit -> Selection list*. Aquí aparecerán las tres regiones que forman la entrada.

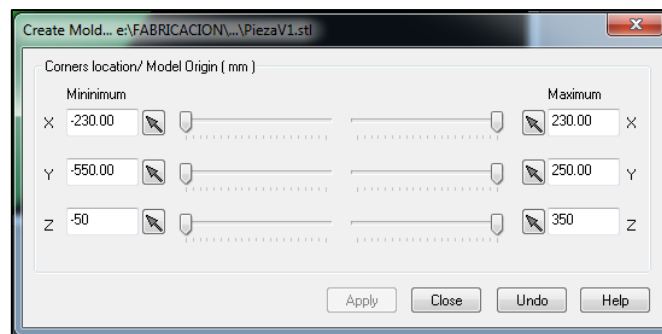


2.4. Creación del molde

Para crear el molde vamos al menú *2D/3D Mesh -> Mesh Basic Shapes -> Mold* o hacemos clic en el icono. El programa considera molde a la caja exterior del molde real, de manera que, para definir sus dimensiones, supone que es un paralelepípedo y se introducen las coordenadas de los puntos extremos respecto al origen de coordenadas del programa.



Teniendo en cuenta que las dimensiones del molde son 460 x 800 x 400 mm, para introducir las posiciones extremas, hay que tener en cuenta donde está situado el origen de coordenadas. El resultado se muestra en la figura.



Introducidas las medidas, hacemos clic en *Apply* para crear el molde. Si antes de cerrar esta ventana se observa algún error en las dimensiones del molde se puede corregir. Para ello haremos clic en el botón *Undo* para deshacer el molde.

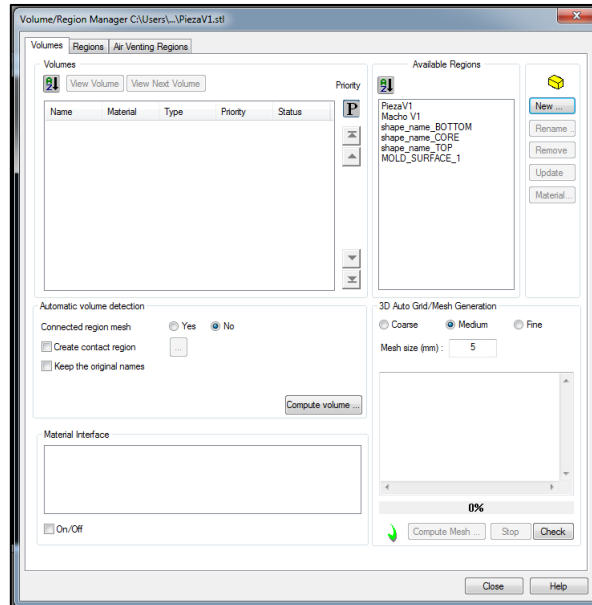
Si vamos al menú *Edit -> Selection List* observamos que ahora se ha creado la siguiente región perteneciente al molde: `MOLD_SURFACE_1`.

Como en casos anteriores, una vez cerrada la ventana de creación de molde observamos algún fallo en el molde, éste no se puede modificar, por lo que hay que eliminarlo. Para ello haremos igual que para borrar la entrada, pero ahora seleccionamos la región `MOLD_SURFACE_1`.

2.5. Creación de volúmenes

Los volúmenes son cada una de cavidades cerradas que forman las regiones.


Para crear los volúmenes iremos al menú *2D/3D Mesh* -> *Volume/Region Manager*, apareciendo la siguiente ventana:

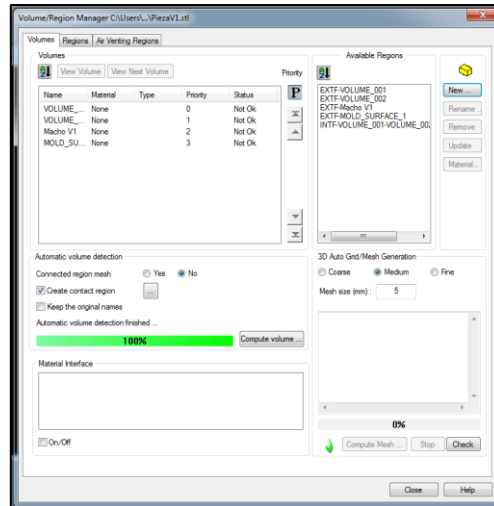


En nuestro caso solo utilizamos la pestaña *Volumes*, puesto que solo crearemos los volúmenes. Esta pestaña está dividida en seis partes:

- *Volumes*: está situada en la parte superior izquierda, muestra el listado con los volúmenes existentes.
- *Available Regions*: está situada en la parte superior derecha, muestra el listado de las regiones disponibles o superficies que se han ido creando o añadiendo.
- *Automatic volumen detection*: está situada en la parte inferior izquierda, muestra diferentes opciones para crear de forma automática los volúmenes.
- *Material Interface*: está situada en la parte inferior derecha y muestra el interfaz de materiales de los volúmenes que se creen. Inicialmente, y mientras no haya volúmenes creados, esta opción estará desactivada.
- *Status*: está situada en la parte inferior, este apartado nos indica si los volúmenes y materiales están bien definidos.
- Por último, en la parte superior derecha, tenemos el panel que nos permite crear, borrar y modificar los volúmenes de manera manual y el definir los materiales.

Para crear los volúmenes, intentaremos que el programa los reconozca de manera automática. Para ello, lo primero es asegurarnos que en el apartado *Automatic volume detection*, *Connected Regions Mesh* está seleccionada la opción *No*, ya que esta opción permite conectar todas las regiones del modelo, creando así un único volumen.

A continuación, y dentro del apartado *Automatic volume detection*, activamos la casilla *Create Contact Region*. Esta opción permitirá crear las regiones de contacto entre todas las piezas del modelo. Luego hacemos clic en el botón  para crear los volúmenes. Antes de crear los volúmenes, el programa redefinirá las regiones existentes y creará unas regiones nuevas en las zonas de contacto entre regiones. A continuación, se crean los volúmenes en función de las nuevas regiones.

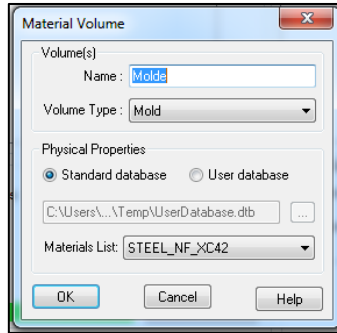


También aparece una ventana que permite conservar la definición de las antiguas regiones. Si no borramos las antiguas regiones, estas siguen apareciendo, pero no tienen ninguna relación con los volúmenes. En nuestro caso, hacemos clic en *Remove* ya que no queremos conservarlas.

Ahora, en el apartado *Volumes* aparecen los volúmenes que se han creado. Se pueden observar cuatro volúmenes que pertenecen a la entrada, la pieza, el macho y al molde. Para visualizar si están bien los volúmenes, utilizamos los botones situados encima de la lista de volúmenes. Si se hace clic en cualquier volumen se observan las regiones que conforman el volumen ya que aparecen sombreados en la lista de regiones. El volumen 1 es la entrada y el volumen 2 es la pieza.

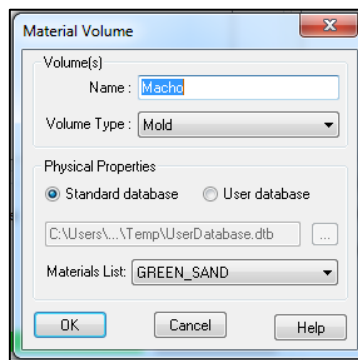
Es conveniente cambiar el nombre genérico de los volúmenes para distinguirlos fácilmente. Para ello hay que seleccionar el volumen y al hacer clic en el botón *Rename*, aparece una ventana donde escribimos el nuevo nombre.

El siguiente paso es asignar el material para cada volumen. Para ello se selecciona el volumen Molde y haciendo clic en *Material* y aparece la siguiente ventana:

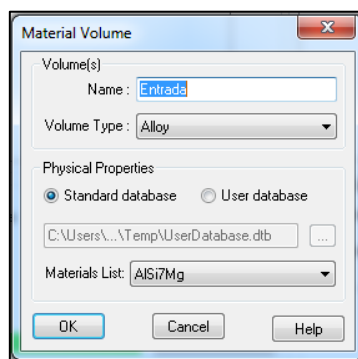


En el apartado *Volume Type* se selecciona *Mold* y en *Material List* elegimos el material. En nuestro caso es STEEL_NF_XC42. Luego hacemos clic en *Ok*.

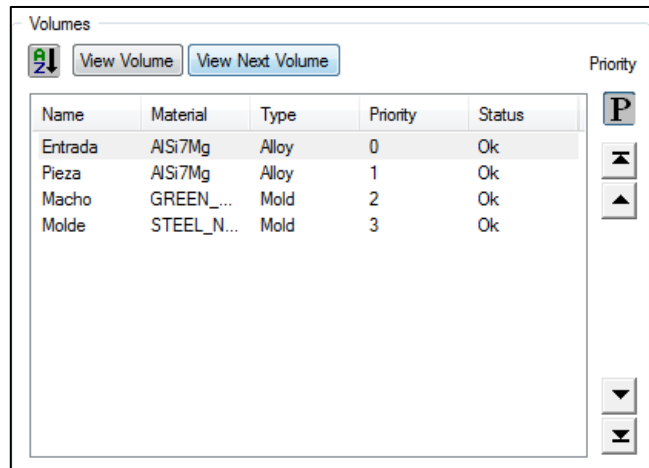
Para el macho se repite el mismo procedimiento anterior, pero en *Material List* se selecciona GREEN_SAND como muestra la siguiente imagen.



Para seleccionar el material de la pieza, se selecciona el volumen pieza y en el apartado *Volume Type* se selecciona *Alloy*. En *Material List* se elige el material, que en nuestro caso es AlSi7Mg, y se hace clic en *Ok*. A continuación, aparece un mensaje diciendo que todos los volúmenes restantes también serán del mismo material.



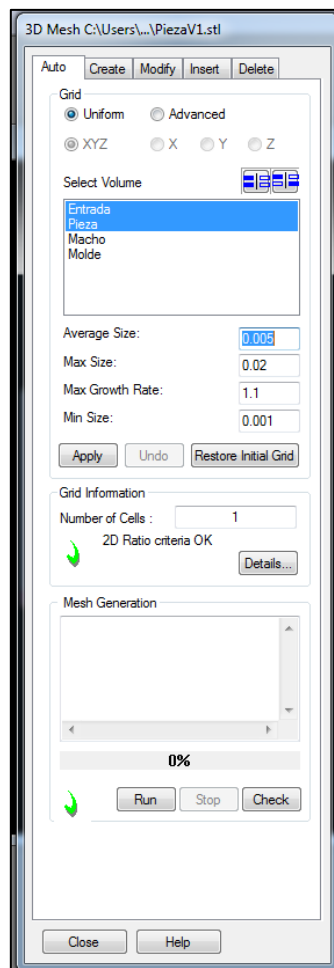
Por último, hay que ordenar los volúmenes por el orden de llenado, dejando al final los volúmenes pertenecientes al molde. En este caso se ordena de la siguiente manera: entrada, pieza y molde.



2.6. Generar la malla

La siguiente etapa es generar la malla de la pieza. Esta malla la utiliza QuikCAST para la simulación del llenado y solidificación de la pieza. Por este motivo, conforme la malla sea más pequeña, más precisos serán los resultados, pero más tiempo tardará el programa en realizar los cálculos.

Para ello vamos al menú *2D/3D Mesh -> 3D Mesh Generation* y aparece la siguiente ventana:



En esta ventana, si queremos que la generación de malla sea de forma automática (como es el caso), activaremos la pestaña *Auto*. Aunque la generación es automática, se puede modificar el tamaño de la malla. Para ello, está la opción *Uniform*, que es la seleccionada, para que realice una división uniforme de la malla en los 3 ejes. Si queremos que cada eje sea diferente, seleccionaremos *Advanced*.

En el apartado *Select volumen*, hay que seleccionar de la lista de todos los volúmenes aquellos que pertenezcan solo a la pieza, que en nuestro caso son entrada y pieza.

En los siguientes apartados se muestran los valores máximos y mínimos del tamaño de la malla. Estos valores se pueden modificar para variar su tamaño, en este caso los valores serán los siguientes.

Average Size:	<input type="text" value="0.009"/>
Max Size:	<input type="text" value="0.02"/>
Max Growth Rate:	<input type="text" value="1.1"/>
Min Size:	<input type="text" value="0.005"/>
<input type="button" value="Apply"/> <input type="button" value="Undo"/> <input type="button" value="Restore Initial Grid"/>	

A continuación, hacemos clic en el botón *Apply* para obtener el número de celdas en las que se dividirá la pieza. Una vez realizado aparece en el apartado *Grid Information* el número de celdas y, si se ha realizado de forma correcta, aparece un tic verde.

Luego vamos al apartado *Mesh Generation* donde generamos la malla. Para ello pulsamos el botón *Run* y, una vez terminado, aparece un tic verde que indica que se ha realizado de forma correcta. Para terminar, cerramos la ventana haciendo clic en el botón *Close*.

En esta ventana pueden aparecer diferentes errores:

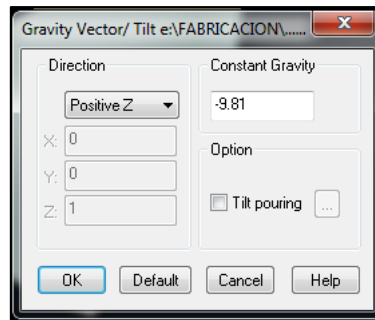
- Si en el apartado *Mesh Generation* aparece una cruz roja puede ser porque no se hayan creado bien los volúmenes de la pieza al no haber activado la opción *Create Contact Region*. Para solucionarlo iremos al menú *2D/3D Mesh -> Domains Manager* y comprobaremos que la opción *Create Contact Region* esté activada, y volveremos a crear los volúmenes.
- Otro error puede ser que el tamaño de la malla no sea el adecuado para la geometría de la pieza. Para solucionar esto, modificaremos el tamaño de la malla cambiando el valor de la casilla de *Average Size*.
- Si aparece un tic rojo en el apartado *Grid Information* es porque el valor en el apartado *Max Growth Rate* no es el adecuado. Para solucionarlo introducimos en esta casilla el valor que muestra el programa al lado de la cruz roja.

2.7. Imposición de las condiciones de contorno

2.7.1. Gravedad

El primer punto en las condiciones de contorno es comprobar la dirección que lleva la gravedad. En nuestro caso es importante este apartado puesto que realizamos un llenado por gravedad. Por este motivo, configuramos la gravedad en la dirección adecuada teniendo en cuenta dos aspectos: la dirección que llevan los ejes en la pieza y la dirección que llevará el fluido en la entrada de la pieza.

Para ello vamos al menú *Cast* -> *Gravity vector* y aparece la siguiente ventana:

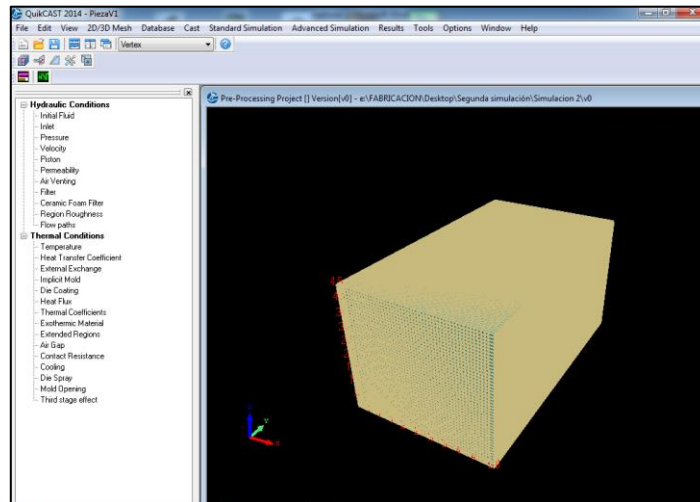


Esta ventana está dividida en tres apartados:

- El apartado *Direction* muestra la dirección que lleva la gravedad y permite modificarla. Por defecto aparece la dirección Z positiva, en nuestro caso no la modificamos.
- En el apartado *Constant Gravity* se muestra el valor de la gravedad. Este valor se puede modificar, por defecto tiene el valor de -9.81m/s^2 . En nuestro caso dejamos el valor por defecto.
- Por último, en el apartado *Option* se muestra la opción *Tilt Pouring*. Esta opción permite modificar el grado de inclinación que tiene el molde en el momento del llenado. En nuestro caso no activaremos esta opción.

2.7.2. Condiciones de contorno

A continuación, definimos las condiciones de contorno del modelo. Estas condiciones permiten imponer límites en el modelo virtual para que se asemeje al modelo real.



Existen dos tipos de condiciones de contorno: las hidráulicas y las térmicas. Las condiciones hidráulicas hacen referencia a las condiciones del fluido y las térmicas hacen referencia a las propiedades que tienen que ver con las temperaturas, intercambio de calor, etc.

Para sacar la lista con las condiciones de contorno iremos al menú *Cast -> Process Conditions Manager*. Aparecerá en la parte izquierda del área de trabajo una lista con todas las condiciones disponibles.

Para añadir, modificar o eliminar una condición, seleccionamos la condición y le damos al botón derecho del ratón. A continuación, elegiremos la opción que se quiera realizar.

- Condiciones hidráulicas.

En nuestro caso vamos a introducir las siguientes condiciones: *Initial Fluid*, *Velocity*, *Permeability* y *Region Roughness*. En todas las condiciones se puede introducir el nombre de la condición en el apartado *Name*.

- *Initial fluid*: esta condición permite indicar el lugar por donde se inicia el llenado. Para introducir esta condición, seleccionarnos la condición y le darnos al botón derecho del ratón. Luego elegimos la opción *ADD* para añadir una nueva condición y aparecerá la siguiente ventana:

En el apartado *Fluid fraction* se introduce el 100% ya que se considera que, por el volumen entrada, pasa toda la colada en forma líquida. Luego seleccionamos la opción *Imposed*. Esta opción permite que la entrada se mantenga llena en todo momento. A continuación, iremos al área de trabajo y seleccionaremos la entrada con el botón izquierdo del ratón. Seleccionaremos este volumen porque por ahí entra la

colada. Comprobamos que en el apartado *Volume list* esté seleccionada la *Entrada* y le damos a *OK*.

- *Velocity*: esta condición permite imponer la velocidad de llenado.

Para introducir esta condición, seleccionaremos la condición y le daremos al botón derecho del ratón. Luego elegiremos la opción *ADD* para añadir una nueva condición.

En el apartado *Velocity* se introduce la velocidad de llenado del molde en m/s. Esta velocidad se puede definir de dos formas: si elegimos el primer botón: tendrá un valor fijo; si elegimos el segundo botón podemos introducir una ecuación, de esta manera tendrá un valor variable. En nuestro caso introducimos el valor fijo de 0.2 m/s.

A continuación, vamos al área de trabajo y seleccionamos, con el botón izquierdo del ratón, la parte superior de la entrada. Seleccionamos esta región porque entrará por ahí la colada. Comprobamos que en el apartado *Region list* esté seleccionada la opción *EXTF-Entrada* y le damos a *OK*.

- *Region Roughness*: esta condición permite simular la rugosidad que hay en el interior del molde.

Para introducir esta condición, seleccionamos la condición y le damos al botón derecho del ratón. Luego elegimos la opción *ADD* para añadir una nueva condición.

En el apartado *Roughness Index* se muestra el valor de la rugosidad del molde. Este valor aparece por defecto dependiendo del material del molde que elijamos.

A continuación, vamos al área de trabajo y seleccionamos la parte exterior de la pieza porque es en esta región donde la rugosidad del molde afecta al proceso de llenado, es decir, en el apartado *Region List* estará seleccionada la opción *EXTF-Pieza* y le damos a *OK*.

- Condiciones térmicas.

En nuestro caso vamos a introducir las siguientes condiciones: *Temperature*, *External Exchange* y *Contact Resistance*. En todas las condiciones se puede introducir el nombre de la condición en el apartado *Name*.

- *Temperature*: esta condición permite indicar la temperatura que va a tener el material fundido en el volumen entrada.

Para introducir esta condición, seleccionamos la condición y le damos al botón derecho del ratón. Luego elegimos la opción *ADD* para añadir una nueva condición.

En el apartado *Condition* elegimos la opción *Imposed*. De esta forma se mantendrá esa temperatura durante toda la etapa que elijamos.

El apartado *Temperature definition* muestra el valor de la temperatura. Esta temperatura se puede definir de dos formas: si elegimos el primer botón tendrá un

valor fijo, si elegimos el segundo botón podemos introducir una ecuación, de esta manera tendrá un valor variable. Esta temperatura, por defecto, tiene un valor que viene definido por el material de la aleación. En nuestro caso dejamos el valor por defecto.

En el apartado *Applies to* activamos solo la opción *Filling* ya que, queremos aplicar esa temperatura solo durante el proceso de llenado.

A continuación, y dado que el área de trabajo es la entrada, comprobamos que en el apartado *Object*, está seleccionada la opción Entrada, y le damos a *OK*.

- *External Exchange*: esta condición permite indicar la transferencia de calor que se produce entre el molde y el exterior.

Para introducir esta condición, seleccionamos la condición y le damos al botón derecho del ratón. Luego elegimos la opción *ADD* para añadir una nueva condición.

En el apartado *External Temperature* se muestra el valor en °C de la temperatura exterior. En nuestro caso elegimos el valor de 20°C.

En *Material Emissivity* se muestra el valor del coeficiente de emisividad que tiene el material del molde con el exterior. Este coeficiente es un número adimensional. El valor de la emisividad, por defecto, viene dado por el material del molde. En nuestro caso dejamos el valor por defecto. En el apartado *Applies to* activamos la opción *Filling* y *Solidification* ya que, el intercambio de calor afecta a las dos etapas.

En el apartado *Type of Exchange* se puede elegir el tipo de intercambio que se tiene en cuenta. En nuestro caso elegimos la opción *Radiation and Convection* puesto que se producen ambos tipos en nuestra pieza.

Por último, seleccionamos la región exterior del molde, es decir, en *Region List* tiene que estar seleccionada *EXFT-Molde*. Le damos a *OK*.

- *Contact Resistance*: esta condición se utiliza para imponer la resistencia térmica que se produce por estar en contacto una región.

Para introducir esta condición, seleccionamos la condición y le damos al botón derecho del ratón. Luego elegimos la opción *ADD* para añadir una nueva condición.

En el apartado *Resistance or HTC* permite elegir el tipo de contacto que se produce. Dependiendo de la opción elegida las unidades varían. Estas unidades aparecen en cada apartado.

En nuestro caso, elegimos la opción *Resistance* ya que el intercambio de calor se produce por una resistencia térmica. El valor que se muestra viene dado por defecto dependiendo del material de la pieza. Este valor se puede definir de dos formas: si elegimos el primer botón tendrá un valor fijo; si elegimos el segundo botón podemos introducir una ecuación, de esta manera tendrá un valor variable. En nuestro caso dejamos el valor por defecto.

En el apartado *Applies* to activamos solo la opción *Filling* ya que, queremos aplicar esa condición solo durante el proceso de llenado.

A continuación, vamos al área de trabajo y seleccionamos la pieza. Comprobamos que en el apartado *Regions* esté seleccionada la opción *EXFT-Pieza* y le damos a *OK*.

2.8. Cálculo de resultados

A continuación, iniciamos los cálculos de los resultados. Para ello iremos al menú *Standard Simulation* -> *Start Simulation* y aparece una ventana.

En esta ventana elegimos la pestaña *Filling and Solidification* puesto que queremos obtener los cálculos para el llenado y la solidificación. Esta ventana muestra los siguientes apartados:

- *Calculation type*: permite elegir el método de cálculo y las temperaturas iniciales. En nuestro caso elegimos la opción *Standard calculation*. Introducimos el valor 20°C tanto para el molde como para la cavidad del molde.
- *Stop Filling Criteria*: sirve para definir los parámetros de parada para los cálculos de llenado. Los cálculos se paran cuando hayamos sobrepasado el tiempo de llenado o cuando sobrepasemos el porcentaje de llenado que previamente hemos introducido en este panel. En nuestro caso dejamos los valores por defecto.
- *Stop Solidification Criteria*: sirve para definir los parámetros de parada para los cálculos de solidificación. Los cálculos se paran cuando sobrepasemos el tiempo de solidificación o la temperatura sea inferior a la que previamente hemos introducido en este panel. En nuestro caso dejamos por defecto el valor del tiempo máximo. Solo se cambia la temperatura máxima a 200 °C.
- *Options*: en este apartado seleccionamos la opción *None* ya que se trabaja en una fundición por gravedad.

En el resto de los apartados dejamos las opciones que vienen por defecto.

Una vez que ya hemos introducido todos los parámetros le damos al botón *Run*. A continuación, *QuikCAST* empezará a realizar los cálculos. Aparecerá la siguiente ventana que indicará los progresos que llevan los cálculos para cada proceso.

Una vez que los cálculos han terminado aparece un mensaje indicando que han finalizado. El programa creará un archivo de resultados donde solo aparecen los resultados. Este archivo mantiene el mismo nombre del estudio, pero tiene la extensión “.mco”.

2.9. Resultados

Una vez que se han completado los cálculos tanto de llenado como de solidificación el último paso es ver los resultados.

Para ello, abrimos el archivo de resultados creado por el programa. Vamos al menú File -> Open y seleccionamos el archivo con extensión “. mco". El programa crea el archivo con el mismo nombre que el estudio. Aparece una ventana donde elegimos los volúmenes que queremos abrir. Para ello seleccionamos la pieza y la entrada y dejamos marcada la opción *Use Smoothing Mesh*. Si no marcamos esta opción la pieza se abrirá con la forma de la malla.

Una vez que hemos abierto el archivo iremos al menú *Results*. Ahora en este menú ya están disponibles todas las formas de ver los resultados.

Si vamos al menú *Results* -> *Mesh Correction Factors*, aparecerá una ventana en la que eligiendo la opción volumen, muestra el porcentaje de aleación que tiene cada celda de la malla de volumen que habíamos creado.

Si vamos al menú el *Results* -> *Filling / Solidification* aparece una ventana que permite ver las distintas etapas de los procesos de llenado y de solidificación de la pieza. En la opción *Type* seleccionamos el proceso que queremos ver, en *Results Type* elegimos la variable a analizar y si se encuentra activada la opción de *Show Liquid*, se pueden ver las zonas con líquido. Se pueden activar o desactivar en función de los procesos que se quieran ver.

Si elegimos el proceso de llenado (*Filling*) tenemos las siguientes opciones:

- *Fill Rate*: muestra el llenado de la pieza.
- *Temperature*: muestra la temperatura durante el llenado.
- *Pressure*: muestra la presión en la pieza durante el llenado.
- *Velocity*: muestra la velocidad del flujo durante el llenado.
- *Fill time*: muestra que partes se han llenado durante un determinado tiempo.

Si elegimos el proceso de solidificación (*Solidification*) tenemos las siguientes opciones:

- *Liquid Fraction*: muestra la parte líquida que hay en la pieza.
- *Temperature*: muestra la temperatura durante la solidificación.
- *Shrinkage*: muestra la contracción que se producen en la pieza.
- *Solid Fraction*: nos muestra la parte sólida que hay en la pieza.

Para ver los resultados, podemos ir fijando en cada una de las etapas seleccionado la etapa que queremos ver en la lista de la derecha. También podemos seleccionarla todas y con la opción *Multiple state* y dándole al botón *Generate movies* podemos verlo en forma de vídeo. Si queremos guardar el vídeo activaremos la opción *Create an-AVI File*. Hacemos clic en *Generate*.

Si vamos al siguiente menú *Results* -> *Process Synopsis* aparecerá la siguiente ventana:

En esta pantalla se puede elegir los resultados que queremos analizar:

- *Defects*: muestra los resultados relacionados con los cálculos de predicción de defecto.

- *Shrinkage*: proporciona información sobre la contracción en la aleación. Se observa las contracciones que sufre la pieza cuando ya se ha solidificado.
 - *Dendritic Arm Spacing*: informa sobre la micro estructura de la aleación.
 - *Niyama Criterion*: calcula según el criterio de Niyama. Informa sobre la porosidad por contracción de la aleación.
 - *Solidification Rate*: calcula la velocidad de enfriamiento.
 - *Volume Fraction of Gas Porosity*: proporciona información acerca de la micro porosidad del gas.
- *Solidification*: muestra los resultados con el final de los cálculos de la solidificación.
 - *Time to Solidus*: proporciona el tiempo que necesita la aleación para alcanzar la temperatura de sólido
 - *End of Calculation temperature*: proporciona información sobre la temperatura al final de los cálculos.
 - *Time to Critical Solid Fraction*: proporciona el tiempo que necesita la aleación para alcanzar el valor crítico de la fracción sólida.
 - *Time to Eutectic Temperature*: tiempo que tarda la aleación en alcanzar la temperatura eutéctica.
 - *Temperature Gradient at Eutectic Temperature*: informa sobre los gradientes térmicos en la aleación a la temperatura eutéctica.
 - *Temperature Gradient at Solidus - Degrees Celsius*: informa sobre los gradientes térmicos en la aleación en la fase sólida.
 - *Local Cooling Rate*: informa sobre la velocidad de enfriamiento.
 - *Solidification Time*: muestra el tiempo de solidificación. En esta opción se muestra de forma gráfica cuanto tiempo tarda en solidificarse cada zona de la pieza.

En la opción Style podemos cambiar la forma de visualizar los resultados de la pieza.

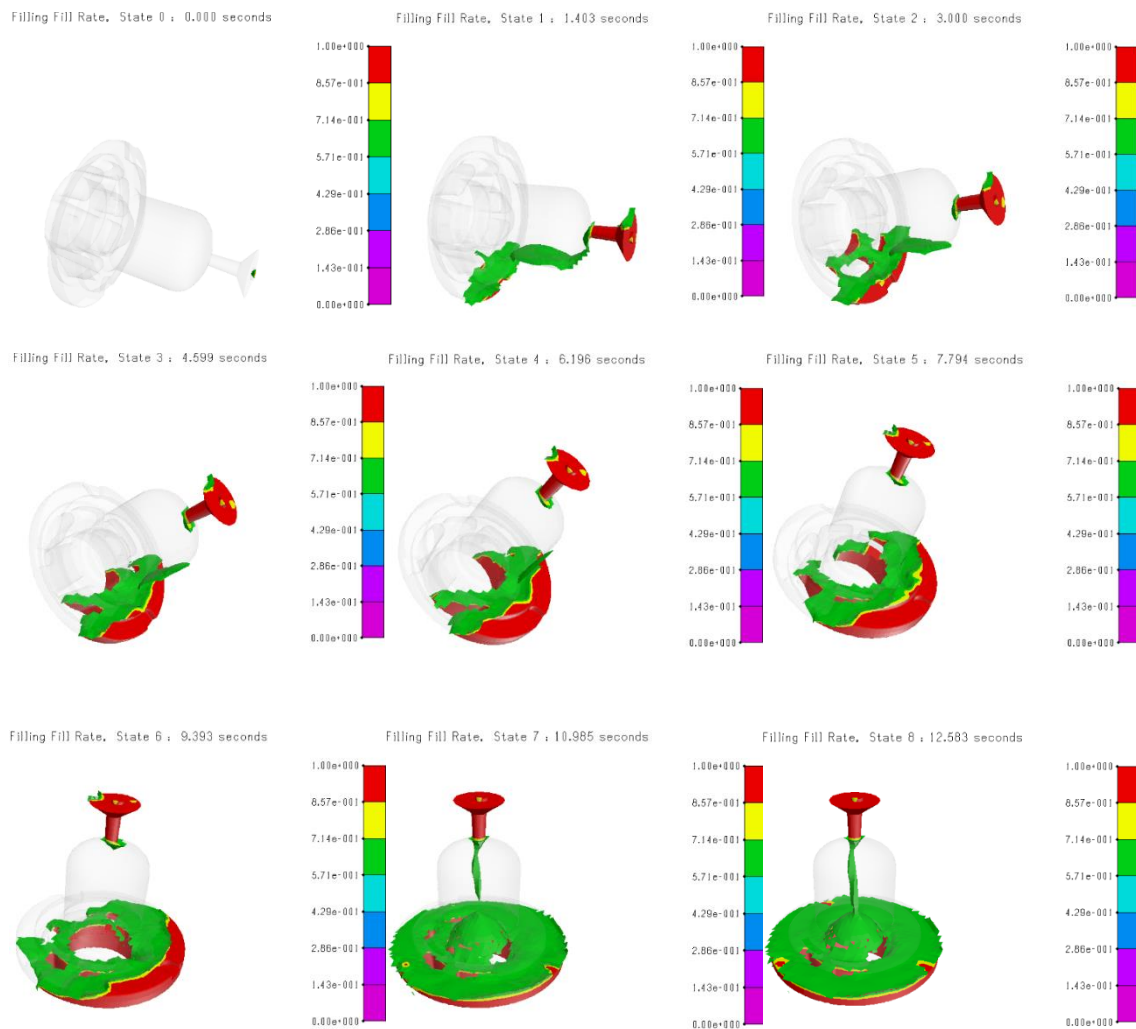
ANEXO 3.

Resultados de las simulaciones con

QuikCAST

3.1. Primer modelo

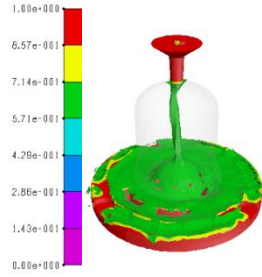
- Filling Fill Rate



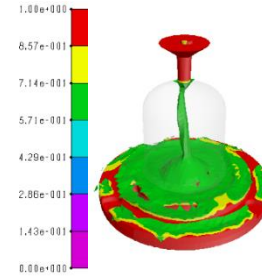
Filling Fill Rate, State 9 : 14.182 seconds



Filling Fill Rate, State 10 : 15.781 seconds



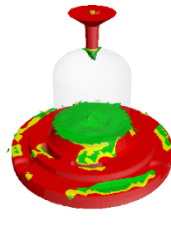
Filling Fill Rate, State 11 : 17.381 seconds



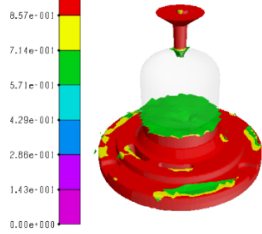
Filling Fill Rate, State 12 : 18.985 seconds



Filling Fill Rate, State 13 : 20.592 seconds



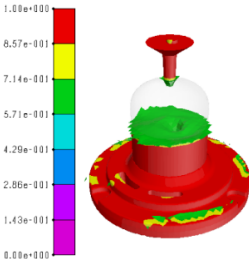
Filling Fill Rate, State 14 : 22.198 seconds



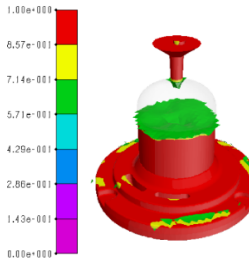
Filling Fill Rate, State 15 : 23.818 seconds



Filling Fill Rate, State 16 : 25.450 seconds



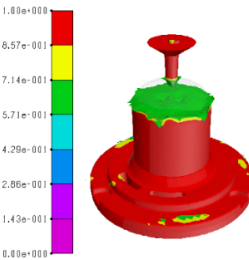
Filling Fill Rate, State 17 : 27.078 seconds



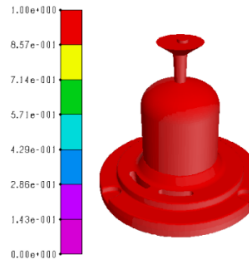
Filling Fill Rate, State 18 : 28.712 seconds



Filling Fill Rate, State 19 : 30.322 seconds



Filling Fill Rate, State 20 : 31.964 seconds



- Filling Pressure**

Filling Pressure (Pascals), State 0 : 0.000 seconds

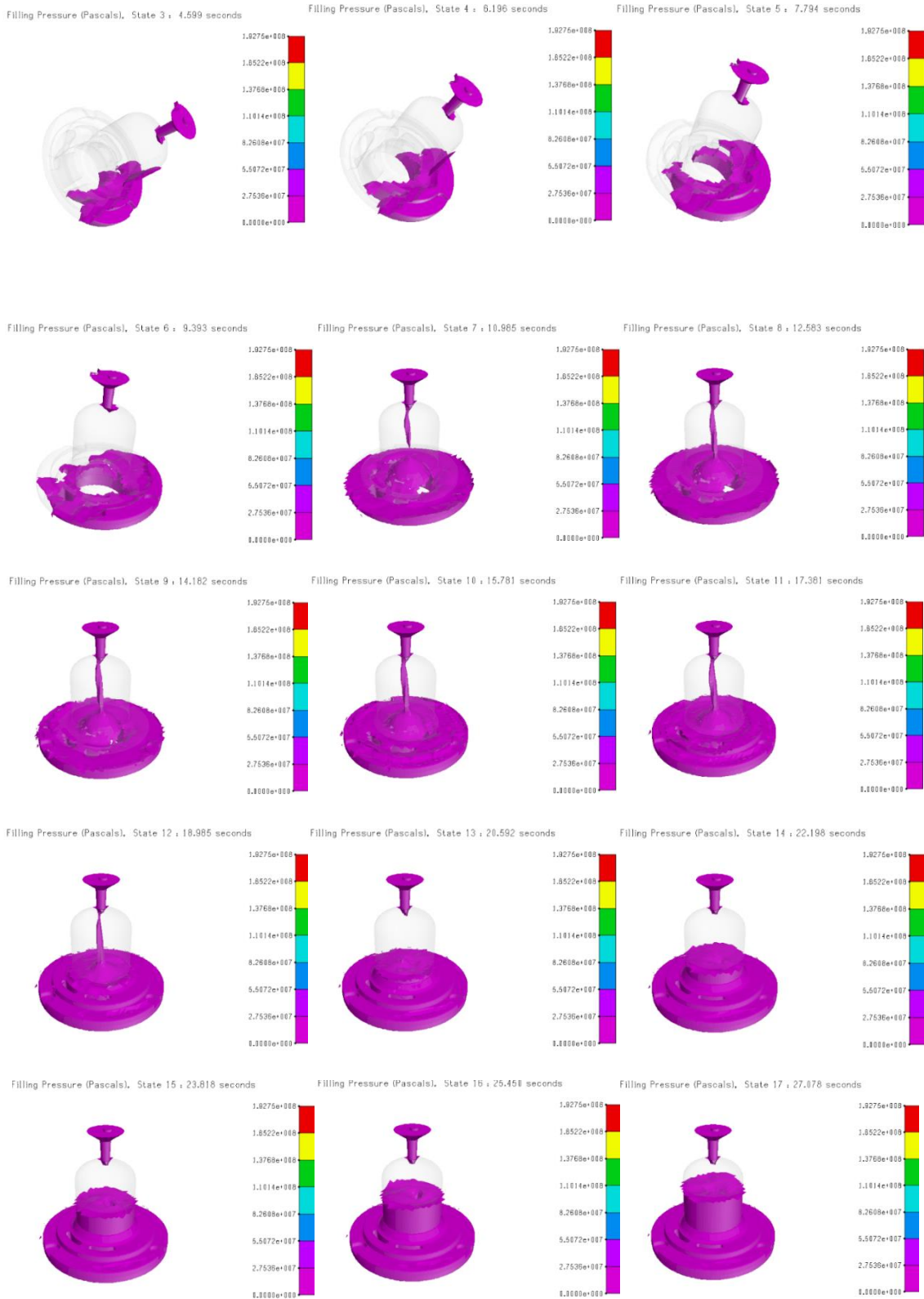


Filling Pressure (Pascals), State 1 : 1.403 seconds



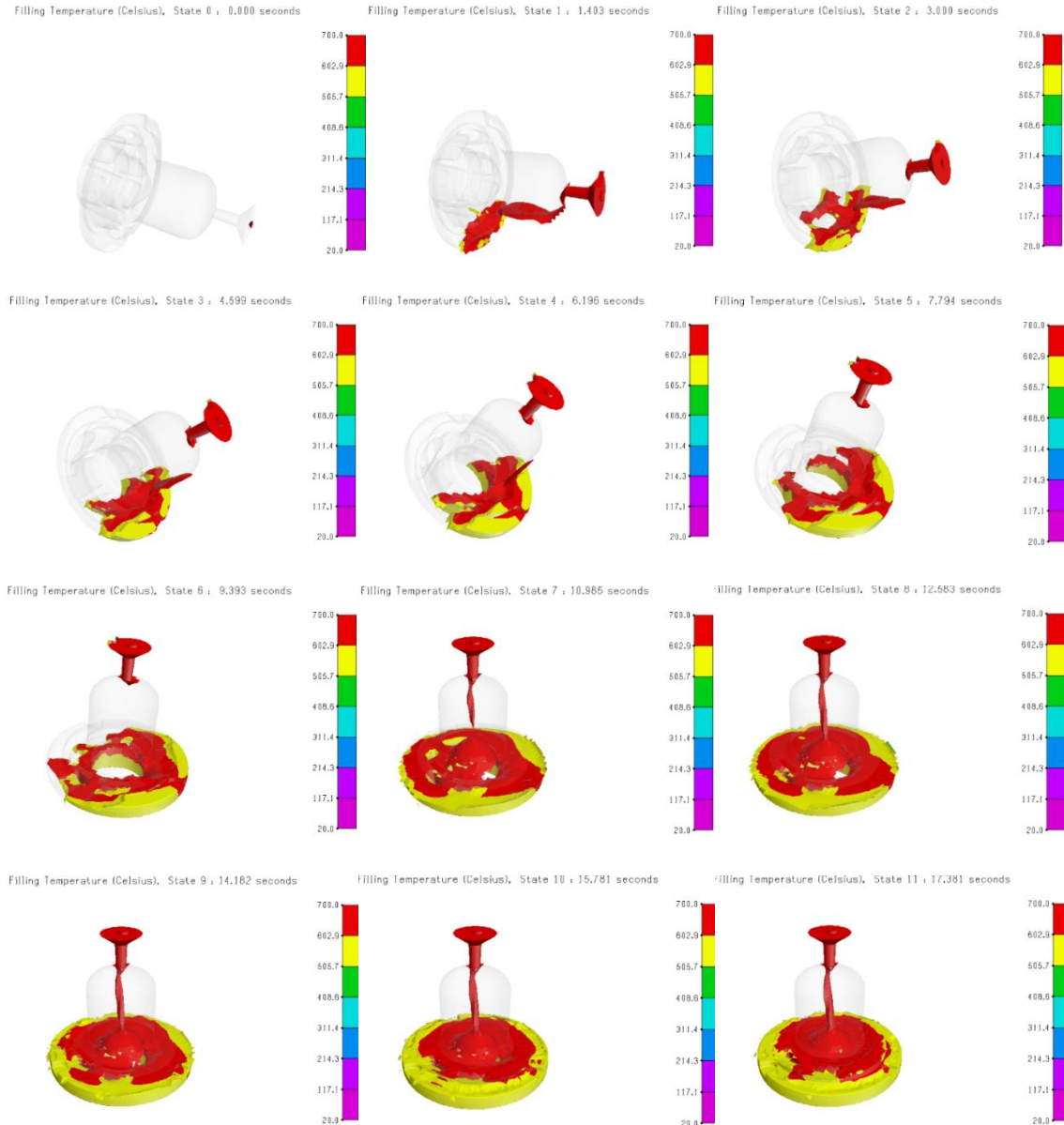
Filling Pressure (Pascals), State 2 : 3.000 seconds







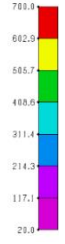
- **Filling Temperature**



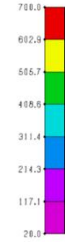
Filling Temperature (Celsius), State 12 : 18.865 seconds



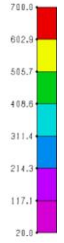
Filling Temperature (Celsius), State 13 : 20.592 seconds



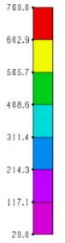
Filling Temperature (Celsius), State 14 : 22.198 seconds



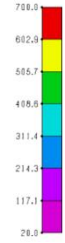
Filling Temperature (Celsius), State 15 : 23.818 seconds



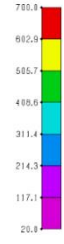
Filling Temperature (Celsius), State 16 : 25.450 seconds



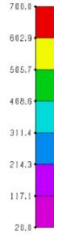
Filling Temperature (Celsius), State 17 : 27.078 seconds



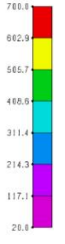
Filling Temperature (Celsius), State 18 : 28.712 seconds



Filling Temperature (Celsius), State 19 : 31.322 seconds



Filling Temperature (Celsius), State 20 : 31.964 seconds

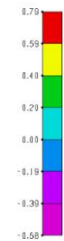


• Filling Velocity

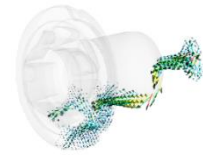
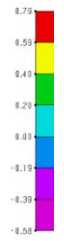
Filling Velocity (m/s), State 0 : 0.000 seconds



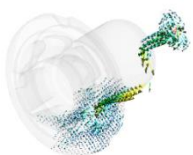
Filling Velocity (m/s), State 1 : 1.403 seconds



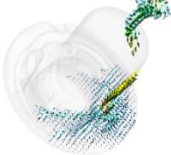
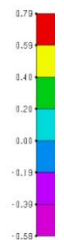
Filling Velocity (m/s), State 2 : 3.000 seconds



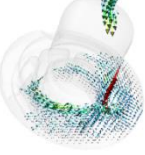
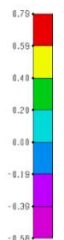
Filling Velocity (m/s), State 3 : 4.599 seconds



Filling Velocity (m/s), State 4 : 6.196 seconds



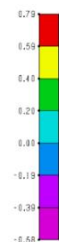
Filling Velocity (m/s), State 5 : 7.794 seconds



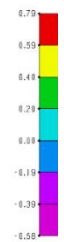
Filling Velocity (m/s), State 6 : 9.393 seconds

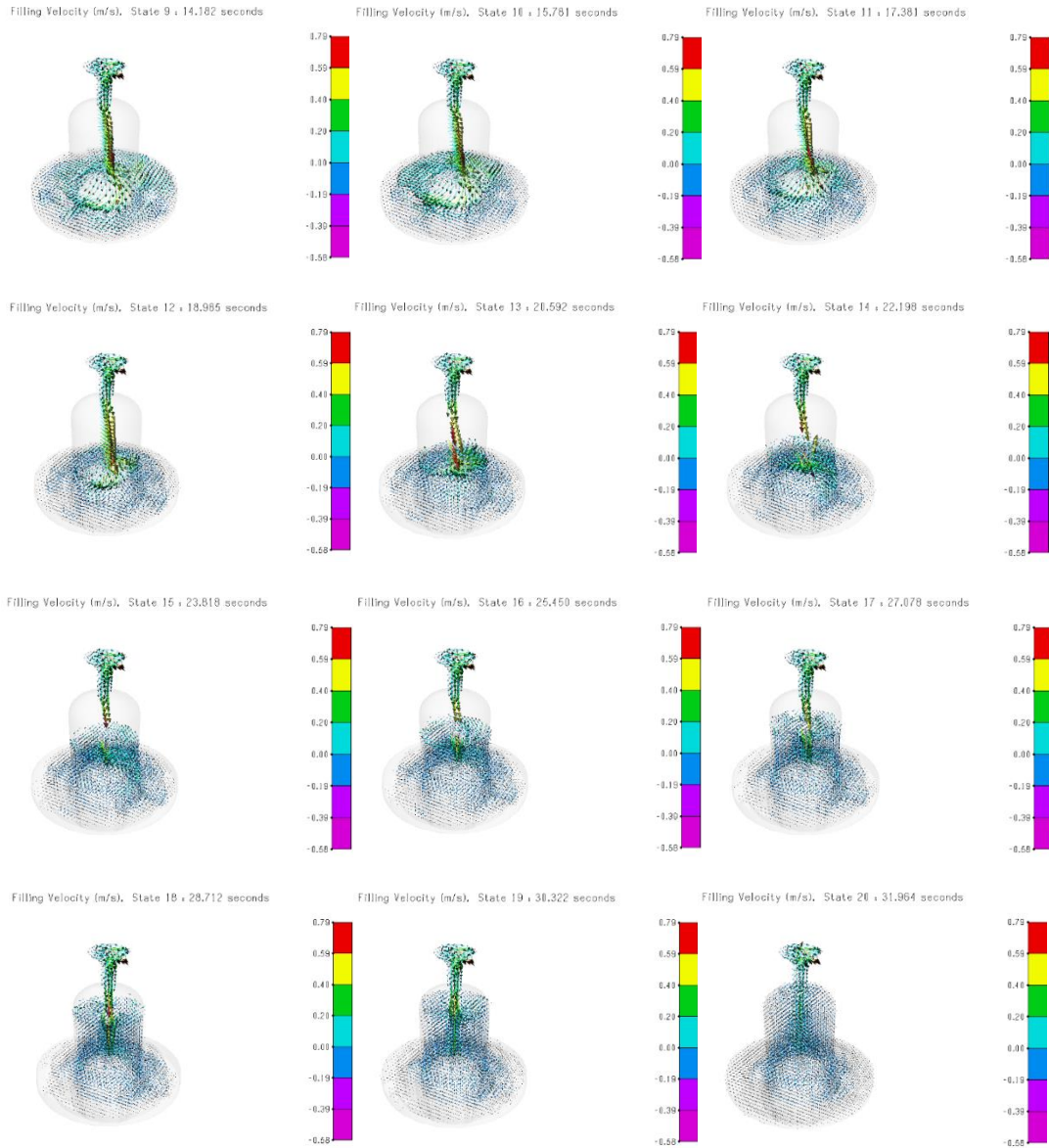


Filling Velocity (m/s), State 7 : 10.995 seconds

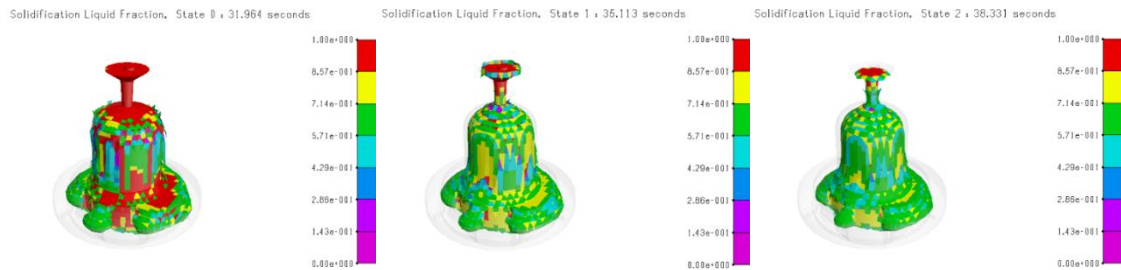


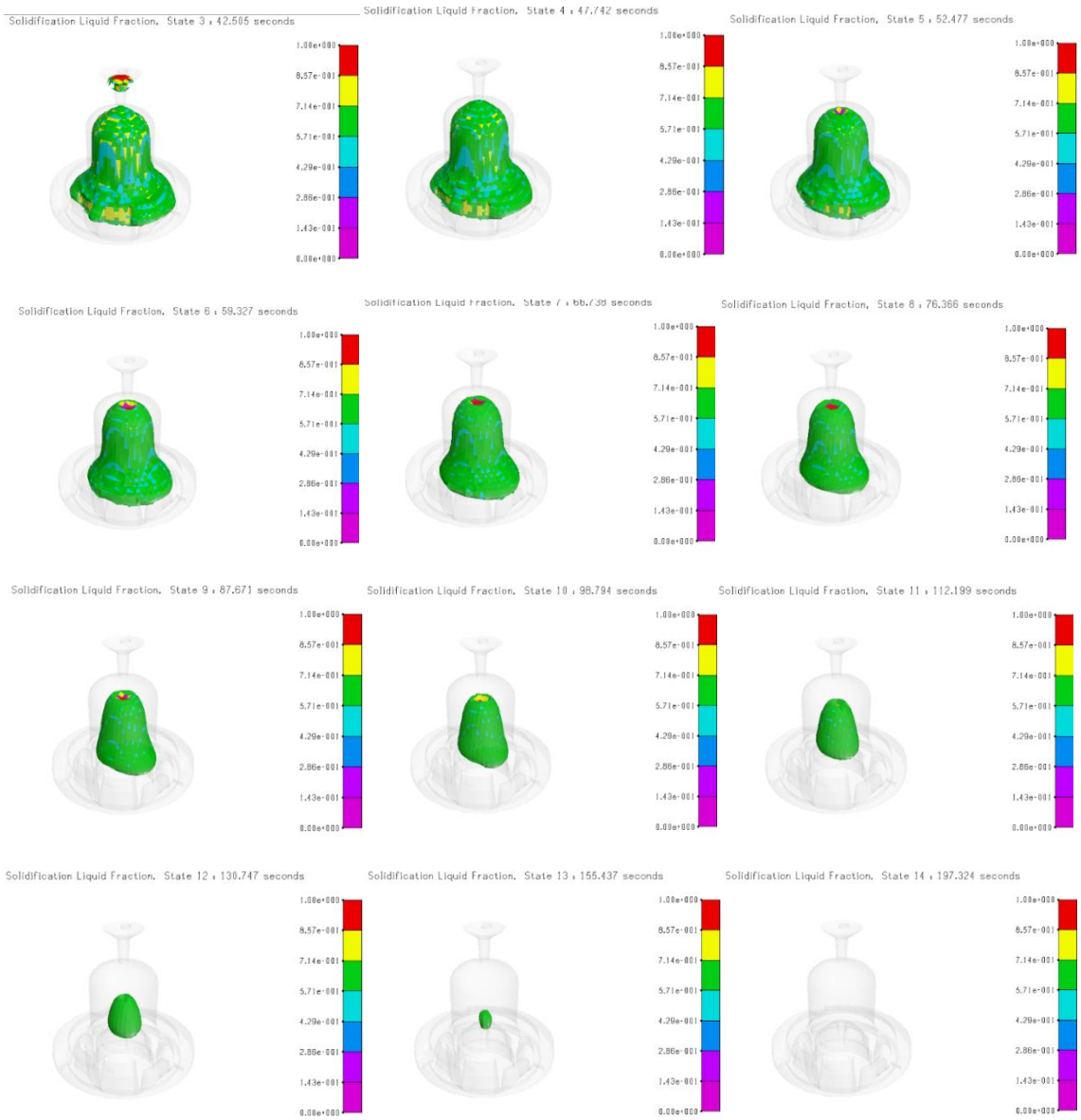
Filling Velocity (m/s), State 8 : 12.583 seconds





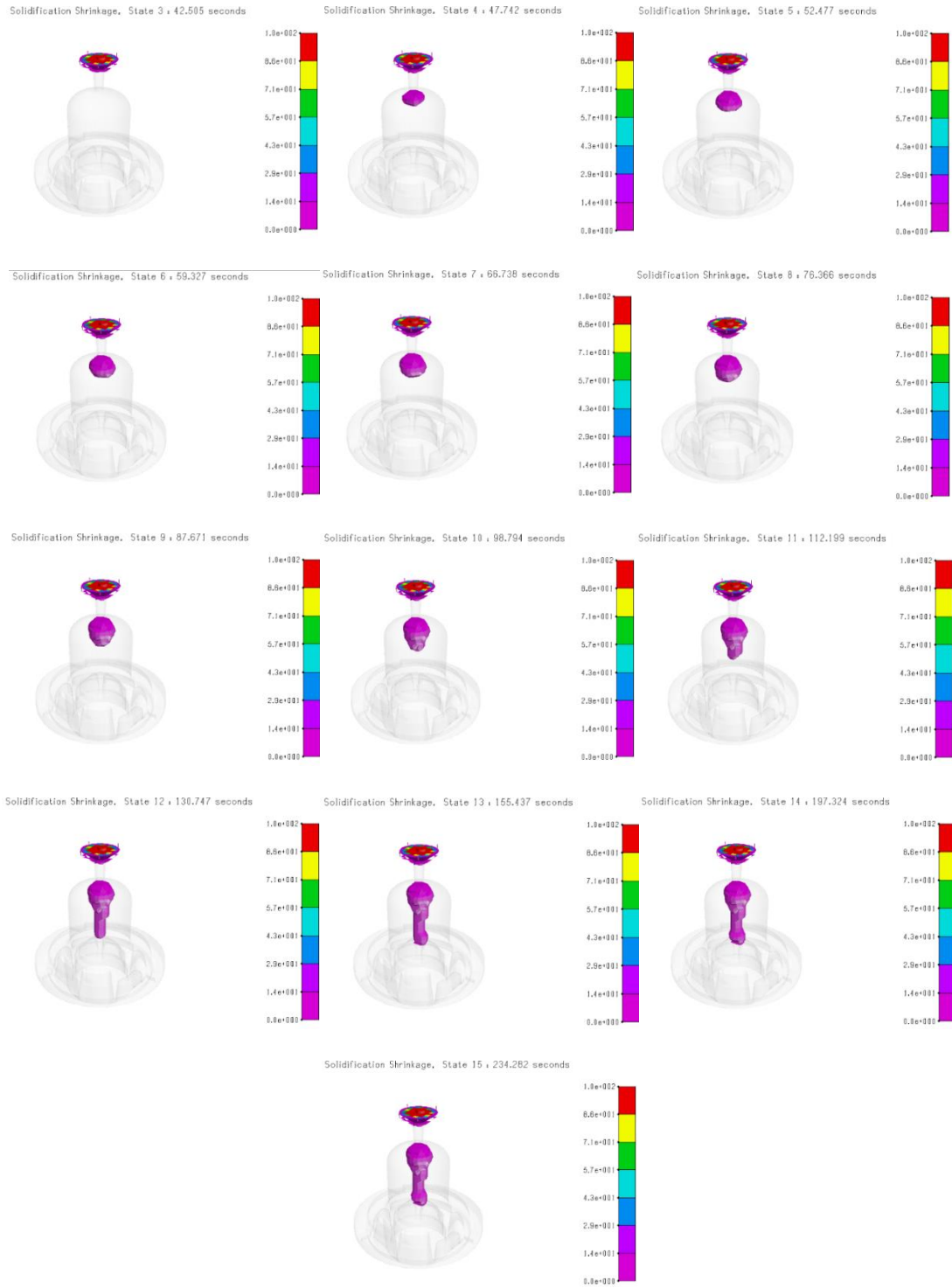
- **Solidification Liquid Fraction**



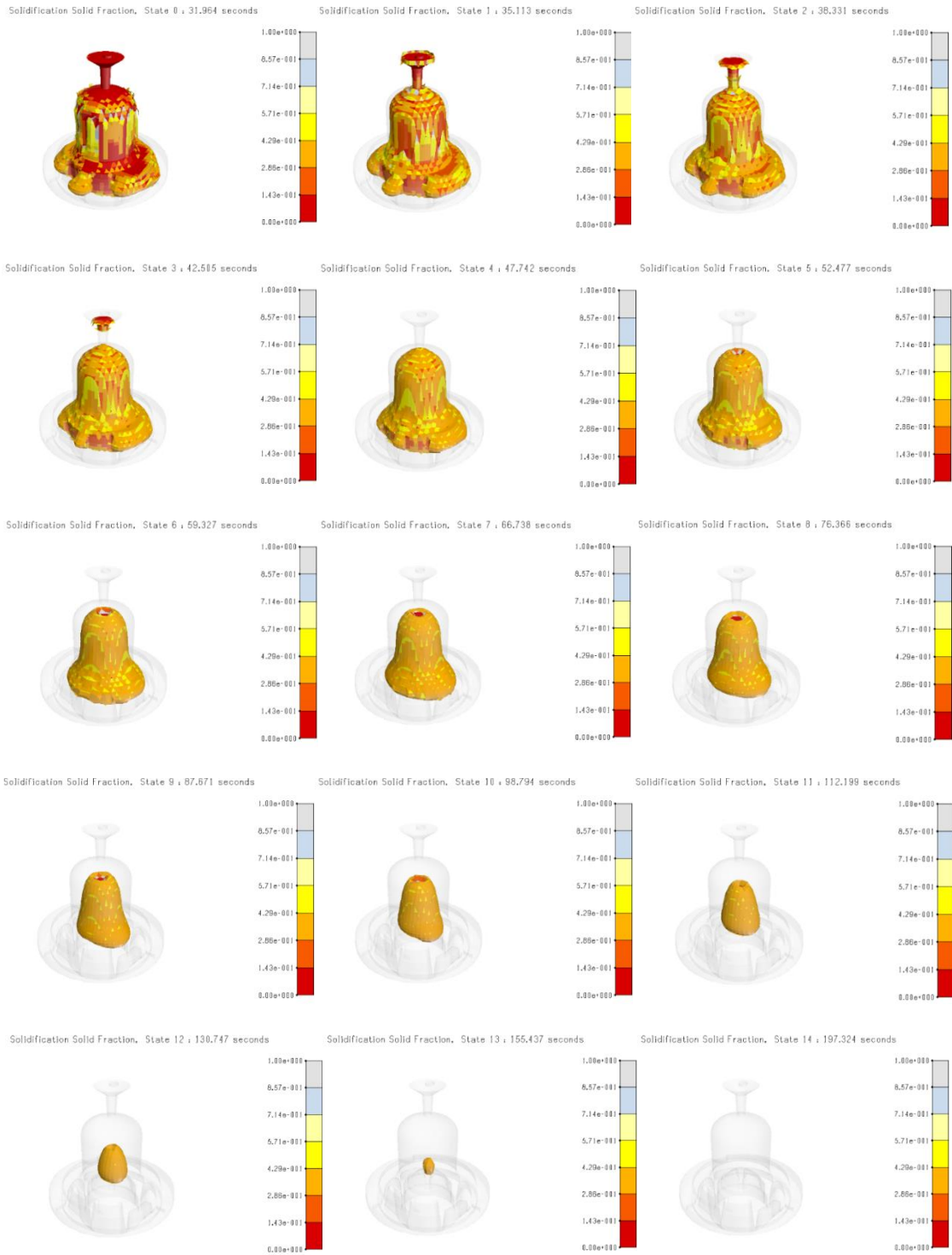


- **Solidification Shrinkage**

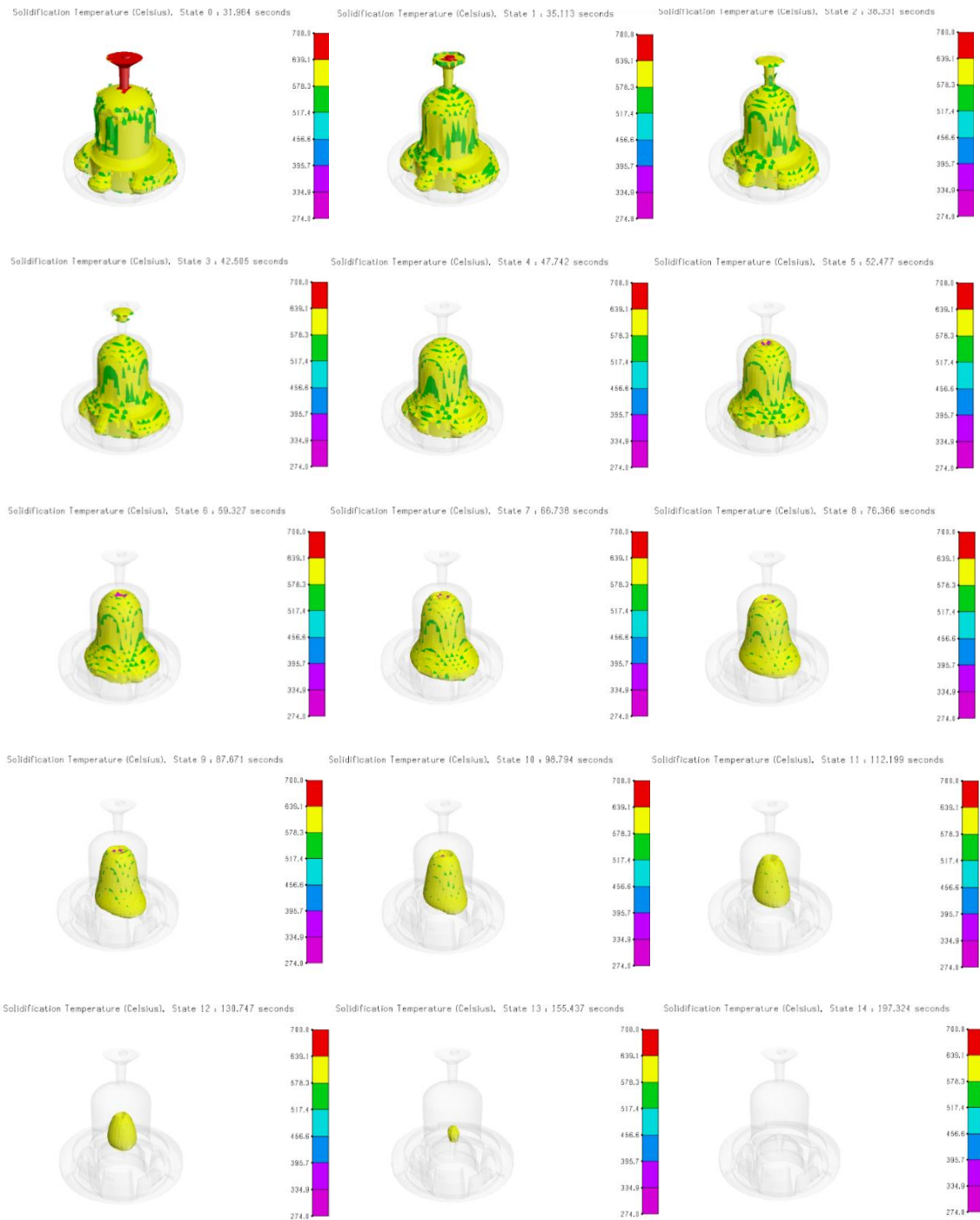




- **Solidification Solid Fraction**

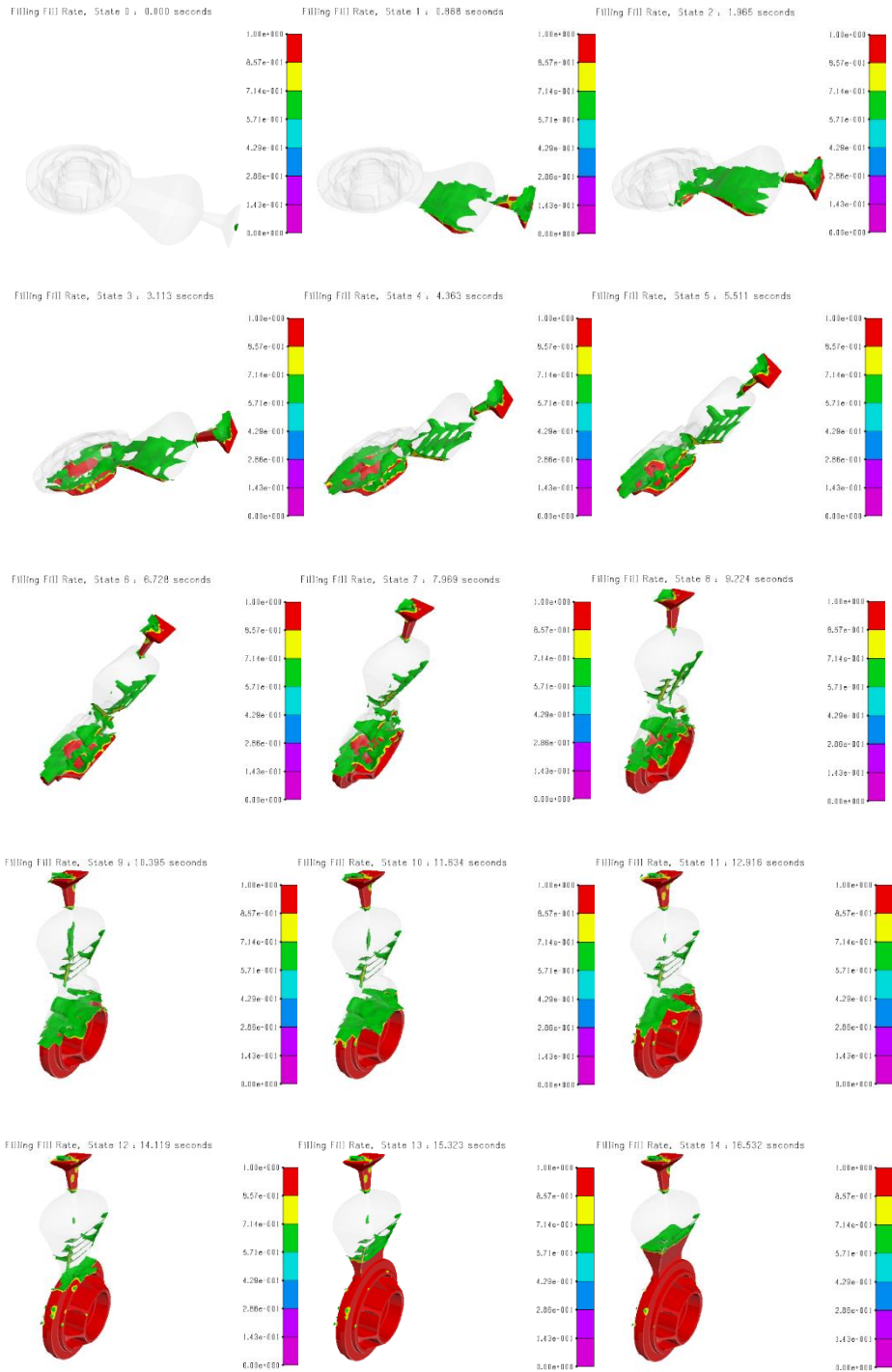


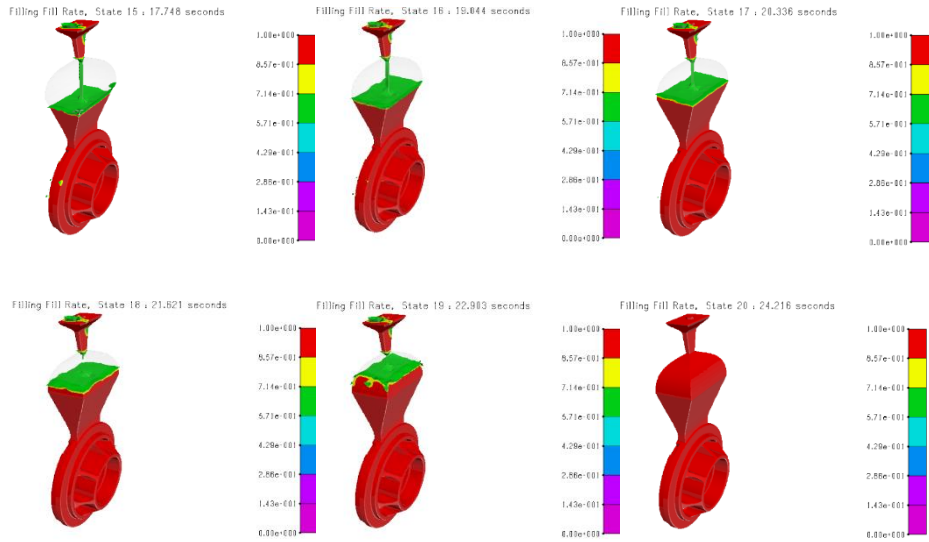
- **Solidification Temperature**



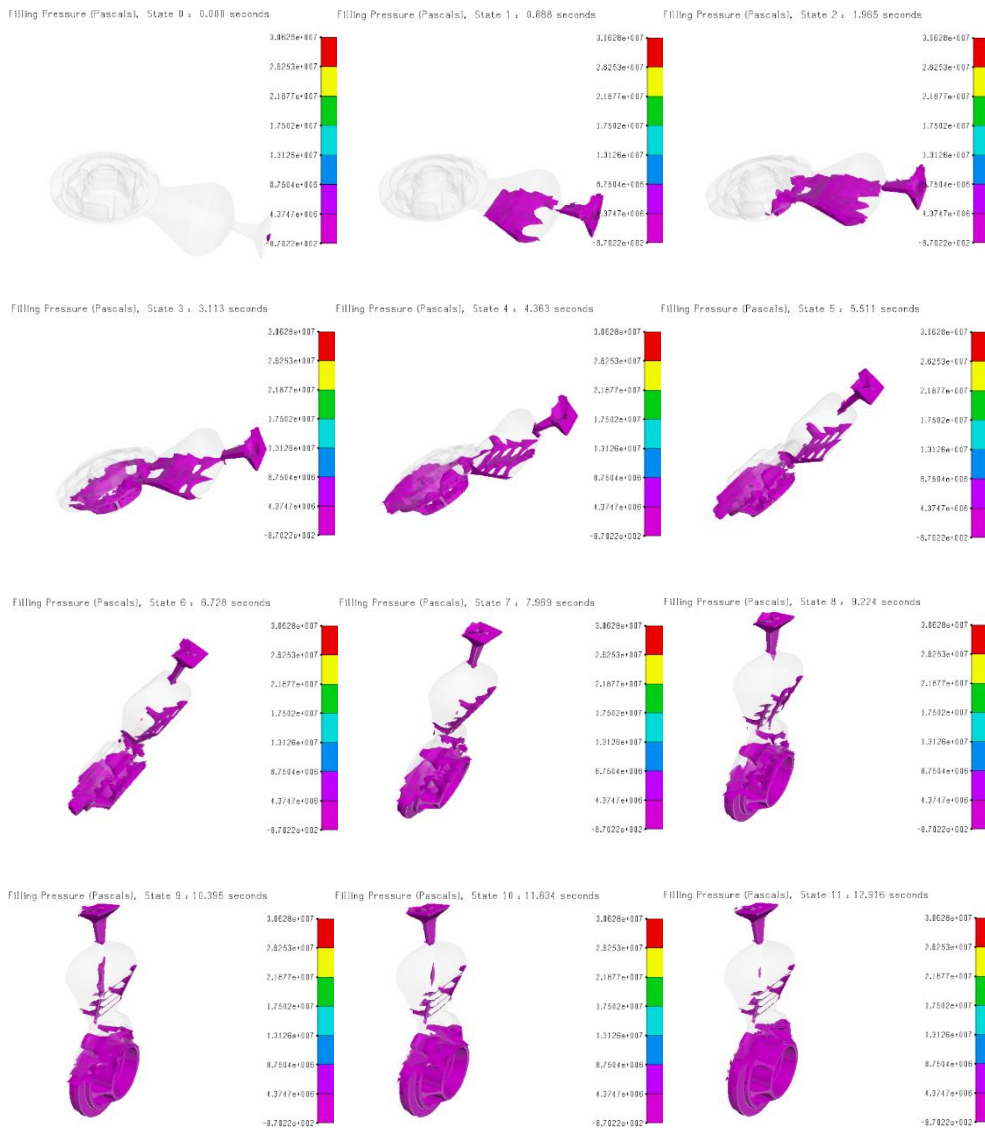
3.2. Segundo modelo

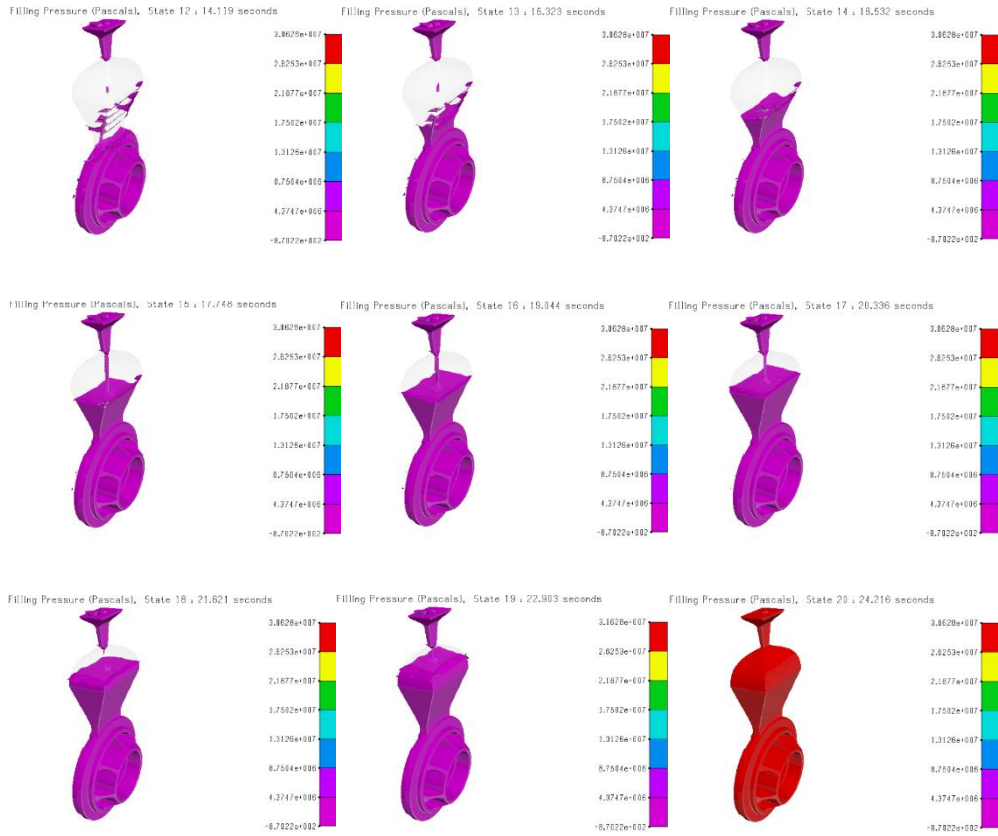
- Filling Fill Rate



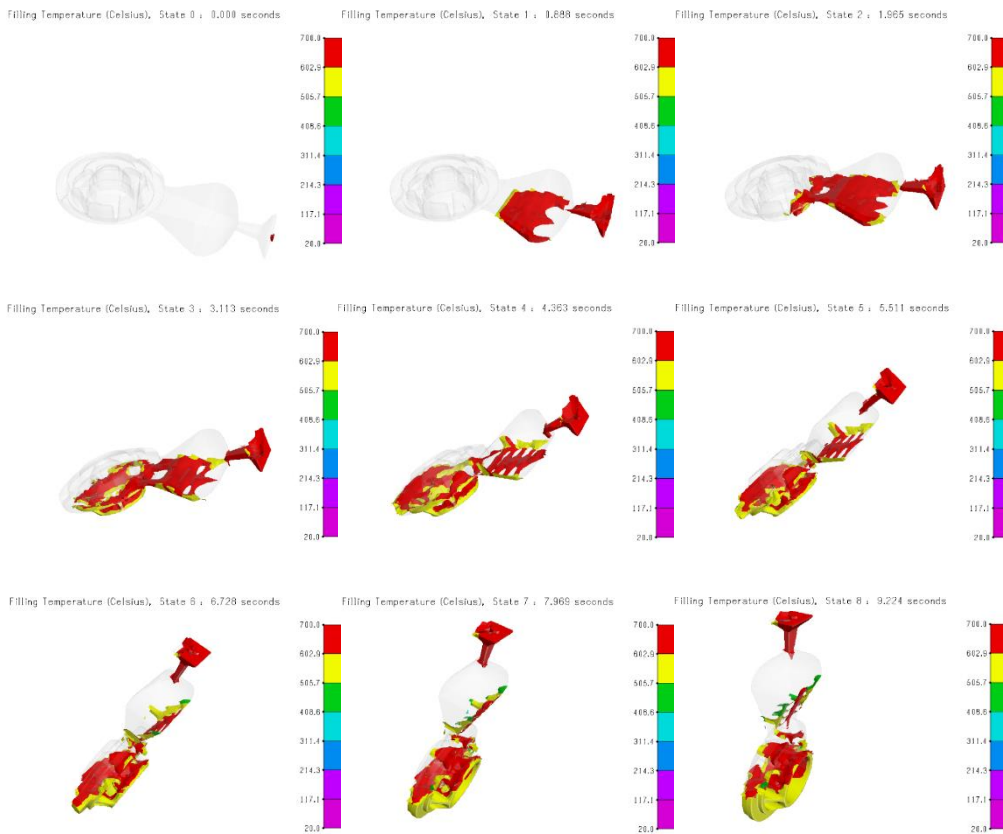


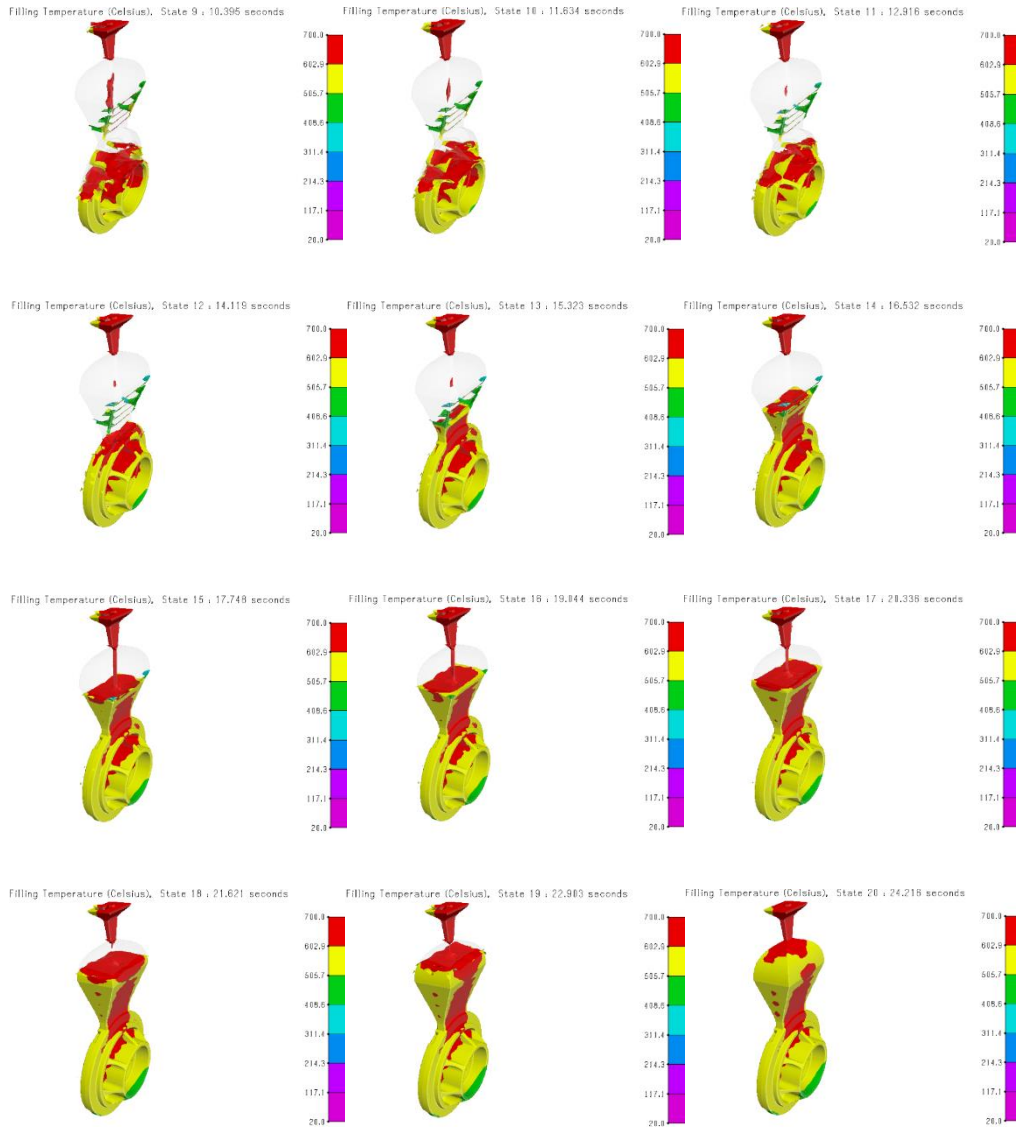
- Filling Pressure**



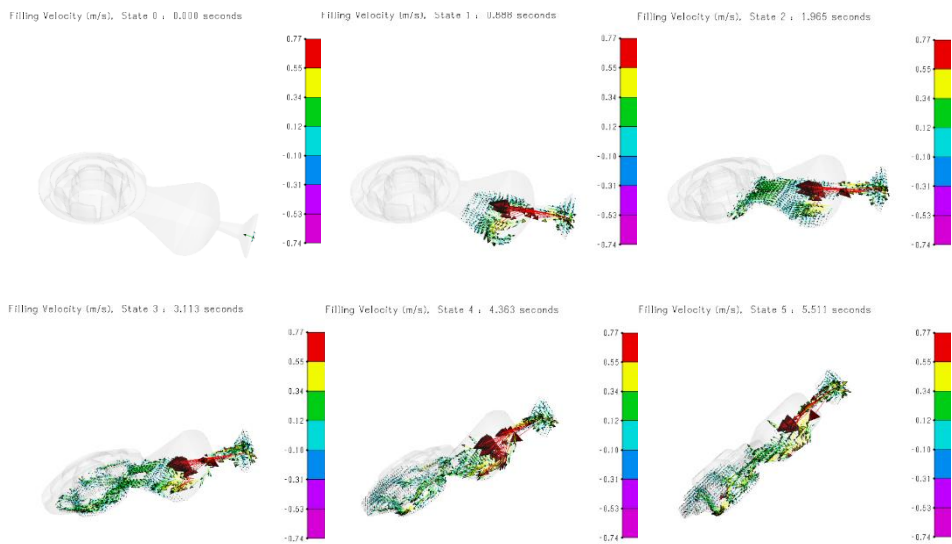


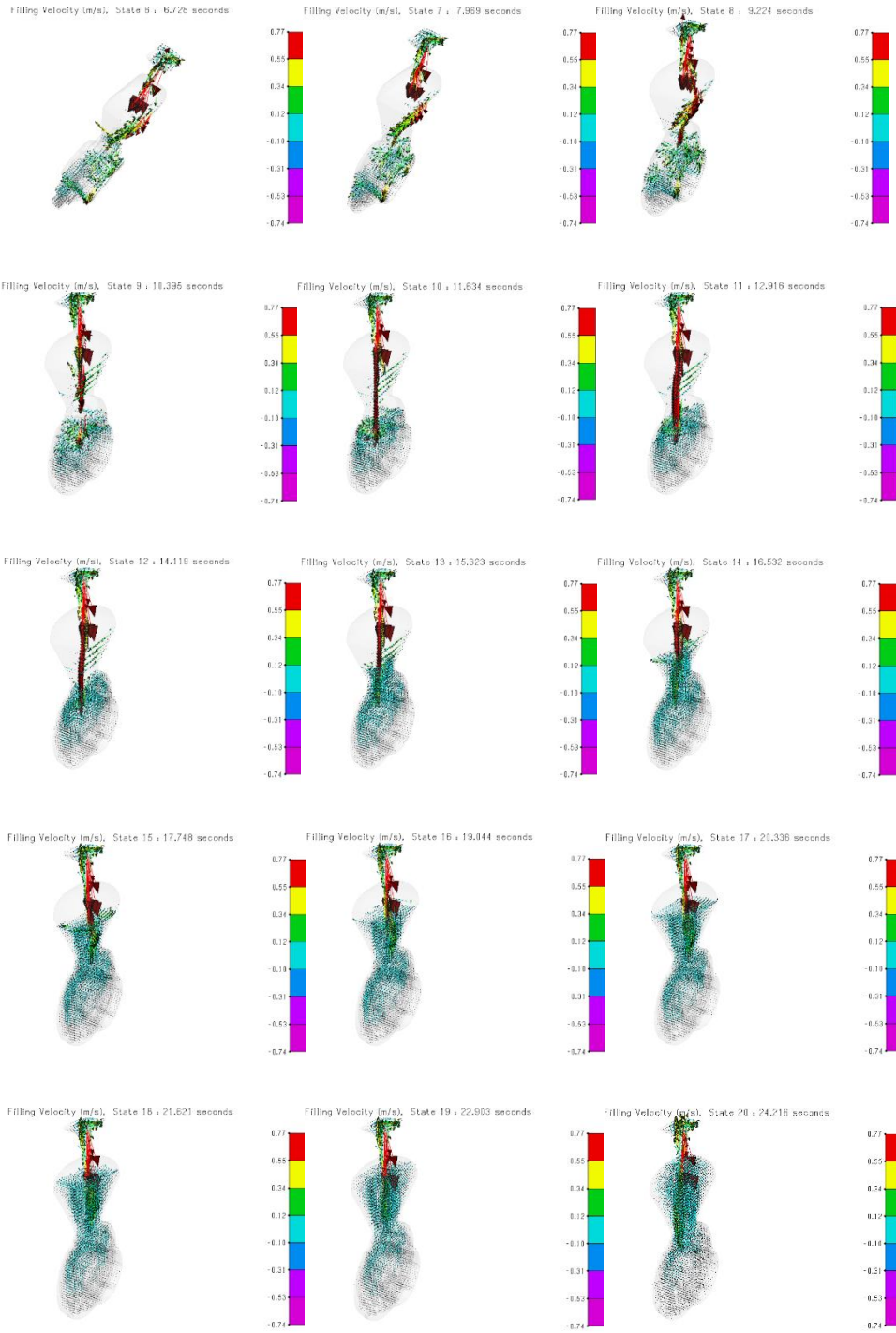
- Filling Temperature**



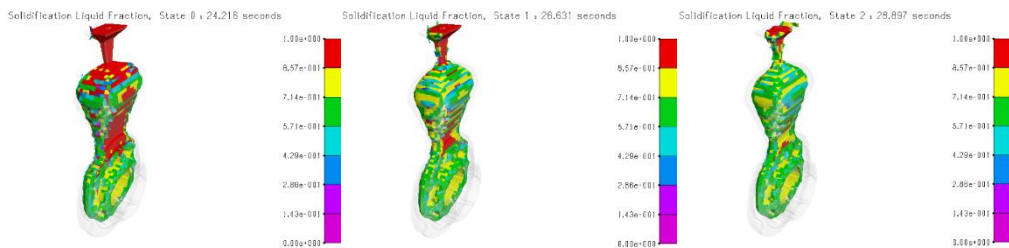


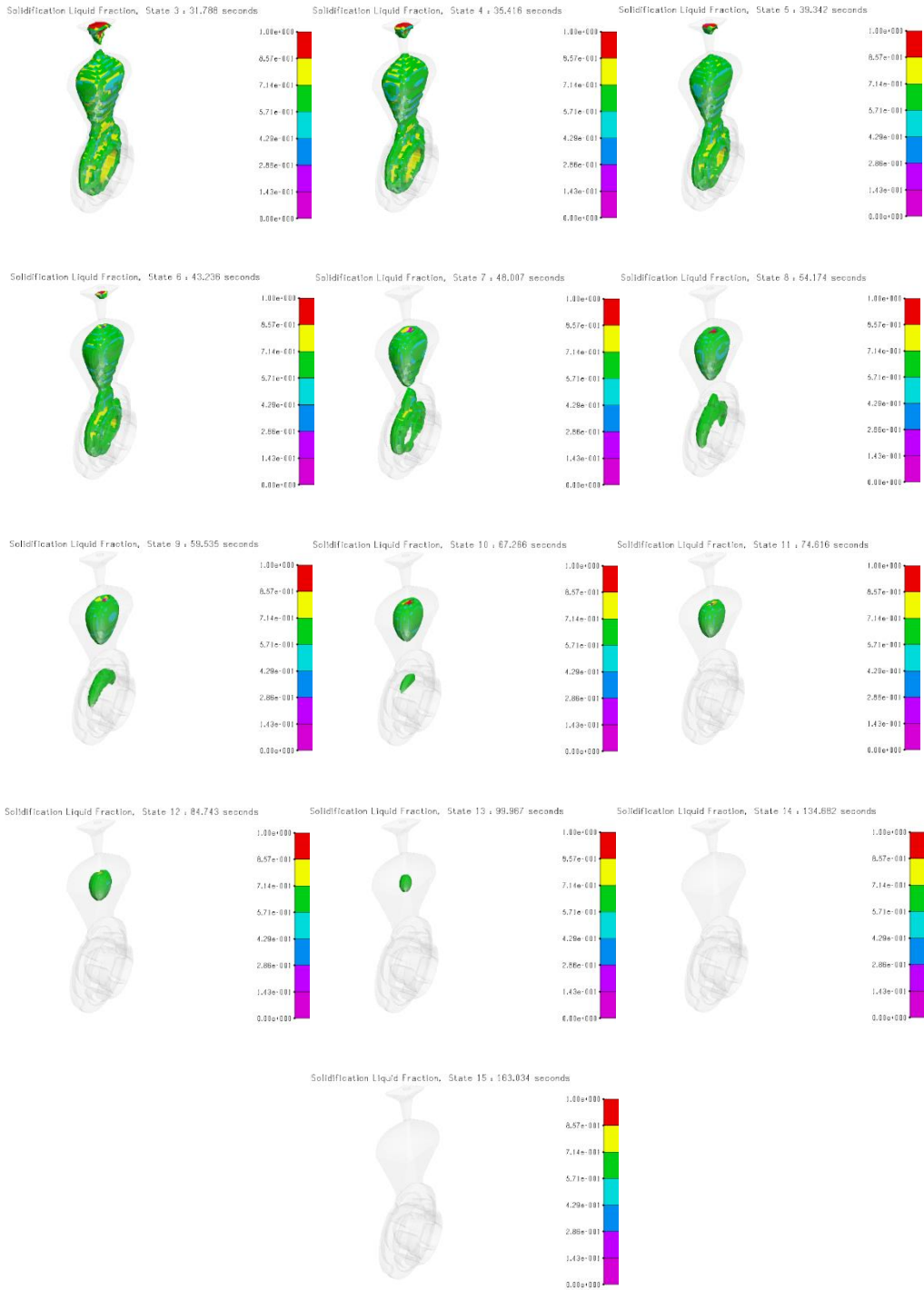
- Filling Velocity**



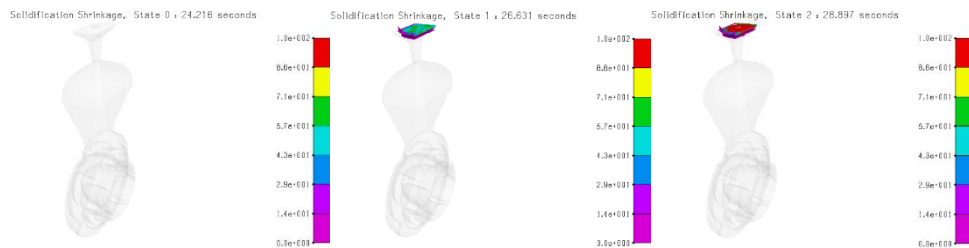


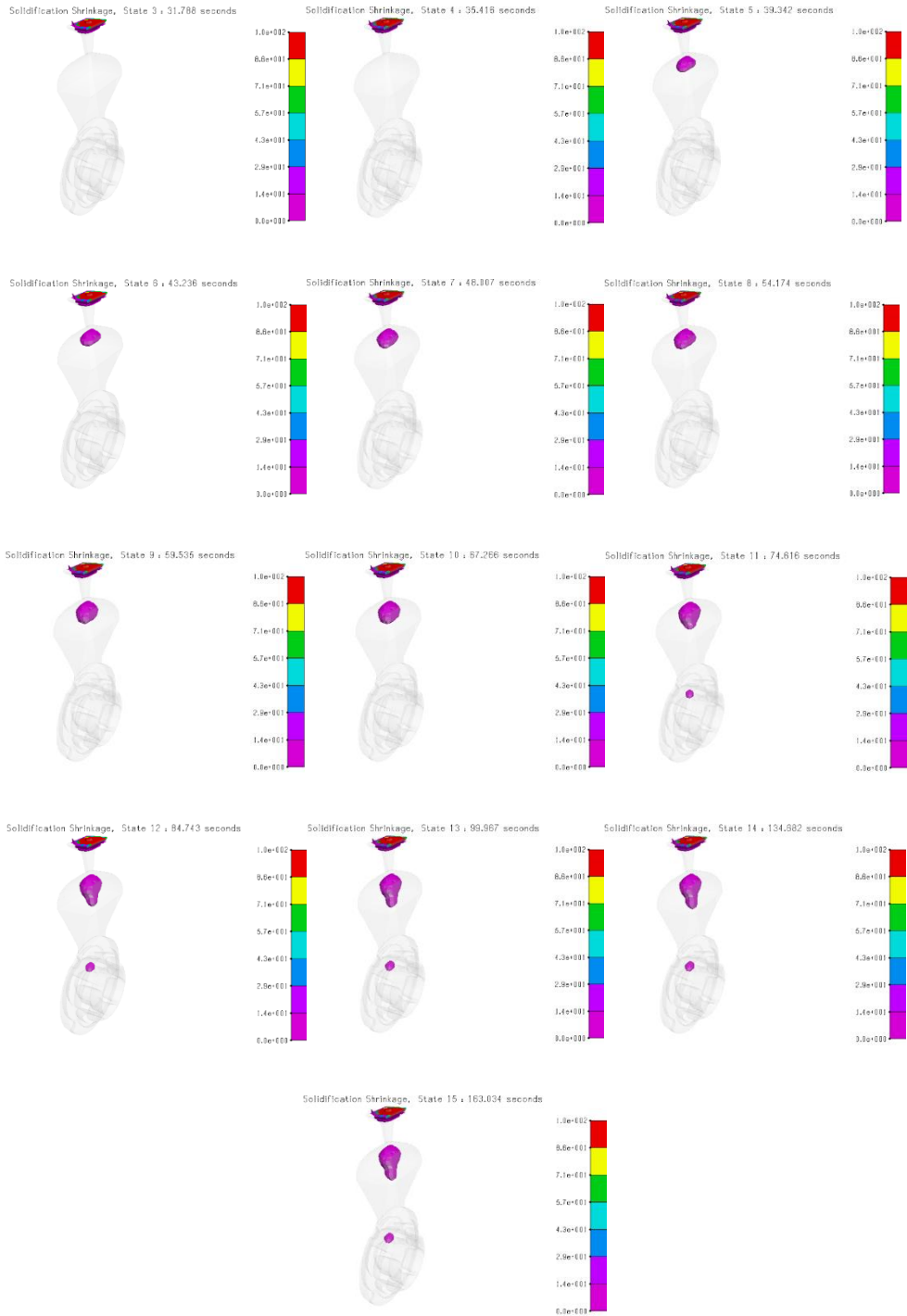
- **Solidification Liquid Fraction**





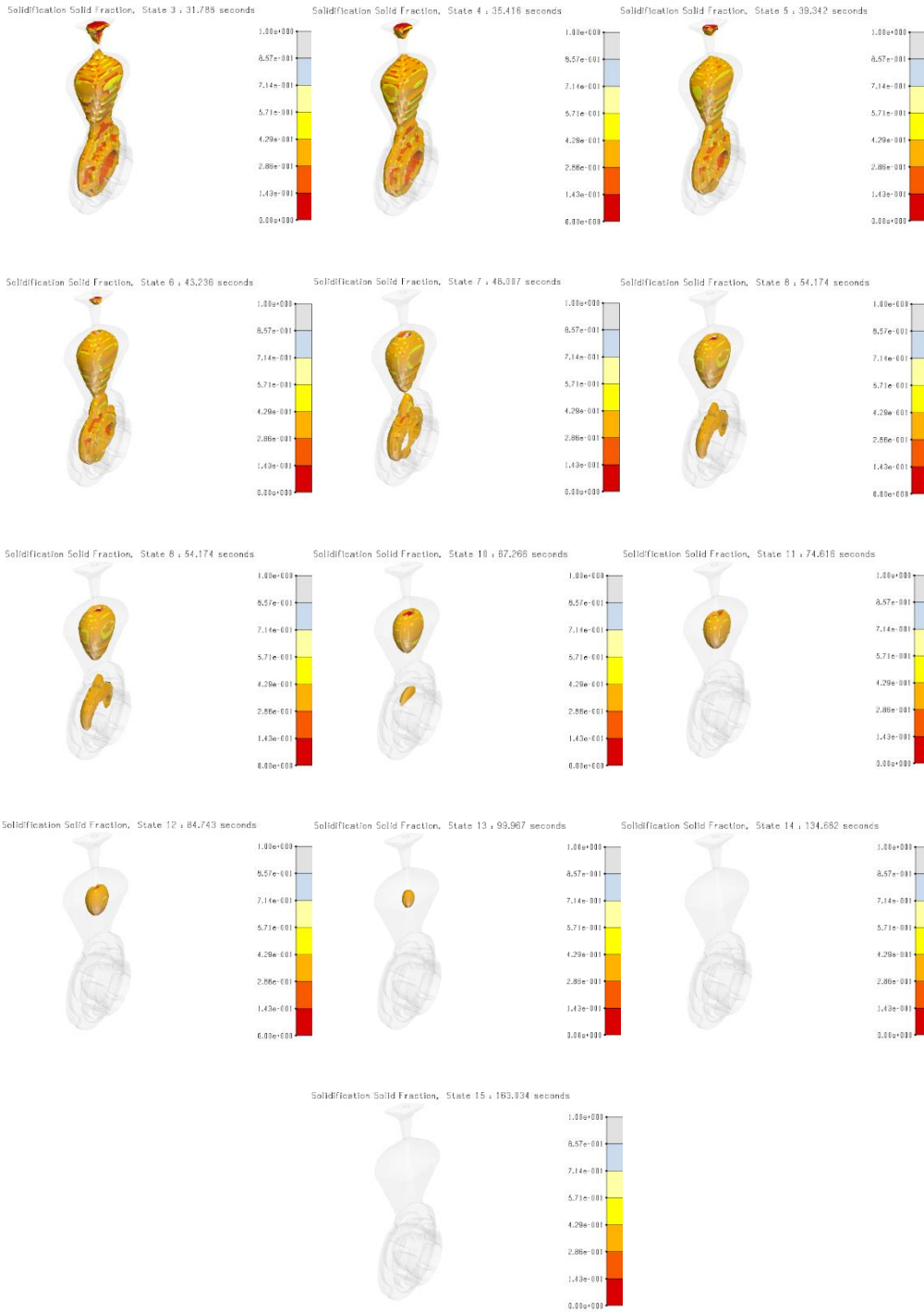
- **Solidification Shrinkage**



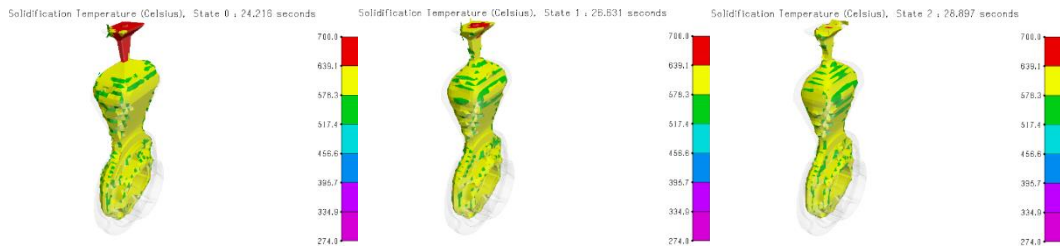


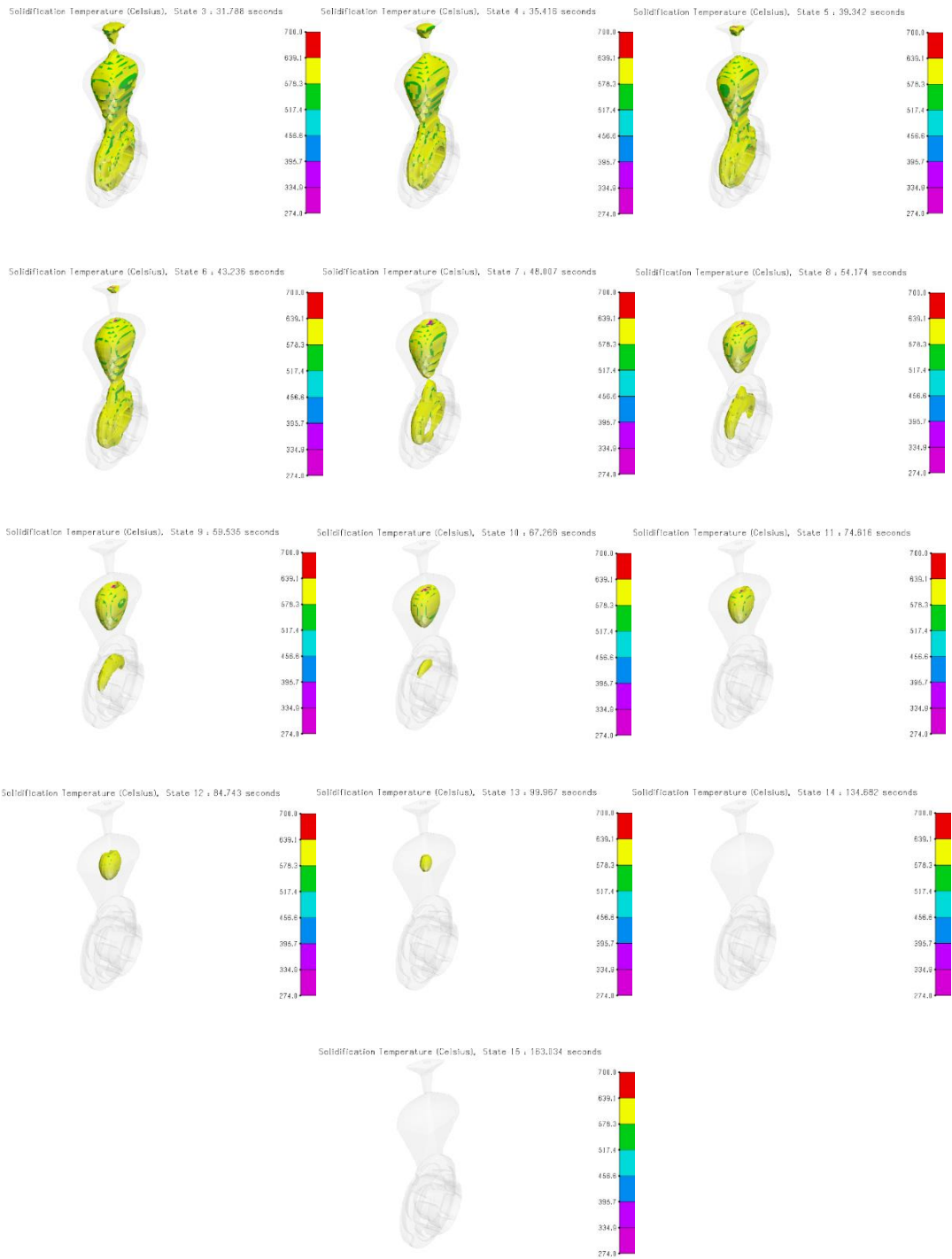
- **Solidification Solid Fraction**





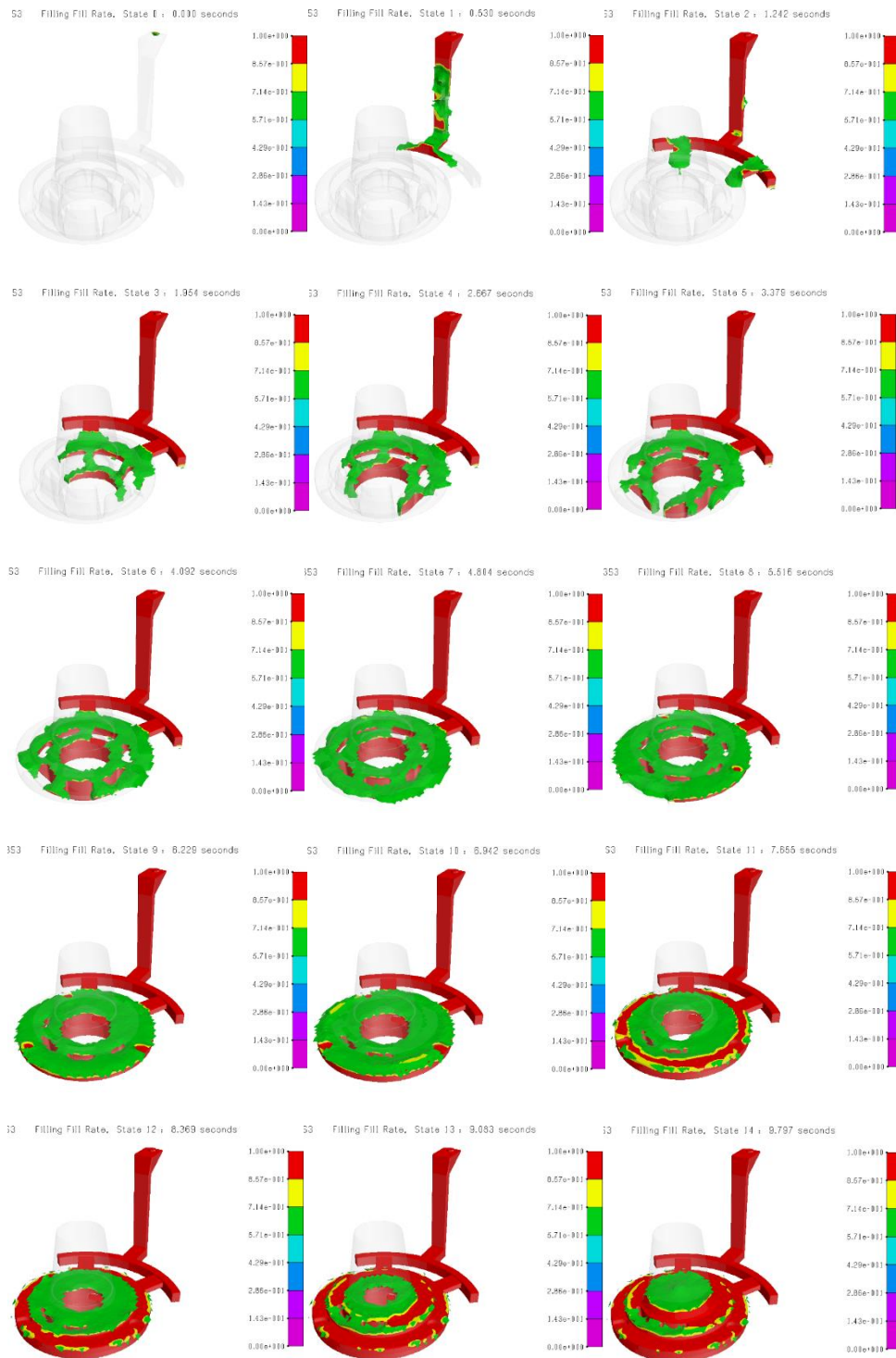
- **Solidification Temperature**

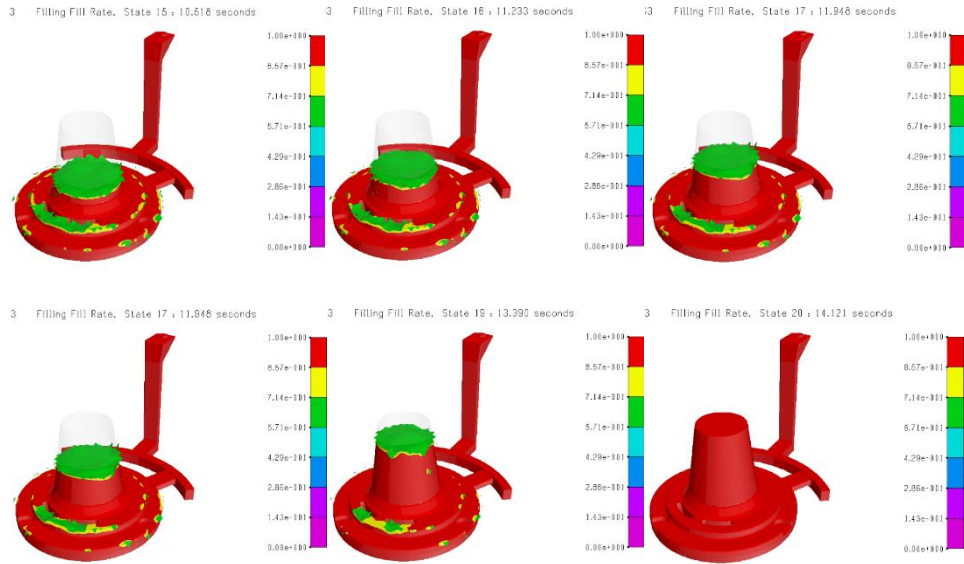




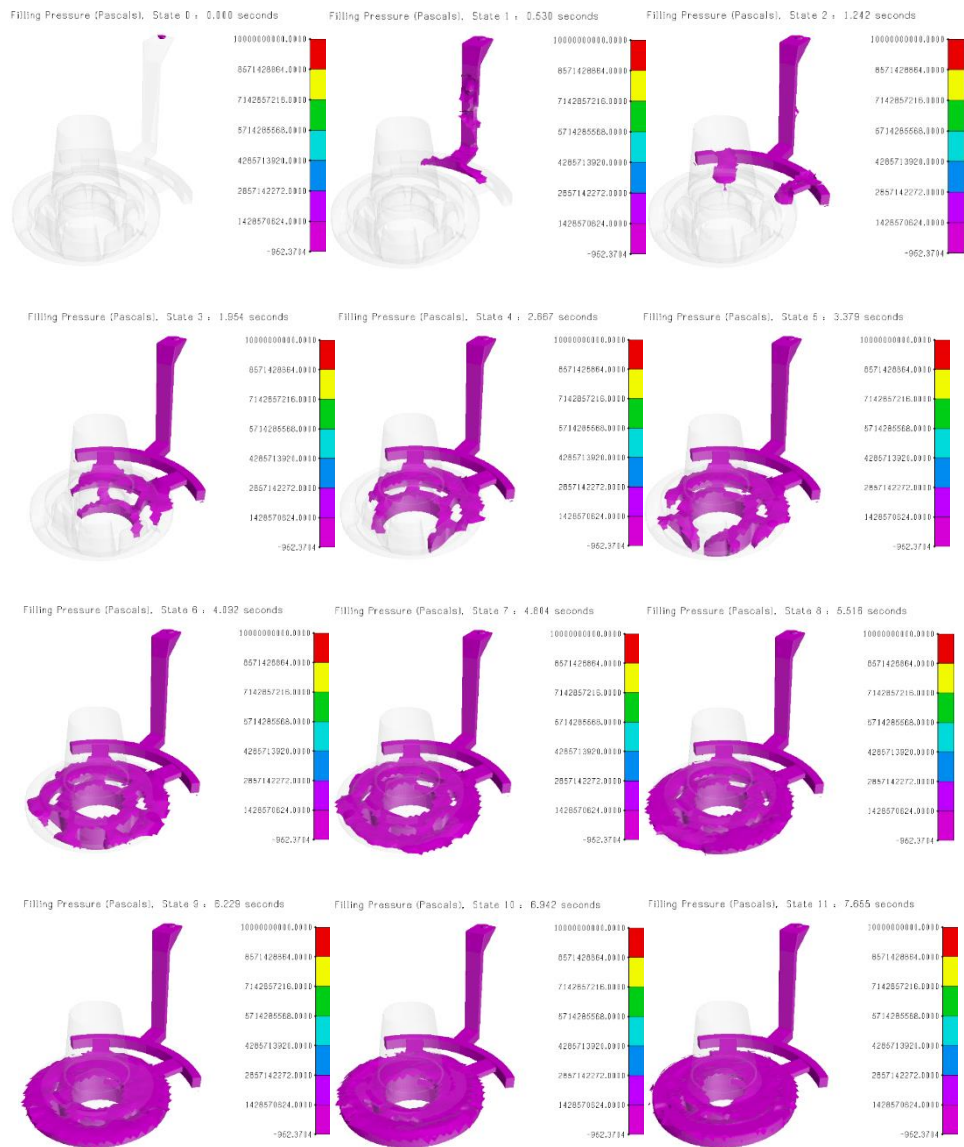
3.3. Tercer modelo

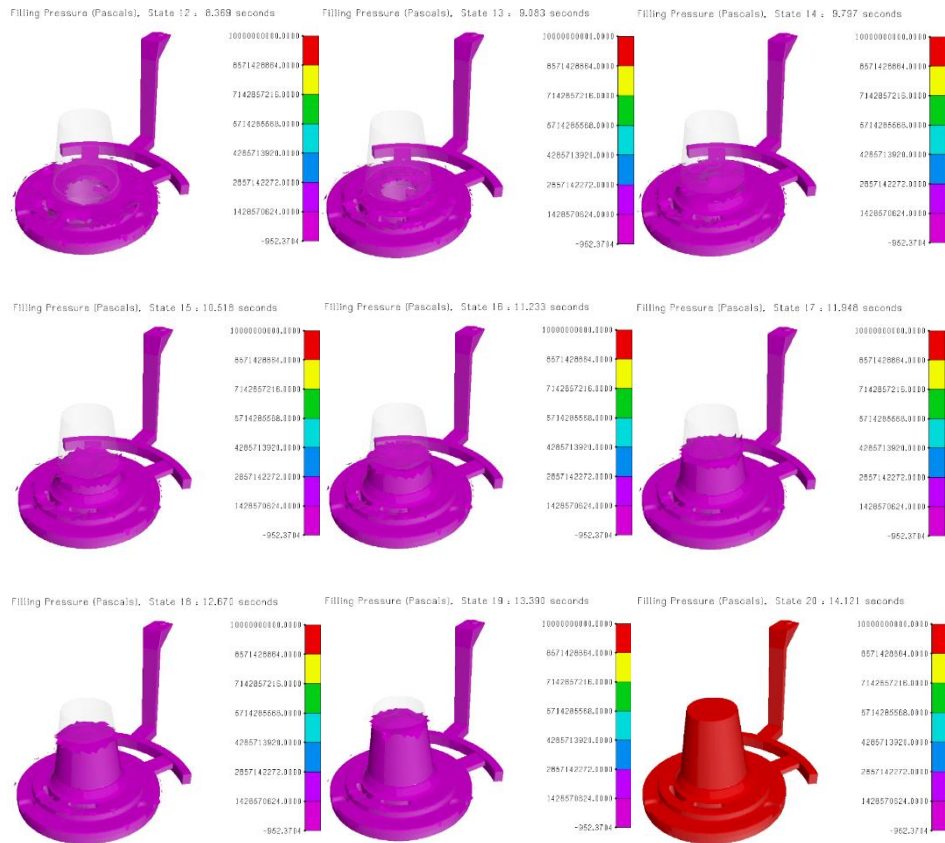
- Filling Fill Rate



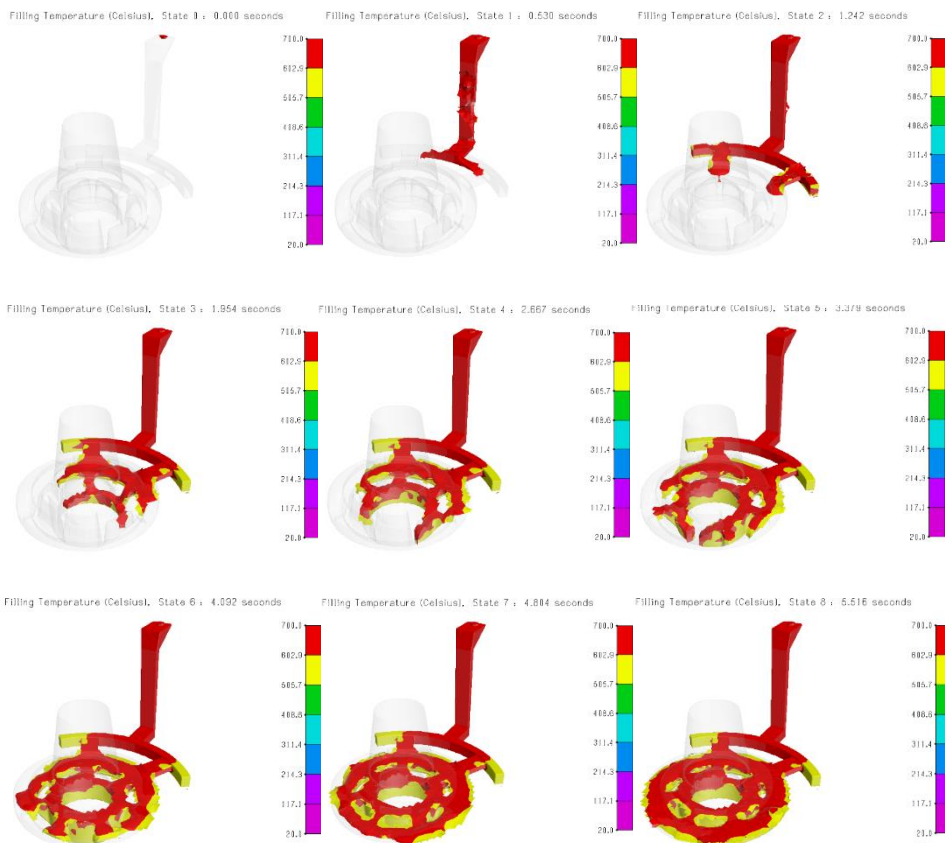


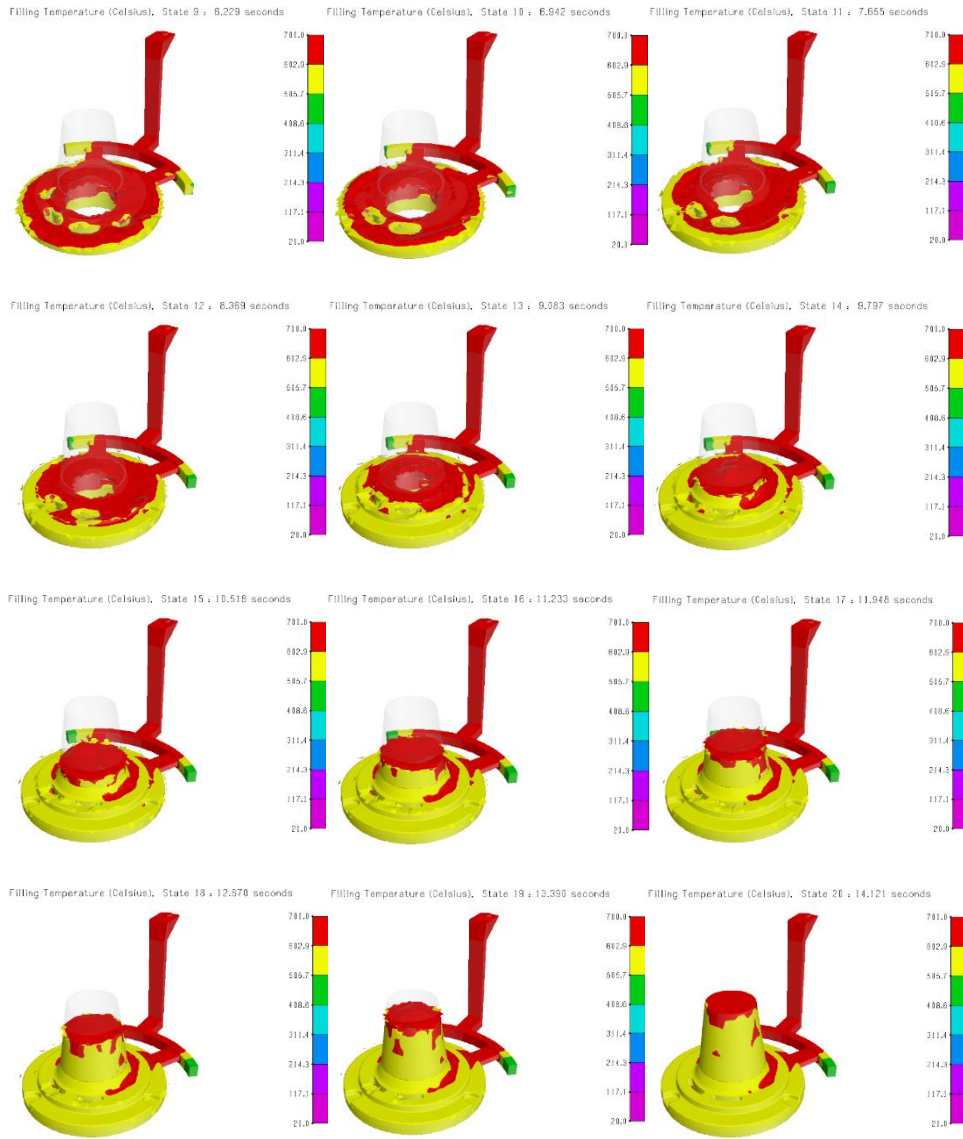
- Filling Pressure**



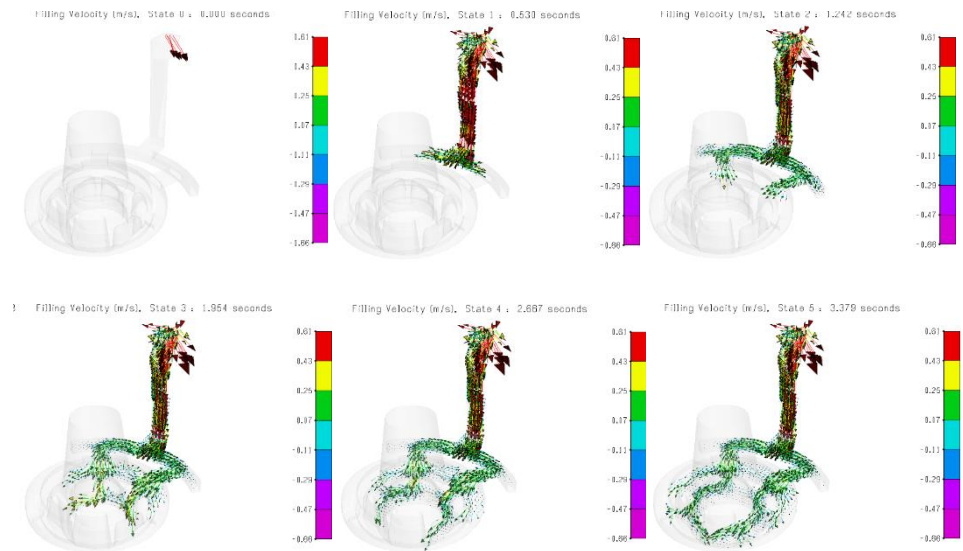


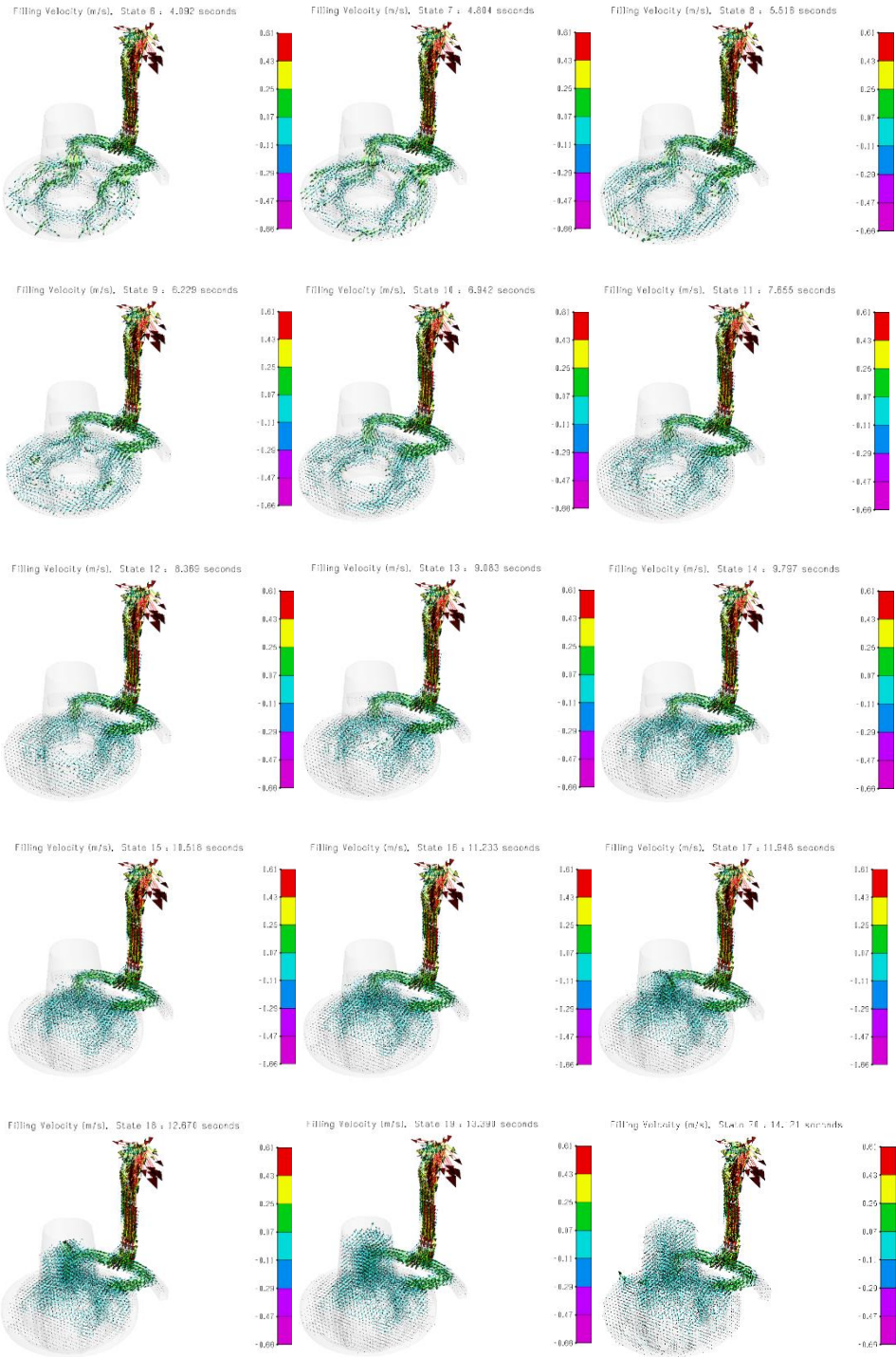
● **Filling Temperature**



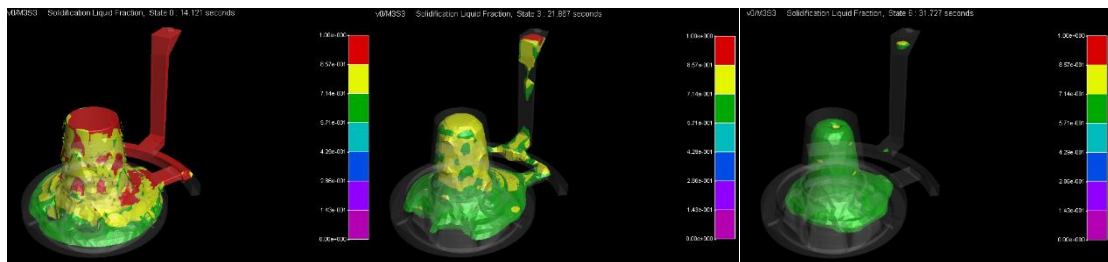


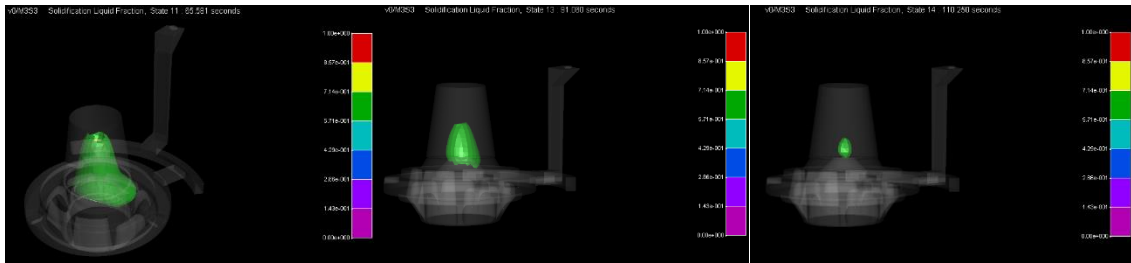
- **Filling Velocity**



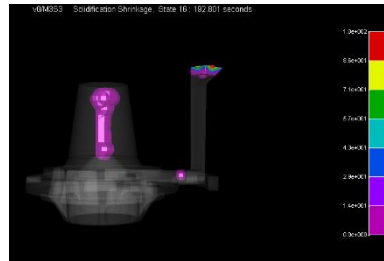


- **Solidification Liquid Fraction**

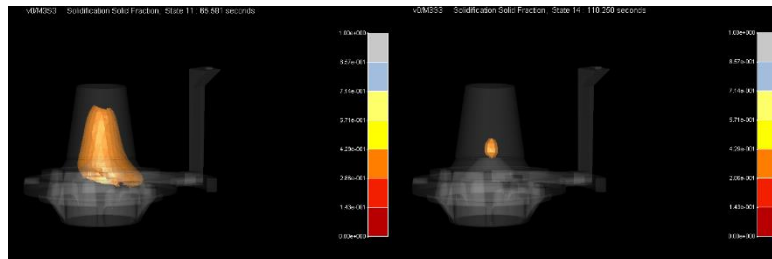
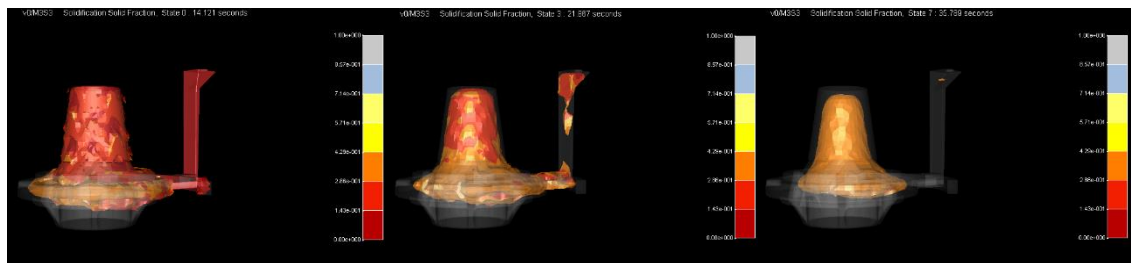




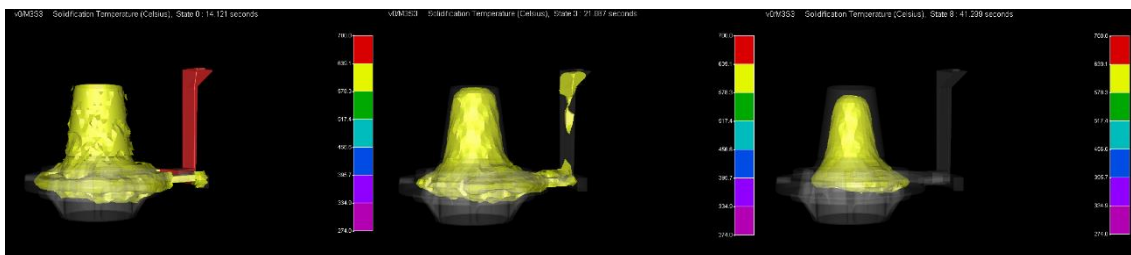
- **Solidification Shrinkage**

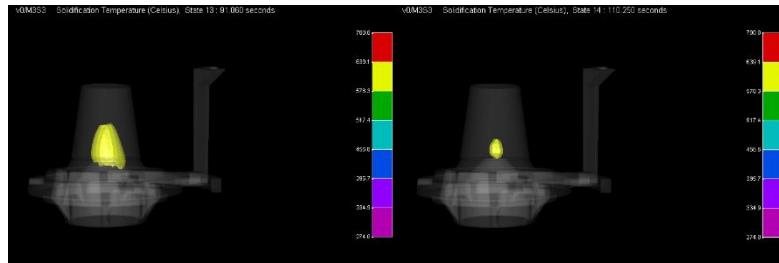


- **Solidification Solid Fraction**



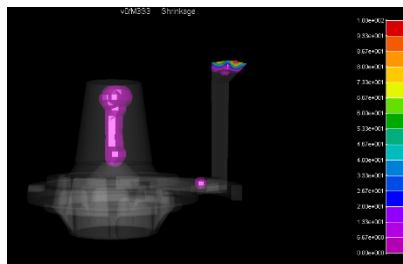
- **Solidification Temperature**



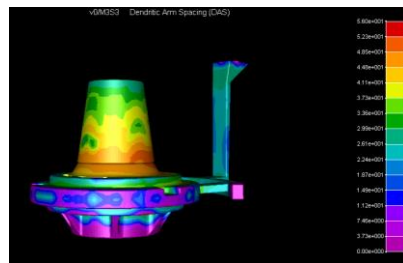


- **Process Synopsis (Defects)**

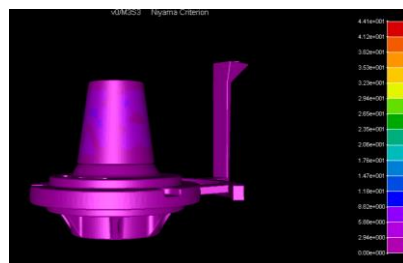
- **Shrinkage**



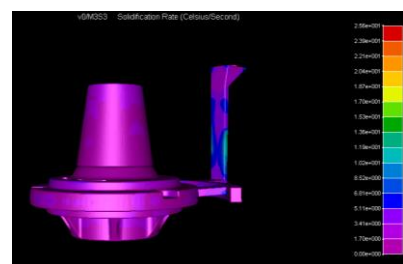
- **Dendritic Arm Spacing (DAS)**



- **Niyama Criterion**

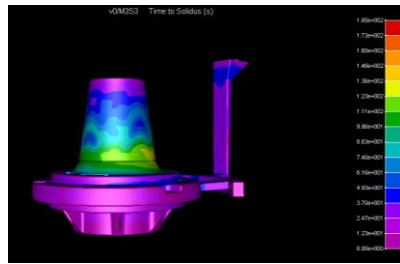


- **Solidification Rate**

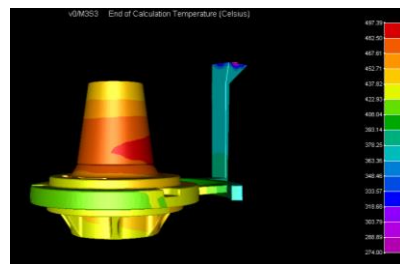


- **Process Synopsis (Solidification)**

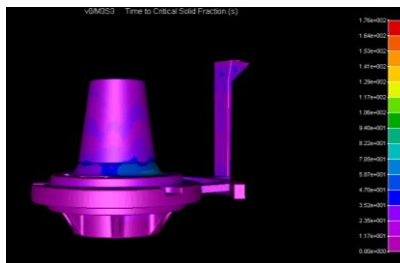
- **Time to Solidus**



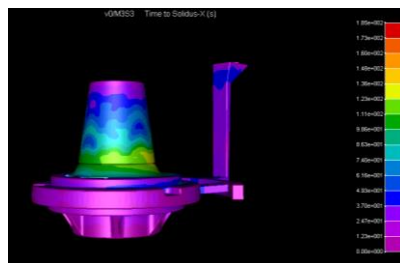
- **End of Calculation Temperature**



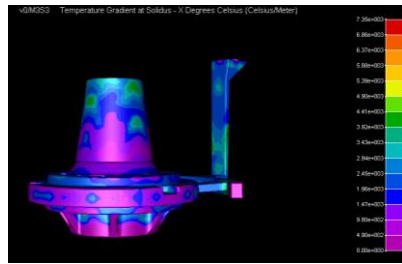
- **Time to Critical Solid Fraction**



- **Time to Solidus-X**



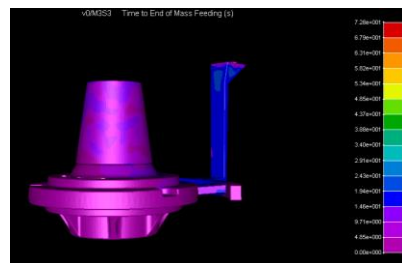
○ **Temperature Gradient at Solidus- X Degrees Celsius**



○ **Local Cooling Rate**



○ **Time to End of Mass Feeding**



○ **Solidification Time**

